

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PRODUCCION INDUSTRIAL

PROYECTO DE GRADUACIÓN

MEDICAL INDUSTRIES

PROPUESTAS DE MEJORAS PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO
DE CAMBIO DE PAPEL EN LAS MÁQUINAS A-07, A-08 Y T'S
UBICADAS EN EL FOCUS FACTORY SCD

REALIZADO POR:
YERLIN ADRIANA GAMBOA MIRANDA

PROFESOR ASESOR:
ING. FÉLIX BADILLA MURILLO

ASESOR INDUSTRIAL:
ING. JOSE ARIAS CORRALES

MAYO 2020

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

El presente Proyecto de Graduación titulado "Propuestas de mejoras para la reducción del tiempo de cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 y T's ubicadas en el Focus Factory SCD" y realizado en la empresa "Medical Industries", durante el I Semestre de 2020, ha sido defendido, ante el Tribunal Examinador integrado por los profesores Ing. Mario Mitchell Riley e Ing. Dennis Arias Ramírez, M.Eng; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Felix Badilla Murillo, M.Eng.

Mario
Alberto
Mitchell Riley

Firmado digitalmente por Mario
Alberto Mitchell Riley
Fecha: 2020.08.12 18:37:58 -06'00'

Ing. Mario Mitchell Riley
Profesor Evaluador

DENNIS
RICARDO
ARIAS RAMIREZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por DENNIS RICARDO
ARIAS RAMIREZ
(FIRMA)
Fecha: 2020.08.12
12:03:27 -06'00'

Ing. Dennis Arias Ramírez, M.Eng.
Profesor Evaluador

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Firmado digitalmente
por FELIX ENRIQUE
BADILLA MURILLO
(FIRMA)
Fecha: 2020.08.12
09:59:00 -06'00'

Ing. Felix Badilla Murillo, M.Eng.
Profesor Asesor



Srta. Yerlin Adriana Gamboa Miranda
Estudiante

San Carlos, 05 de agosto de 2020

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por guiarme, acompañarme y llenarme de fortaleza a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi madre Adriana Miranda Miranda por ser mi mayor motivación y ejemplo de esfuerzo.

A mi papá Juan Pedro Gamboa Rojas por brindarme ayuda siempre que la he necesitado.

A mis abuelos por ser las personas que más han creído en mí y han apoyado mi desarrollo académico desde los primeros momentos.

A mis hermanos porque me han brindado su amor incondicional durante toda mi vida.

A mi sobrina Samantha Gamboa porque es la personita que me inspira a ser una mejor persona cada día.

Un agradecimiento muy especial a mi amiga Selena Araya Fernández, por confiar en mis capacidades y motivarme a lo largo de este proceso.

De igual forma, agradezco a mi mejor amigo Michael Valverde Pacheco porque me ha escuchado y apoyado en todo momento.

A mi profesor Félix Badilla Murillo quien me ha brindado su tiempo para aclarar cada una de mis dudas y además me ha impulsado a dar lo mejor de mí como su estudiante.

Agradezco a Medical Industries por abrirme sus puertas ante una oportunidad que me ha permitido además de desarrollar mi proyecto de graduación, aprender de muchos otros temas que me ayudaran a ser una mejor profesional.

Por último, gracias a todas las personas que indirectamente a lo largo de este proceso me han brindado su ayuda.

DEDICATORIA

*Dedicado a mis padres y abuelitos
porque son las personas que más amo y
son mi mayor ejemplo de esfuerzo y humildad.*

“Si tienes una pasión, si realmente crees en algo, esfuérzate y podrás hacer posibles las cosas con las que has soñado”

Norman Foster

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
EPÍGRAFES.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ABSTRACT	xiv
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Identificación de la empresa o institución.	2
B. Justificación del estudio.....	13
C. Objetivos del estudio	14
D. Alcances y limitaciones del estudio.	14
II. MARCO TEORICO	17
A. Aspectos generales para tomar en cuenta de la industria médica	18
B. Documentación necesaria para los dispositivos médicos.....	19
C. Metodología DMAIC	19
D. Herramientas y términos utilizadas en el proyecto	22
III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	36
IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	44
A. Definición del proyecto de mejora	46
B. Descripción de proceso productivo.....	49
C. Mapeo del proceso de cambio de papel.....	52
F. Comportamiento del proceso en estudio.	73

G. Causas del problema encontrado.....	77
H. Variación en la duración del proceso entre los equipos.	82
I. Factores de impacto en la variación de los tiempos de cambio de papel....	96
V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	107
VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO	110
VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.....	141
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	168
APÉNDICES.....	174
Apéndice 1. Partes utilizadas para la producción en el Focus Factory SCD...	175
Apéndice 2. (Continuación) Partes utilizadas para la producción en el Focus Factory SCD	176
Apéndice 3. Multivotos ejecutados a los colaboradores de mantenimiento del Focus Factory SCD.....	177
Apéndice 4. Evaluación listas de chequeo.....	182
Apéndice 5. Listas de chequeo del proceso.....	182
Apéndice 6. Datos utilizados para las pruebas de hipótesis.	183
Apéndice 7. Pruebas de hipótesis turno día (1 y 2).....	183
Apéndice 8. Pruebas de hipótesis tu turno noche (3 y 4).....	185
Apéndice. 9. Análisis estadístico de los datos obtenidos en el pre-muestreo del turno diurno.....	187
Apéndice. 10. Análisis estadístico de los datos obtenidos en el pre-muestreo del turno nocturno.....	188
Apéndice 11. Pruebas de normalidad e igualdad de varianzas de los datos utilizados en las hipótesis	190

Apéndice 12. Datos de tiempos de cambios de papel del turno día recolectados durante el pre-muestreo.....	194
Apéndice 13. Datos de tiempos de cambios de papel del turno nocturno recolectados durante el pre-muestreo.....	194
Apéndice 14. Datos de tiempos de cambios de papel del turno día recolectados durante el muestreo.	194
Apéndice 15. Datos de tiempos de cambios de papel del turno noche recolectados durante el muestreo	194
Apéndice 16. Gráfica de valores individuales de Fisher Anova turno diurno. ...	195
Apéndice 17. Gráfica de probabilidad para los datos puros en el turno día.	195
Apéndice 18. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas para los datos puros en el turno día.	196
Apéndice 19. Gráfica de corridas para los datos puros en el turno día.	196
Apéndice 20. Gráfica de probabilidad de los residuos en el turno diurno.	197
Apéndice 21. Gráfica de corridas e igualdad de varianzas de los residuos en el turno diurno.....	197
Apéndice 22. Gráfica de probabilidad del Anova para los datos puros en el turno nocturno.....	198
Apéndice 23. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas del Anova para los datos puros en el turno nocturno.	198
Apéndice 24. Gráfica de corridas del Anova para los datos puros en el turno nocturno.....	199
Apéndice 25. Gráfica de probabilidad del Anova para los residuos en el turno nocturno.....	199
Apéndice 26. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas del Anova para los residuos en el turno nocturno.....	200
Apéndice 27. Gráfica de corridas del Anova para los residuos en el turno nocturno.....	200

Apéndice 28. Datos del diseño factorial.	201
Apéndice 29. Pruebas realizadas a los datos puros y residuos del diseño factorial.	202
Apéndice 30. Paretograma del diseño factorial del estudio.	203
Apéndice 31. Gráficas factoriales del estudio.	204
Apéndice 32. Bitácoras del desarrollo del proyecto	205
Apéndice 33. Planos de las planchas de cada equipo.	210
Apéndice 34. Planos de los marcos de la propuesta de mejora 2.	210
Apéndice 35. Tiempo reducido con las propuestas de mejora.....	210
Apéndice 36. Herramienta de control de inventarios y Manual de utilización. .	212
Apéndice 37. Estándar de Trabajo.....	212
Apéndice 38. Cotizaciones para materiales requeridos para las propuestas de solución.....	212
Apéndice 39. Capacidad de producción por hora en cada máquina tomada entre los alcances del estudio.	213
Apéndice 40. Tasa de inflación de los últimos 5 años en Costa Rica.	213
ANEXOS	215
Anexo 1. Troquel de corte existente en la empresa.	216
Anexo 2. Resultados del corte de Troquel en PVC.....	216
Anexo 3. Máquina Schoen de la compañía.....	217
Anexo 4. Muestra de los tornillos propuestos de la solución 3.....	217

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Cuadro de matriz metodológica del proyecto.	39
Cuadro No. 2. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.	40
Cuadro No. 3. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.	41
Cuadro No. 4. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.	42
Cuadro No. 5. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.	43
Cuadro No. 6. Técnica 5W2H.	46
Cuadro No. 7. Project Charter proyecto de mejora	47
Cuadro No. 8. Diagrama Gantt del proyecto	48
Cuadro No. 9. Máquinas consideradas dentro del proyecto en estudio.....	49
Cuadro No. 10. Diagrama de flujo proceso Focus Factory SCD.	51
Cuadro No. 11. Diagrama de flujo analítico del proceso.	53
Cuadro No. 12. Resumen de recorridos.....	64
Cuadro No. 13. Formulación hipótesis para los turnos del día.	65
Cuadro No. 14. Resumen resultados de las pruebas de hipótesis en los turnos diurnos.	66
Cuadro No. 15. Formulación hipótesis para los turnos de la noche.....	67
Cuadro No. 16. Resumen resultados de las pruebas de hipótesis en los turnos nocturnos.	68
Cuadro No. 17. Variables del plan de muestreo.....	69
Cuadro No. 18. Resultados para el cálculo de las muestras por recolectar en el estudio para el turno día.....	71
Cuadro No. 19. Resultados para el cálculo de las muestras por recolectar en el estudio para el turno noche.	72
Cuadro No. 20. Resumen de cambios versus duración e impactos.	74
Cuadro No. 21. Tabla resumen del multivoto.	80
Cuadro No. 22. Impacto de las causas en el proceso de cambio de papel.	81
Cuadro No. 23. Valor en el mercado y costos asociados a las piezas de cada máquina.	112
Cuadro No. 24. Capacidad de utilización de las máquinas Schoen.....	113
Cuadro No. 25. Tiempo promedio de producción mensual en la máquina Schoen.	114
Cuadro No. 26. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 1.....	115
Cuadro No. 27. Mejoras porcentuales de la propuesta 1.	116

Cuadro No. 28. Ahorro mensual de la propuesta 1.	116
Cuadro No. 29. Costos asociados a la propuesta 1.	117
Cuadro No. 30. Flujos netos de efectivo de la propuesta 1.	118
Cuadro No. 31. (Continuación) Flujos netos de efectivo de la propuesta 1.	118
Cuadro No. 32. Resultados económicos obtenidos de la propuesta 1.	119
Cuadro No. 33. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 2.	121
Cuadro No. 34. Mejoras porcentuales de la propuesta 2.	122
Cuadro No. 35. Costos asociados a la propuesta 2.	123
Cuadro No. 36. Ahorro mensual de la propuesta 2.	123
Cuadro No. 37. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 2.	124
Cuadro No. 38. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 3.	125
Cuadro No. 39. Mejoras porcentuales de la propuesta 3.	126
Cuadro No. 40. Costos asociados a la propuesta 3.	126
Cuadro No. 41. Ahorro mensual de la propuesta 3.	127
Cuadro No. 42. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 3.	127
Cuadro No. 43. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 4.	131
Cuadro No. 44. Mejoras porcentuales de la propuesta 4.	132
Cuadro No. 45. Costos asociados a la propuesta 4.	133
Cuadro No. 46. Ahorro mensual de la propuesta 4.	133
Cuadro No. 47. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 4.	134
Cuadro No. 48. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 5.	135
Cuadro No. 49. Mejoras porcentuales de la propuesta 5.	136
Cuadro No. 50. Costos asociados a la propuesta 5.	137
Cuadro No. 51. Ahorro mensual de la propuesta 5.	137
Cuadro No. 52. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 5.	138
Cuadro No. 53. Resumen de resultados obtenidos con las propuestas de mejora.	138
Cuadro No. 54. Análisis ponderado de los factores de mejora para todas las propuestas de solución.	139
Cuadro No. 55. Diagrama Gantt propuesta de solución 1.	143
Cuadro No. 56. Diagrama Gantt de la propuesta de solución 2.	145

Cuadro No. 57. Diagrama Gantt Propuesta de solución 3.....	148
Cuadro No. 58. Diagrama Gantt de la Propuesta de solución 4.	150
Cuadro No. 59. Diagrama Gantt de la Propuesta de solución 5.	153
Cuadro No. 60. Matriz RACI proyecto de mejora.	154
Cuadro No. 61. AMFE del proyecto de mejora.....	156
Cuadro No. 62. Indicadores de medición de la mejora.....	157
Cuadro No. 63. Control del inventario de papel de la herramienta y el Kanban.....	162
Cuadro No. 64. Lista de verificación para el procedimiento ejecutado en un cambio de papel.	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Línea de tiempo de Industries Medical.	4
Figura No. 2. Ubicación actual de la compañía en Costa Rica.....	5
Figura No. 3. División de la empresa en el área de producción.	6
Figura No. 4. Organigrama Administrativo de la compañía.....	6
Figura No. 5. Organigrama área de mantenimiento de la empresa.....	8
Figura No. 6. Diagrama de flujo general del proceso de SCD.....	11
Figura No. 7. Diagrama de flujo del proceso del cambio de papel.	12
Figura No. 8. Ejemplo del Project Charter de un proyecto.	23
Figura No. 9. Simbología empleada en el diagrama de flujo.....	25
Figura No. 10. Ejemplo del formato A3.	35
Figura No. 11. División de la empresa en el área de producción.	45
Figura No. 12. Representación de la distribución por cada máquina en el Focus Factory SCD.....	50
Figura No. 13. Simbología utilizada en los diagramas de recorrido respecto al diagrama de flujo analítico.....	55
Figura No. 14. Diagrama de recorrido máquina A-07.....	56
Figura No. 15. Diagrama de recorrido máquina A-08.....	57
Figura No. 16. Diagrama de recorrido máquina T-09.....	58
Figura No. 17. Diagrama de recorrido máquina T-10.....	59
Figura No. 18. Diagrama de recorrido máquina T-12.....	60
Figura No. 19. Diagrama de recorrido máquina T-13.....	61
Figura No. 20. Diagrama de recorrido máquina T-16.....	62
Figura No. 21. Diagrama de recorrido máquina T-17.....	63
Figura No. 22. Cambios de papel mensuales con respecto a las máquinas.	75
Figura No. 23. Duración del cambio de papel con respecto a la máquina.	75
Figura No. 24. Tiempo promedio del cambio de papel con respecto a los turnos de trabajo.	76
Figura No. 25. Diagrama Ishikawa.	77
Figura No. 26. Prueba de potencia para Anova del turno diurno.....	84
Figura No. 27. Prueba de potencia para Anova del turno nocturno.....	85

Figura No. 28. Gráfica de residuos.....	86
Figura No. 29. Gráfica de residuos para los datos puros.	87
Figura No. 30. Análisis de varianza del Anova de un solo factor.....	88
Figura No. 31. Resumen de modelo para el Anova.....	88
Figura No. 32. Prueba de Fisher.	90
Figura No. 33. Gráfica resumen de la prueba de Fisher/	90
Figura No. 34. Gráfica de residuos para los datos puros turno nocturno.	92
Figura No. 35. Gráfica de residuos para los datos puros turno nocturno.	93
Figura No. 36. Análisis de varianza del Anova de un solo factor turno nocturno...	94
Figura No. 37. Comportamiento de las medias de los tiempos en las maquinas en el turno nocturno.	95
Figura No. 38. Gráfica cuatro en uno de los datos puros de diseño experimental.	97
Figura No. 39. Gráfica de probabilidad y gráfica de corridas de los datos residuales.	98
Figura No. 40. Prueba de igualdad de varianzas para los datos de los residuos. .	98
Figura No. 41. Análisis de varianza del diseño experimental factorial.....	102
Figura No. 42. Resumen del modelo y coeficientes del diseño experimental.....	103
Figura No. 43. Ecuación de regresión y ajustes del diseño factorial del estudio.	104
Figura No. 44. Gráfica de efectos principales para el tiempo de cambio de papel.	105
Figura No. 45. Esquema introductorio a las propuestas de solución.....	111
Figura No. 46. Platinas de soporte del papel utilizadas en la actualidad.....	119
Figura No. 47. Propuesta de almacenamiento de papel.	129
Figura No. 48. Gráfica de requerimiento mensual de papel.	158
Figura No. 49. Gráfica de comparación de inventario requerido vrs el real.....	159
Figura No. 50. Gráfica de comparación del gasto de papel con respecto a su diseño.	159
Figura No. 51. Porcentaje de inventario existente.....	160
Figura No. 52. Materiales con mayor demanda.....	161

ABSTRACT

Gamboa Miranda, Yerlin Adriana, 2020. Proposals for improvement for reduction paper change time A-07, A-08 and T's located in the Focus Factory SCD. Graduation project. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Adviser professor: Felix Badilla Murillo.

The graduation project was developed by Medical Industries Company, it is located in Alajuela, Costa Rica specifically in Zona Franca Coyol. This project was about a study carried out with the objective of making proposals for improvement in the paper change process in the Focus Factory SCD, due to its contemplated extended and variable times in its implementation impacting availability equipment, production and therefore, costs.

The monthly time invested in the paper changes implied the non-completion of 1913 boxes in total, this amount of finished product generated an associated cost of \$15,123.00, finally, the OEE was affected by 1.60% per month.

Through the analysis of the current situation, it was concluded that the time of change paper on the day shift was 13.530 minutes and 10.912 on the night shift, getting as a result an average equal to 12.221 minutes in the process. On the other hand, it was determined that between the machines there is a variation in times of paper change, as well as the work shift, however, it was determined that the main factor of variation is the non-standardize method that the operators use during the process.

Four improvement proposals were presented and a fifth one that contemplates the first four, taking into account the economic and structural analysis carried out each one, it was determined that the five proposal present the best opportunity to improve. By the five solution the process reduces the time by 8,706 minutes improving by 71.24% its duration on the other hand, generate saving of \$10,765.01 per month with a two-and-a-half month return on investment.

Key words: Variability, duration, availability.

RESUMEN

Gamboa Miranda, Yerlin Adriana, 2020. Propuestas de mejoras para la reducción del tiempo de cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 y T's ubicadas en el Focus Factory SCD. Proyecto de Graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Felix Badilla Murillo.

El proyecto de graduación se desarrolló en la compañía Medical Industries, se encuentra en la Zona Franca Coyol ubicada en Alajuela, Costa Rica, este proyecto consistió en un estudio realizado con el objetivo de hacer propuestas de mejora en el proceso de cambio de papel en el Focus Factory SCD, debido a que contemplaba tiempos extendidos y muy variables en su realización impactando la disponibilidad de los equipos, la producción y por los tanto, los costos.

El tiempo mensual invertido en los cambios de papel, implicaba la no realización de un total de 1913 cajas, esta cantidad de producto terminado generaba un costo asociado de \$15,123.00, por último, el OEE se veía afectado en un 1.60% al mes.

Por medio del análisis de la situación actual se concluyó que el tiempo de cambio de papel en el turno diurno era de 13.530 minutos y de 10.912 minutos en el turno nocturno, obteniendo como resultado una media igual a 12.221 minutos en el proceso. Por otro lado, se determinó que entre las máquinas existe variación en los tiempos de cambio de papel, así como en el turno de trabajo, sin embargo, se determinó que el mayor factor de variación es el método no estandarizado que los operarios utilizaban durante la realización del proceso.

Se presentaron cuatro propuestas de mejora y una quinta que contempla a las cuatro primeras, tomando en cuenta el análisis económico y estructural realizado a cada una, se determinó que la propuesta cinco representa la mejor oportunidad de mejora. Por medio de la solución cinco el proceso reduce el tiempo en 8.706 minutos mejorando en un 71.24% su duración, por otro lado, genera un ahorro de \$10,765.01 mensuales con una recuperación de la inversión en dos meses y medio.

Palabras claves: Variabilidad, duración, disponibilidad.

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la empresa o institución.

1. Visión / Misión de la empresa:

- Visión: Ser esenciales para el cuidado de la salud, dando productos que sean seguros y confiables, mediante las personas con mejor talento.
- Misión: Crear valor para el negocio, al mismo tiempo en que se mejoran las capacidades de fabricación en Costa Rica con una continua búsqueda de la excelencia en nuestros productos y procesos.
- Valores: La compañía centra sus funciones en cinco valores principales, estos se explican seguidamente.
 - ✓ Integridad: Nos apegamos a los más altos estándares éticos.
 - ✓ Innovación: Desarrollamos nuevas formas de pensar, operar y servir a los clientes.
 - ✓ Inclusividad: Aceptamos las diferencias para obtener los mejores resultados.
 - ✓ Misión Impulsiva: Servimos al objetivo principal de la asistencia sanitaria.
 - ✓ Responsabilidad: Aportamos pasión, determinación y valor para cumplir nuestros compromisos.

2. Antecedentes históricos del desarrollo de la organización incluyendo datos de producción.

La empresa fue fundada en 1971 con el nombre de Cardinal Food siendo un negocio mayorista del sector de la alimentación, en el año 1979 adquiere la Bailey Drug Company para vender productos al por mayor con el nombre de Cardinal Distribution Incorporated, la empresa da un gran giro en los productos que ofrecía a los clientes en 1988, cuando vende su sección de alimentos y se dedica a la venta de productos farmacéuticos.

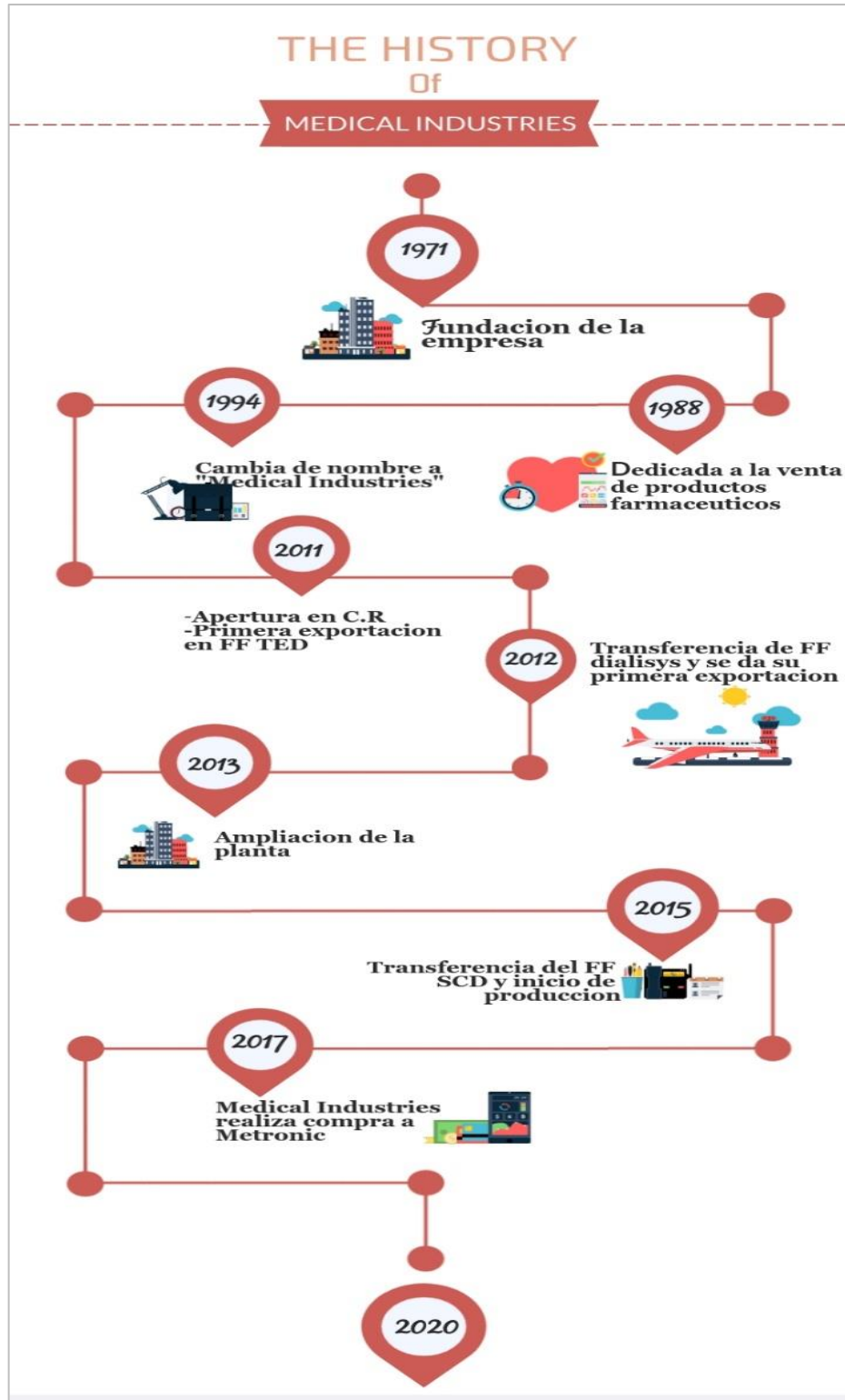
Para eso del año 1994 la empresa cambió su nombre a Medical Industries y se convirtió en el tercer mayorista farmacéutico de los Estados Unidos. Un hecho importante de la compañía es que se rige bajo el símbolo CAH y desde el 2016 se encuentra en el puesto 21 en la lista fortune 500 volumen de ingresos.

La empresa hace su apertura con el nombre de COVIDIEN en febrero del año 2011, para diciembre del mismo año realiza su primera exportación perteneciente al área de TED, la empresa continuó su proceso de expansión al transferir de otra planta las operaciones del Focus Factory Dialysis durante el 2012 y para diciembre de ese año la compañía realiza la primera exportación de este Focus.

En el 2013 se construye la ampliación de la planta para destinarlo al Focus Factory SCD, por medio de esta ampliación se inicia la manufactura del área SCD express, es hasta el año 2015 que se transfiere el Focus Factory SCD confort a Costa Rica para iniciar con su producción. En el 2015, la compañía fue vendida a Medtronic donde son adquiridos nuevos procedimientos a seguir en la empresa, una nueva marca y también se ve modificada su cultura laboral.

El último evento importante que ha ocurrido en la empresa y se mantiene en la actualidad, fue la compra que realizó Medical Industries a Medtronic, comprando el 100% del Focus Factory TED Y SCD, en caso del Focus Factory Dialysis solamente un 10%, así Metronic se mantiene como dueño del 90% del Focus.

Se adjunta figura No. 1 con un desglose de los principales acontecimientos vividos por la empresa desde su fundación y a lo largo de los años, como se relata anteriormente.



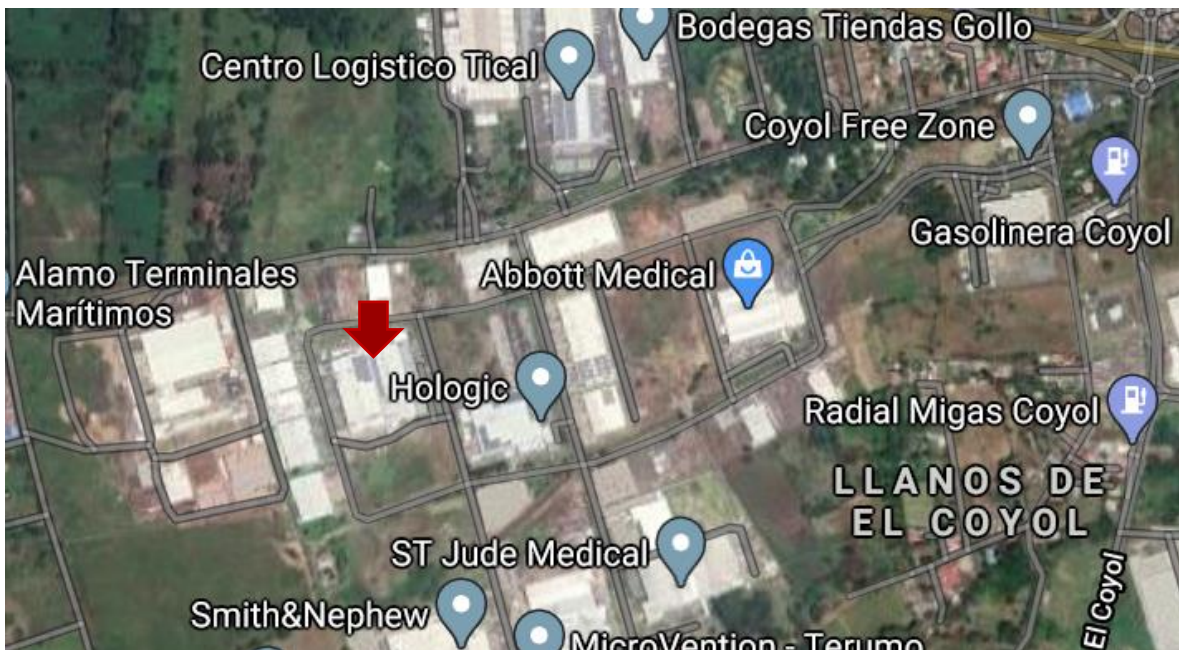
Fuente: Elaboración propia por medio de un programa online denominado Visme el 23 de febrero del 2020.

Figura No. 1. Línea de tiempo de Industrias Medical.

3. Ubicación geográfica de la planta.

Medical Industries está localizada en diferentes países como lo son Estados Unidos, Puerto Rico, Costa Rica, entre otros. Sin embargo, el desarrollo de este proyecto se llevará a cabo en la sede que se ubica en Costa Rica.

La compañía está exactamente ubicada en la Zona Franca Coyoil en Alajuela, en el edificio B20 de dicha zona, así como se muestra en la figura No. 2 del mapa que se adjunta en este documento.

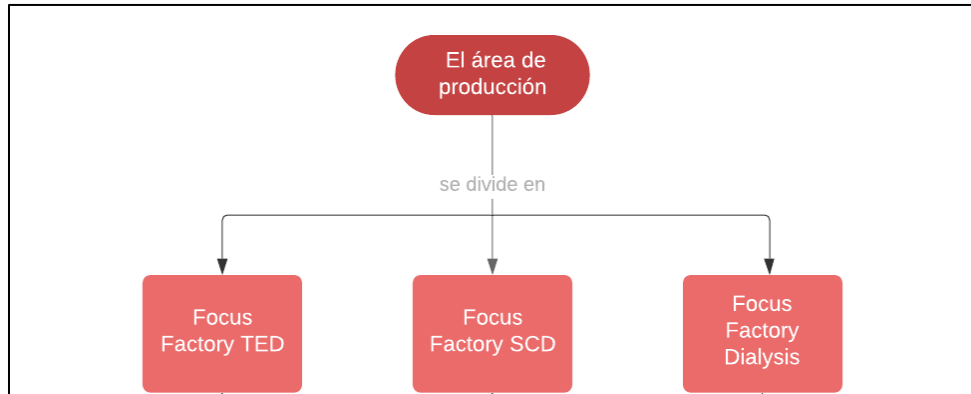


Fuente: Referencia tomada de Google Maps el 15 de Enero del 2020 para mostrar la ubicación actual de la compañía.

Figura No. 2. Ubicación actual de la compañía en Costa Rica.

4. Estructura organizativa.

La empresa está dividida en tres áreas de producción conocidas por el nombre de “Focus Factory”, con respecto a estos se encuentra consolidada la estructura organizativa, en el diagrama de la figura No.3 se detalla la subdivisión, cada una de las áreas se diferencia de las otras porque realiza un producto distinto, los productos se van a detallar más adelante.

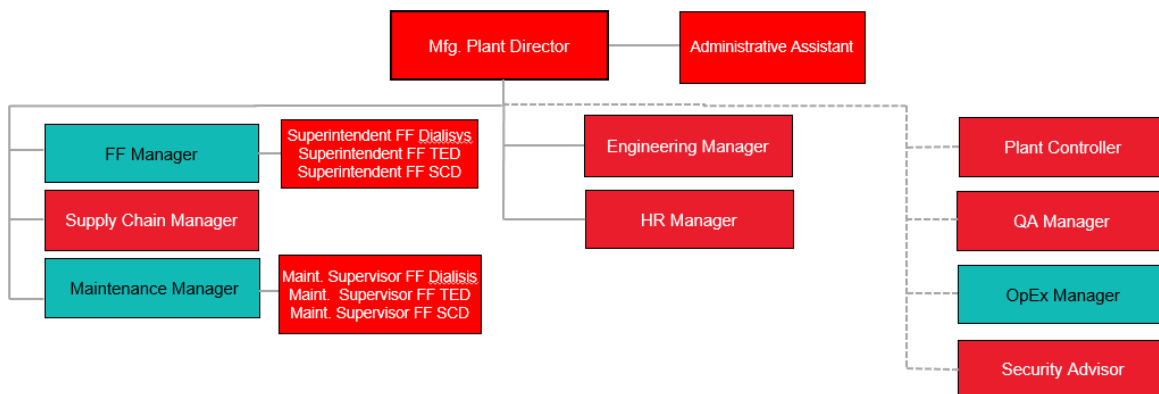


Fuente: Elaboración propia por medio de software Visio el 6 de marzo del 2020.

Figura No. 3. División de la empresa en el área de producción.

La figura No.4 que corresponde al organigrama de trabajo general de la compañía, se encuentran los diferentes cargos asociados a un departamento, cada uno de estos departamentos se encarga de distribuir sus colaboradores para dar soporte a los tres Focus Factory, es decir, todos los que se muestran en el diagrama trabajan por el bien común de la planta y las áreas que la conforman.

Como cargo superior está el gerente de la planta, esta cuenta con un total de nueve gerentes que brindan sus respectivos informes por departamento a este director.



Fuente: Información brindada por la compañía el día 14 de Enero del 2020.

Figura No. 4. Organigrama Administrativo de la compañía.

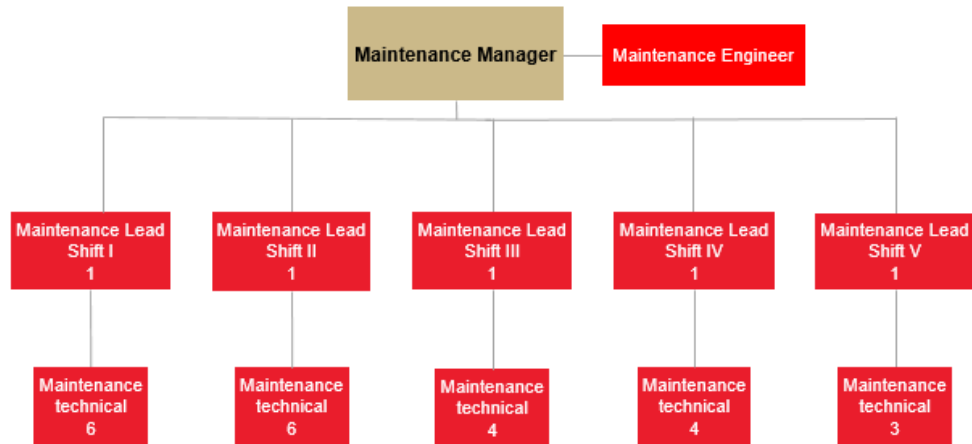
El proyecto de mejora se inicia como parte de las funciones del departamento de excelencia operacional (OpEx) y al ser desarrollado en el Focus Factory SCD, se debe de reportar cualquier avance al gerente de los Focus Factory de la planta, el cual junto al superintendente del Focus SCD deberá aprobar las propuestas.

Este proyecto está relacionado con un proceso que deben realizar los operarios de mantenimiento por lo que también se trabaja de la mano con el supervisor de mantenimiento del Focus SCD y durante el desarrollo se debe reportar toda situación y avance al gerente de mantenimiento de la compañía para que junto con los demás interesados puedan aprobar o desaprobado lo relacionado al mismo.

5. Número de empleados.

En la actualidad Medical Industries a nivel general cuenta con 10 corporativos que se encargan de dar soporte a las plantas localizadas en los diferentes países, en Costa Rica la empresa tiene 104 personas encargadas del área administrativa y en el área de producción son un total de 1146 personas distribuidas en los cuatro turnos de trabajo.

En el departamento de mantenimiento en el cual se enfoca este estudio, específicamente trabajan 28 técnicos, el siguiente organigrama indica cómo se divide este personal alrededor de los turnos, es importante especificar que el personal que se encarga de los cambios de papel son los técnicos que laboran del turno 1 al turno 4, es decir, en este proceso participan un total de 20 técnicos.



Fuente: Información brindada por la compañía el día 13 de febrero del 2020.

Figura No. 5. Organigrama área de mantenimiento de la empresa.

6. Tipos de productos y sus características generales.

Como ya se mencionó, el área de producción se encuentra dividida en tres Focus, posteriormente se explican una a una las funciones y generalidades de cada uno, enfatizando principalmente en el Focus Factory SCD donde se desarrolló el proyecto.

1. TED:

En este Focus se producen medias de compresión que buscan la regulación de la sangre en las piernas de los pacientes que están hospitalizados o que por algún problema de salud no pueden movilizarse normalmente.

2. Dialysis

El Focus Factory Dialysis desarrolla los dispositivos médicos conocidos como catéteres, estos son los que tienen mayores normas de higiene y seguridad dentro de la planta, debido a que para su utilización deben instalarse en una vena del paciente que le permita comunicarse directamente al corazón, con el fin de poder extraer muestras de sangre, transportar nutrientes o medicamentos.

3. SCD

En este Focus Factory es donde se desarrolla el proyecto de mejora y es el encargado de producir dispositivos de compresión secuencial, las máquinas que se encargan de realizar estos productos son las que deben pasar por el cambio de papel como requerimiento de funcionamiento.

Los dispositivos de compresión se utilizan en las personas para cumplir la función de sus músculos y evitar la formación de coágulos en la sangre que puedan traer consigo el padecimiento de enfermedades letales. Este Focus cuenta con dos divisiones de producción, el área conocida como “Confort” y el área “Express”. El proyecto se desarrolla específicamente en “Express” debido a que confort no utiliza papel en sus equipos.

7. Mercados de exportación.

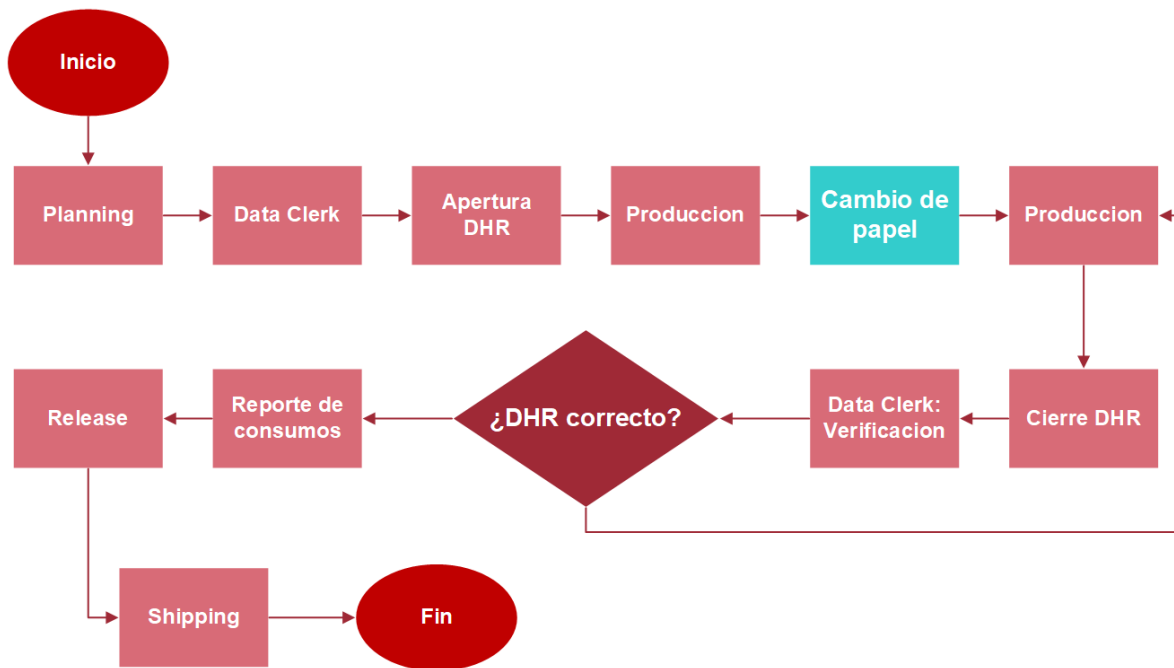
La compañía Medical Industries está exportando los productos de sus tres Focus Factory a Atlanta en Estados Unidos, este es su único mercado de exportación, sin embargo, se espera que para abril del año 2020 la planta empiece a exportar sus productos a algunos países como Japón, Holanda y Australia.

En el Focus Factory SCD se exportan normalmente entre ocho y nueve contenedores a la semana, esta cantidad puede variar para el final de mes cuando se reduce la producción del área.

8. Descripción general del proceso productivo.

El diagrama de la figura No. 6 se encuentra el flujo del proceso general que se realiza en el Focus Factory SCD, seguidamente se explica cada una de las actividades.

- **Planning:** Se encargan de generar las órdenes de producción mensual y pasan esta información hasta el Data Clerk.
- **Data Clerk:** Imprimen la documentación, el identificador de tarimas y las placas para las máquinas con el número de lote y número de modelo a producir respectivo.
- **Apertura del DHR:** Los líderes de cada máquina toman la información realizada por los Data Clerk para empezar a completar la documentación y poder iniciar la producción.
- **Producción:** Se realiza el proceso de proceso de producción.
- **Cambios de Papel:** Los cambios de papel se realizan normalmente en medio de la producción cuando el papel se ha deteriorado.
- **Producción:** Se reinicia con la producción hasta terminar el lote completo.
- **Cierre DHR:** Cuando se termina la producción del lote, se debe de terminar de llenar la documentación con la información del proceso.
- **Data Clerk-Verificación:** Verificación de la documentación, si está llena de forma correcta se realiza el siguiente paso, de lo contrario, se devuelve a producción.
- **Reporte de consumos:** Data Clerk realizan el reporte de los materiales utilizados en el lote y una vez que se ha realizado este procedimiento la información pasa a Release.
- **Release:** Revisan que todas las variables importantes del producto se cumplan por completo.
- **Shipping:** Proceder a facturar la producción en el contenedor.

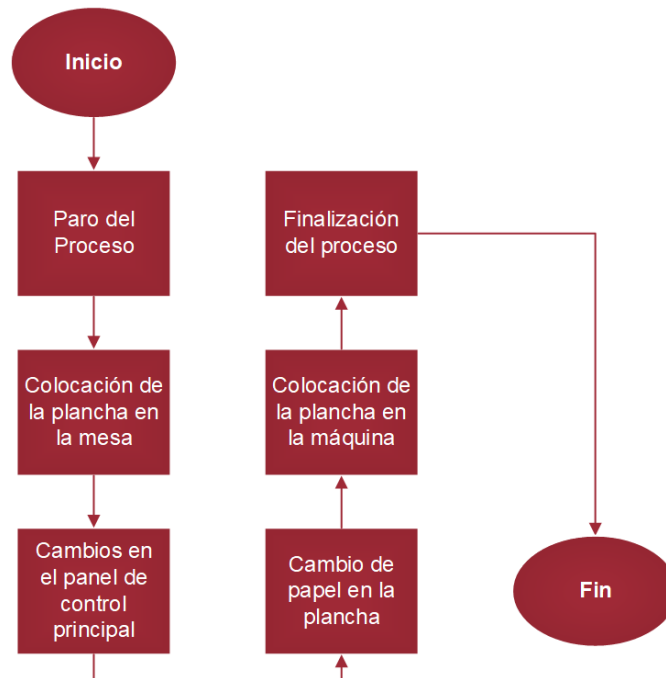


Fuente: Elaboración propia haciendo uso del software VISIO para facilitar la comprensión del proceso realizado en el área el 6 de marzo del 2020.

Figura No. 6. Diagrama de flujo general del proceso de SCD.

Una vez que se explicó el proceso general que llevan a cabo en producción, es indispensable conocer como realiza el personal de mantenimiento el cambio de papel, mismo que aparece en color verde dentro del diagrama de la figura No.6.

Un cambio de papel es un requerimiento para evitar que las piezas en el proceso de sellado se queden pegadas a la plancha de la máquina, por lo tanto, se realiza cuando se empiezan a presentar problemas como los descritos. Los cambios de papel se dan todos los días y en múltiples ocasiones debido a la recurrencia de estos problemas, se adjunta la figura No. 7 que muestra el procedimiento detallado que realizan los técnicos de mantenimiento para el cambio de papel.



Fuente: Elaboración propia haciendo uso del software VISIO para facilitar la comprensión del proceso realizado en el área el 12 de febrero del 2020.

Figura No. 7. Diagrama de flujo del proceso del cambio de papel.

Seguidamente se explican los pasos que aparecen en el diagrama anterior.

- **Paro del Proceso:** Primero se les informa a los operarios para que se detengan y se detiene la máquina manipulando su panel.
- **Colocación de la plancha en la mesa:** Bajar la prensa de manera que se pueda desprender la plancha a la mesa de la máquina.
- **Cambios en el panel de control principal:** se programa la máquina para reducir la velocidad de su giro y mover la plancha hasta la ventana donde se podrá bajar. una vez que se mueve se pasa la plancha de la máquina a la mesa del técnico.
- **Cambio de papel en la plancha:** Se mueve la plancha hasta la mesa del técnico para posteriormente retirar los tornillos y las platinas, después se puede retirar el papel en mal estado y se coloca el papel nuevo, por último se vuelven a clocar los tornillos y las platinas.

- **Colocación de la plancha en la máquina:** Se debe colocar la plancha nuevamente en la máquina para girarla hasta la prensa, se vuelve a cambiar la velocidad de giro por la original y se incorpora la plancha a la prensa.
- **Finalización del proceso:** Se informa a los operarios que pueden iniciar el proceso productivo nuevamente.

B. Justificación del estudio

El proyecto en estudio se desarrolla enfocado en el proceso de cambio de papel que se realiza en el Focus Factory SCD. Se da este enfoque por sugerencia de los gerentes y encargados del área, debido a que el proceso tiene un tiempo de duración muy elevado. La duración promedio de un cambio de papel es de 12.224 minutos con una desviación de 1.448 minutos, tiempo que es equivalente a 68 horas mensuales.

Los tiempos destinados a los cambios de papel están repercutiendo de forma diferenciada en la disponibilidad de los equipos del área de producción, la cantidad de producto que se puede realizar y también en los costos de producción de la empresa. El proceso genera los impactos mencionados debido a que para su realización los equipos deben de ser detenidos por completo, por esta razón, el factor de disponibilidad del OEE se reduce en un 1,60% mensualmente.

Por otro lado, la inactividad del equipo también afectulados que ofrece el proceso de producción, a causa de estos paros se pierde la producción de 1913 cajas de producto terminado, cantidad equivalente a un monto de \$15,123.00 mensuales según datos brindados por el departamento de finanzas.

C. Objetivos del estudio

1. Objetivo General:

Reducir el impacto generado en el OEE, la producción y los costos asociados a la misma mediante la disminución de los tiempos del cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 y T's ubicadas en el Focus Factory Sleeve Compression Device.

2. Objetivos Específicos:

Definir el problema relacionado con los tiempos invertidos actualmente en el proceso de cambio de papel.

Elaborar un plan de recolección de información para las variables más significativas del proceso en estudio.

Analizar la correlación directa que tienen las causas identificadas con el problema sometido a estudio.

Desarrollar propuestas de mejoras que disminuyan las causas del problema identificadas en el área.

Elaborar un plan de implementación y control de las propuestas de mejora que incluya indicadores de tiempo.

D. Alcances y limitaciones del estudio.

1. Alcances:

El proyecto desarrollado consiste en el diseño de propuestas de mejora que reduzcan los tiempos de ejecución de la actividad conocida como cambio de papel en el Focus Factory SCD, esta actividad se desarrolla en toda la maquinaria que pertenece al área a excepción de la máquina A-06, debido a que esta no utiliza una

plancha en su proceso de sellado de las piezas, por otro lado, tampoco se tomará en cuenta la máquina T-11 porque por el plan de producción mensual no tiene tanta demanda y para no se pueden recolectar los datos suficientes para su análisis.

Con las propuestas de mejora se busca reducir el impacto que tiene la duración de esta actividad en el OEE de SCD, esto debido a que el tiempo de cambio se ve reflejado diariamente como una causa de pérdida, es importante mencionar, que el proyecto se enfoca en esta causa, ya que las otras causas les corresponden a otras áreas de soporte como lo son técnicos capacitados en electrónica, porque son problemas directamente relacionados con las máquinas, además por consenso con la empresa el cambio de papel es una oportunidad de mejora prioritaria.

Se requiere que por medio de este proyecto se evalúen las causas del problema con el fin de encontrar oportunidades de mejora que beneficien la disponibilidad de los equipos y una mayor salida del producto lo que influye directamente en las finanzas de la compañía.

El periodo de ejecución del proyecto inicia el 10 de febrero y finaliza el 22 de julio del año 2020, durante este tiempo se debe recolectar toda la información necesaria para posteriormente realizar el análisis que permita diseñar la propuesta de solución del proceso que pueda ser implementada en la empresa.

2. Limitaciones:

La principal limitante presente en este proyecto se debe a que por la naturaleza del proceso en estudio este no se desarrolla en forma constante a lo largo de un turno, es decir, se realiza muy pocas veces en el turno de trabajo y al no estar estandarizado tampoco se da en las mismas horas cada día, por lo tanto, para completar las muestras del estudio es necesario tomarlos con la frecuencia en que el proceso se realice.

Por otro lado, en el estudio no puede ser considerada la máquina T-11 debido a que durante el periodo en el que se desarrolla el proyecto en la compañía, la máquina

se encuentra sin demanda la mayor parte del tiempo, aunque esta trabaja un par de días al mes, no se logra recolectar la información suficiente para asegurar un resultado preciso.

Otra limitante del proyecto consiste en que no se puede hacer uso del nombre de la empresa como tal, esto por un asunto de confidencialidad, por esta razón, a lo largo de este trabajo se utilizará “Medical Industries” como el nombre de la compañía.

Es importante indicar que las conclusiones y recomendaciones que se dan en este proyecto corresponden a los datos y el periodo de tiempo en que se realizó el estudio, es decir, cualquier cambio que se dé en la gestión del proceso puede afectar estas conclusiones y recomendaciones.

II. MARCO TEORICO

En el siguiente apartado se describe información detallada de la metodología utilizada para el desarrollo de este estudio, así como de las herramientas utilizadas, de tal manera que el lector pueda comprender cada una de las etapas que lleva a las soluciones propuestas en este proyecto.

A. Aspectos generales para tomar en cuenta de la industria médica

Como parte introductoria al marco teórico, se adjunta una sección para el tipo de industria en la cual se desarrolla el proyecto, esto para facilitar la comprensión de algunos temas que cada tipo de industria maneja por separado y va a ayudar a comprender los procedimientos que se realizan en la compañía y son necesarios para que los productos puedan ser considerados de calidad.

1. Dispositivos médicos

Primeramente, es importante definir qué es un dispositivo médico, este puede ser definido como un aparato utilizado para prevenir enfermedades o para atender a personas que ya las padecen, sin embargo, con mayor claridad se puede decir que un dispositivo medico es según la Organización Mundial de la Salud (2012),

todo instrumento, aparato, utensilio, máquina, implante, reactivo in vitro o calibrador, software, material o producto similar o relacionado que no logra el efecto principal perseguido en o sobre el organismo humano por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos y está concebido para ser empleado en seres humanos.

Es decir, todo dispositivo medico creado tiene como objetivo principal contribuir y ayudar a la salud de las personas.

B. Documentación necesaria para los dispositivos médicos.

Un aspecto esencial en la producción de dispositivos es la documentación que debe llevar por cada lote del producto que será posteriormente vendido, “El impacto de la regulación de la fabricación es especialmente evidente en la industria de dispositivos médicos donde la investigación clínica, el control del diseño, la fabricación, el control de la producción y la vigilancia posterior a la comercialización abordan procesos específicos” (Fiedler, 2017)

En el caso de la industria en donde se realiza este estudio, al ser una empresa de dispositivos médicos la documentación es un proceso obligatorio en el inicio y cierre de cada lote de producción, por medio de este proceso la empresa en diversas ocasiones ha detenido errores que pueden causar posibles quejas en los clientes que los utilizan, es decir, por medio de un control con documentación se evitan las deficiencias en los resultados de la organización

Según el artículo la documentación como un requisito para la calidad de los equipos médicos, sin la utilización de la documentación “es imposible llevar a cabo estas tareas sin cometer errores técnicos y sin dejar aspectos tan importantes como son los requisitos de seguridad del paciente” (Chaveco, 2014), este es un proceso sin el cual la empresa no puede asegurar la calidad del producto ni tampoco la seguridad y salud del paciente, un ejemplo muy simple de su importancia es que al tener buenas prácticas de documentación la empresa que vende el producto, puede evitar que uno de estos lleve una incorrecta identificación y que al paciente se le dé el producto adecuado de acuerdo a su padecimiento y características físicas.

C. Metodología DMAIC

Cuando se desenvuelve un proyecto es indispensable seguir los pasos de una metodología que permita llevarlo de una forma ordenada y clara, de esta manera se podrá llegar a resultados que concuerden con los objetivos planteados de a

acuerdo con la metodología, en otras palabras, en el desarrollo del proyecto todo debe de estar estrictamente relacionado y llevar un paso a paso.

La compañía donde se realiza el estudio tiene como enfoque la aplicación de herramientas Six Sigma, que permitan reducir la variabilidad y defectos de sus procesos con el fin claro de generar mayor salida y mantener satisfechos a sus clientes. Por esta razón, para este estudio se utiliza la metodología DMAIC, que forma parte de las metodologías Six Sigma, se utiliza DMAIC en particular ya que “sin duda es el enfoque estructurado más ampliamente adoptado y reconocido” (Ramu, 2017), por otro lado, como se mencionado anteriormente se adapta muy bien a la resolución de problemas como al presentado en este proyecto, donde con su aplicación se pueda generar mayor eficiencia en la salida del producto.

1. Fases de la metodología.

La metodología DMAIC está formada por cinco siglas que tienen como significado definir, medir, analizar, mejorar y controlar, cada una de estas etapas es importante para cumplir los objetivos del proyecto, y para que este tenga los resultados esperados es necesario que cada etapa se realice en ese orden. A continuación, se explica en qué consiste cada una de las fases.

- Definir: La primera etapa de la metodología DMAIC, es muy importante ya que en esta parte se va a concretar cuál es el problema a resolver en la compañía y de esta forma se pueden definir objetivos por cumplir, en otras palabras, esta etapa consiste en “definir el proceso de gestión para el proyecto de mejora y para definir el problema para ser trabajado” (Munro, A; Maio, M; et all; 2008) concretamente en este proyecto el problema está disminuyendo la salida de producto en cada línea del proceso.

Como parte de esta etapa se “comienza a usar herramientas como un mapeo de proceso y un diagrama de causa y efecto para descubrir los

detalles de un problema y llegar a la causa raíz de los defectos” (Westcott & Duffy, 2015)

- Medir: En esta etapa se recolecta toda la información necesaria para identificación definitiva de causas que estén generando el problema al proceso, según Rosario G, Caridad G & Ernesto R (2016) el objetivo de medir es “Identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso objeto de estudio” y entre las principales herramientas utilizadas para este proceso se encuentran “Diagrama entrada-proceso-salida, análisis de capacidad de proceso, gráfico Pareto, gráficos de control” entre otras que serán utilizadas en este estudio y se especificarán en este marco.
- Analizar: Por medio de la información que se recolectó en la etapa anterior de la metodología se utilizan métodos estadísticos para determinar cuáles son las causas potenciales y en cuales de todas las causas identificadas se debe enfocar la búsqueda de una solución.

Esta etapa se puede dividir en tres segmentos de análisis, primero, se identifican causas potenciales por medio de herramientas como el diagrama de afinidad, segundo, se deben validar las causas, para lo que se pueden utilizar herramientas como son “las pruebas de hipótesis, el Análisis de Varianza (ANOVA), el análisis de correlación, los Diseños de Experimentos (DOE), métodos estadísticos no paramétricos y los métodos estadísticos multivariados”. (Felizzola & Luna, 2014)

Por último, se priorizan las causas a utilizar y en la medida en que se implementan soluciones que las resuelvan, se debe de analizar el impacto positivo que tiene sobre el proceso general.

- Mejorar: Como su nombre lo dice es en esta etapa donde se van a desarrollar las oportunidades de mejora a las causas raíz que se ha determinado por medio de todo el proceso anteriormente comentado, según Aníbal B, Adrian C & Javier G (2017) es esta fase “se proponen, implementan y evalúan las soluciones a las causas raíces detectadas,

demostrando con datos, que las soluciones propuestas resuelven el problema y llevan a las mejoras buscadas”.

- Controlar: Finalmente la última fase recibe el nombre de controlar, a pesar de que se da después de que las soluciones estén implementadas, sigue siendo esencial para que estas soluciones brinden los resultados esperados en el proyecto, para que se sigan manteniendo los buenos resultados se requiere de “la estandarización de los métodos de trabajo y de un monitoreo y control de forma continua de las operaciones” (Báez, Y; Limón, J; et all; 2010)

D. Herramientas y términos utilizadas en el proyecto

1. Project Charter

Project Charter es una herramienta planteada al inicio de un Proyecto con el fin de definir algunos aspectos cruciales como lo son sus alcances, los objetivos, responsables, stakeholder, entre otros puntos de importancia para el Proyecto y los interesados del mismo.

Por medio del Project Charter se “autoriza la gestión del proyecto para dirigir el proyecto y las Fuentes locales requeridas.” (Mokhatab, Poe, & Mak, 2019), por lo que debe ser una herramienta distribuida a los encargados de la organización así como a todos los que tengas intereses en el proyecto o tomarán decisiones en el transcurso de este. Entre los principales roles que pueden presentarse en un proyecto están el gerente del proyecto, propietario del negocio, gerente de la planta, ingeniero de proyectos, ingeniero de procesos, ingeniero de producción, entre otros que van a variar de acuerdo con la compañía y al proyecto que se esté desarrollando. Seguidamente se adjunta la figura No. 8, con la misma se ejemplifica una forma de realizar un Project Charter, ya que es importante que puede hacerse con muchos tipos de diseños, siempre y cuando este cuente con la información complete va a estar correcto.

PROJECT CHARTER		
Project Name: <u>Metrics</u>		Date: <u>Feb. 13, 02</u>
Mission: Deploy new metrics for new product development (NPD) projects.		
Business Purpose: Improve customer satisfaction regarding project timeliness to 4.5 / 5.0 within a year after the system launch (November 1, 2003).		
Project Goals: <ul style="list-style-type: none"> • Complete by November 1, 2002 • Budget: 600 hours • Quality: Per specs • Customer satisfaction: Level 4.0 		
Project Team Members: Berry Chilock (Project Manager), Chuck Ulster, Doug Kong, Doug Spitfire, Angi White		
Project Sponsor: Jan Pallow, Vice President for NPD		
Major Milestones	Timing	Resources (hours)
Needs Analyzed	April 1, 2002	80
Design Approved	July 1, 2002	300
Test Complete	October 1, 2002	100
System Launched	November 1, 2002	120
Vice President, NPD		Vice President, Marketing
Vice President, Finance & Administration		Vice President, Manufacturing

Fuente: Tomada del libro **Project Management Toolbox - Tools and Techniques for the Practicing Project Manager** el 1 de marzo del 2020.

Figura No. 8. Ejemplo del Project Charter de un proyecto.

2. Diagrama Ishikawa

Cuando que se debe dar solución a un problema, se utilizan diferentes herramientas que permitan identificar las causas que provocan dicho problema, entre estas herramientas se puede nombrar el diagrama Ishikawa, conocido también como espina de pescado por su forma. Este diagrama es una herramienta que muestra un cuadro resumido y de fácil visualización, sin embargo, es importante aclarar que el diagrama “no ofrece respuesta a una pregunta, como el análisis de Pareto, diagramas Scatter o histogramas; en el momento de generar el diagrama causa-efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos” (Romero Bermúdez, 2010)

La forma de obtener las posibles causas se da por medio de la recolección de opiniones de personas relacionadas directa o indirectamente con el proceso que presenta el problema y que ya conocen con mayor detalle el comportamiento

normal del proceso. Como se mencionaba anteriormente no es para la solución del problema, solo funciona como esclarecedor de las posibles causas.






3. Mapeo de procesos (agregar más información en esta herramienta)

El mapeo de procesos es una de las técnicas que se realizan dentro de este proyecto porque “es una de las siete herramientas básicas de calidad para ayudar a comprender un proceso y entonces mejorarlo” (Schoenfeldt, 2008), a decir verdad antes de proponer mejoras en un proceso es importante conocerlo previamente a detalle, es importante conocer las actividades, distancias recorridas, tiempos transcurridos en cada operación y una manera de registrar y visualizar los procesos es mediante las técnicas de mapeo.

Las técnicas de mapeo también pueden ser empleadas en procesos de implementación de proyectos, según Magoon, Noble, Treadwell, & Kim (2011) estas herramientas identifican donde se asocian las tareas específicas de la implementación y cómo se integran en los procesos existentes.

- Diagrama de flujo analítico: El diagrama de flujo analítico consiste en una representación gráfica de la secuencia de las actividades que conforman un proceso, entre ellas las operaciones, esperas, almacenamientos, inspecciones, por otro lado, “contiene información adicional sobre los pasos, incluidos costos, tiempos de configuración, tiempo de ciclo, inventario, tipos de defectos que puedan ocurrir, probabilidad de defectos y otra información que ayuda a comprender mejor al proceso” (Ramu, 2017)

El objetivo que tiene el realizar este tipo de diagramas es “proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales” (Criollo, s.f). Seguidamente se adjunta la figura No. 9 que muestra la simbología utilizada por medio de este diagrama.

Tipo de operación	Símbolo ASME	Descripción de uso
Operación		Tiene lugar cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, cuando se une a otro(s), etcétera.
Transporte		Acontece cuando el material, la información u objeto se desplaza de un lugar a otro, principalmente estaciones de trabajo o áreas. Conviene no considerar los movimientos que forman parte de una operación y que son realizados por el operario.
Inspección		Sucede cuando tiene lugar una evaluación, de manera intencionada, de cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material u objeto, al concluir una operación de transformación, de transporte, demora o almacenamiento.
Espera		Una espera (demora o retraso) puede ser de dos tipos aquel que es necesario ya que permite modificar intencionalmente las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, y aquella demora que no es necesaria y que provoca que se interrumpa de manera abrupta la continuidad en las operaciones, afectando a la siguiente.
Almacenaje		Ocurre cuando de manera intencional o no, cualquier material, información u objeto es resguardado en un área o recipiente específico, con el fin de someterlo a otra operación.

Fuente: Tomado del libro Estudio del Trabajo una Nueva Visión 29 de febrero del 2020.

Figura No. 9. Simbología empleada en el diagrama de flujo.

- Diagrama de recorrido: El diagrama de recorrido es diferente al de flujo del proceso, sin embargo, ambos muestran de una forma simple el comportamiento que tiene el proceso con respecto a variables como el tiempo o las distancias recorridas, la diferencia es que este diagrama es un plano a escala de la planta o área de la empresa donde se lleva a cabo el proceso, una vez que se tiene el plano, se le diseñan líneas que simulan el recorrido del o los operarios al realizar las tareas, lo que va a permitir conocer la distancia recorrida.

4. Diagrama Gantt

El diagrama Gantt es utilizado para definir el inicio y final de cada una de las actividades que conforman un proyecto, según (Milosevic, 2003) “aunque el Gantt se desarrolló alrededor de 1917 y es la herramienta de programación más antigua, todavía se usa ampliamente”.

La veracidad del diagrama Gantt va a depender del alcance que tenga el proyecto, las responsabilidades, de los recursos y de la calidad de gestión de los horarios disponibles, en otras palabras, todos estos factores pueden alterar los tiempos establecidos para dicho proyecto.

5. Estudio de tiempos del proceso

El estudio de tiempos es desarrollado con el fin principal de establecer los estándares de tiempo del proceso al cual se le aplica, esto debido a que, aunque una persona conozca mucho el proceso no puede establecer un estándar que encaje correctamente con el real con la simple observación, los estándares de tiempo precisos son importantes debido a que hacen posible aumentar la eficiencia del equipo y el personal operativo.

Antes de iniciar con el estudio de tiempos en el proceso “se utilizan conceptos estadísticos de probabilidad de la población para determinar el número y el tamaño de las unidades de muestras requeridas del lote y para proporcionar conclusiones extraídas” (Matthews, Kniel, & Montville, 2017), de esta forma se puede dar la planeación del proceso a seguir para tomar la cantidad de muestras obtenidas.

Otro requerimiento indispensable para el analista es estar seguro antes de iniciar el estudio de que los operarios que están completamente entrenados y capacitados para que no afecten los resultados de los tiempos recolectados. Por otro lado, el supervisor del proceso debe de verificar que el operario realice el método adecuado y que también este informado del proceso de muestreo de los tiempos en que realiza la actividad, en este proceso los operarios.

Según NIEBEL & Freivalds (2009) al realizar este el estudio el encargado va a necesitar como mínimo “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 muy útil”. Las cámaras de video son utilizadas muchas veces para procesos en los que el encargado no puede estar presente, por lo que se

graba el video para que posteriormente pueda verlo, o incluso, para procesos donde sí se encuentra, pero este es muy complejo.

Por último, durante la realización de un estudio de tiempos es vital que el analista pueda brindar confianza a los operarios, y si es posible que desarrolle un acercamiento con los mismos que le permita obtener un estudio con resultados éxitos y fieles a la realidad del proceso.

6. Eficiencia General del Equipo (OEE)

El OEE es una métrica utilizada en las empresas para medir la eficiencia que tienen los equipos, este parámetro se ve influenciado por tres áreas que al multiplicar sus resultados se obtiene el valor de eficiencia, estas tres áreas son calidad, disponibilidad y rendimiento. El resultado puede verse afectado por problemas de mantenimiento, porque los equipos son detenidos por falta de demanda, por el mantenimiento preventivo y por diferentes fallos que imposibiliten la utilización de los equipos. Según Gerhard G & Ranjan G (2004) la fórmula para realizar el cálculo de OEE es la que se muestra seguido a este párrafo, también define las fórmulas para calcular las variables que la conforman que se adjuntan seguidamente.

$$\text{OEE} = \text{Calidad} \times \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento}$$

Disponibilidad: “La disponibilidad se define como la relación entre el tiempo de ejecución y la producción planificada” (Howell & Alshakhshir, 2017), donde la producción planificada es el tiempo que se espera que el equipo se encuentre trabajando y el tiempo de ejecución el tiempo en el que el equipo realmente trabajó, quitando así los posibles paros.

La pérdida de tiempo en ejecución de la máquina es conocida como la inactividad ocasionada por problemas, y esto puede ser ocasionado por la falta de mantenimiento preventivo.

Rendimiento: “Es el porcentaje de tiempo de rendimiento real que el equipo, el proceso, la mano de obra o la producción de la línea se ejecuta durante la operación en comparación con el rendimiento diseñado de la operación” (Munro, Ramu, & Zrymiak, 2015). La fórmula que se utiliza para el cálculo de este factor es la siguiente.

$$\text{Rendimiento} = (\text{total de piezas/tiempo de funcionamiento}) / \text{velocidad de ejecución ideal}$$

Con respecto al rendimiento lo ideal es que se tenga limitado al 100% con el fin de “garantizar que si se produce un error el efecto sobre el OEE será limitado” (Yam, 2009)

Calidad: Por último, el factor nombrado calidad se mide a través del scrap que se presente en el proceso, es decir es la relación del producto conforma contra el producto que no tiene defectos y no tiene que desecharse. Con mayor especificación la calidad se calcula de la siguiente forma.

$$\text{Calidad} = \text{Número de piezas buenas} / \text{Número total de piezas}$$

Como se mencionaba anteriormente el OEE puede verse afectado por diferentes factores, y es normal que las empresas intenten aumentar su valor o resultado hasta llegar al 85% y si es posible a un valor mayor, una forma de mejorar el valor del OEE es según Kubiak, T & Benbow, D (2017) realizar un análisis de causa raíz en las razones del tiempo de inactividad en el factor de disponibilidad, el tiempo de ciclo reducido en el desempeño, factor de equilibrio y el nivel de defectos en caso del factor de calidad.

7. Análisis de causas raíz.

Una vez que se determina un problema por resolver en un proceso es necesario encontrar de donde viene dicho problema, es decir que lo está causando, es por esta razón que se utiliza el análisis de causa raíz, este análisis se define como “un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de

una incidencia o defecto a través de identificar sus causas.” (Poveda J, Guardiola M, 2019)

El objetivo principal que tiene el análisis de causas raíz es encontrar el origen del problema, y solucionar la falla para tratar de eliminarlo, “la metodología del análisis de causa raíz (RCA) está diseñada para proporcionar un medio rentable para aislar todos los factores que directa o indirectamente resultan en la mayoría de problemas que enfrentamos en nuestras plantas e instalaciones” (Mobley R, MBB, CMRP, 2014)

Según Dionisio (2018) existen tres categorías para las causas del problema, se explican seguidamente.

1. Causas físicas: Relacionadas con problemas con los equipos, el ambiente de trabajo o los materiales utilizados en el proceso.
2. Causas humanas: Directamente relacionada con el comportamiento de las personas, es decir, en este caso los operarios en el proceso, ocurren cuando realizan una labor de la forma incorrecta o no se siguen los procedimientos pautados.
3. Causas organizacionales: Consisten en causas ligadas a las políticas establecidas por la compañía a cargo, por ejemplo procedimientos o procesos que no son meramente necesarios.

En la realización de este análisis se deben seguir una serie de pasos hasta poder establecer una serie de soluciones que busquen eliminar las causas descubiertas, a continuación se enumeran.

1. Definir cuál es el problema.
2. Recolectar todos los datos o información relacionada con el problema.
3. Identificar los factores contribuyentes, es decir aquellas causas que están relacionadas directamente al problema.
4. Analizar los factores contribuyentes con el fin de determinar porque se ha generado el problema.

5. Se recomiendan las soluciones para erradicar los factores o causas contribuyentes del problema.

8. Multivoto

La tabla multivoto consiste en un método utilizado para priorizar las causas de un problema, formalmente puede definirse como un método utilizado “para clasificar problemas, características de calidad, causas de problemas, o limitaciones de un proceso de mejoramiento continuo” (Acuña, 2012)

Este método tiene una serie de pasos a seguir entre los cuales se encuentran realizar una tabla que tenga en una columna las causas y otras 5 columnas más enumeradas del 1 al 5, esta tabla se les reparte a mínimo 10 personas que sean conocedoras del proceso para que puedan realizar la votación, el multivoto es “una forma alternativa de votación múltiple utilizada cuando la lista de artículos es larga, es proporcionar a cada miembro del equipo una cantidad de votos” (Kubiak & Benbow, 2017)

Finalmente, se debe de obtener un voto ponderado al multiplicar el valor obtenido por el valor de ponderación de la columna, con esto se suman los puntos y se puede determinar cuáles son las causas más representativas, esto considerando las causas que han dado un resultado más bajo.

9. Lista de verificación

Las listas de verificación o chequeo son desarrolladas para evaluar el cumplimiento no cumplimiento de reglas, características o normas de un proceso o su gestión. Se dice que las listas de verificación son utilizadas principalmente “en los contextos clínico, educativo e industrial-organizacional. Aunque algunas listas de verificación son instrumentos estandarizados y están disponibles de manera comercial, muchas han sido preparadas con propósitos especiales” (Aiken, 2003)

Como en el caso de este proyecto la lista es utilizada para la verificación del funcionamiento de un proceso en específico.

10. Diseño de experimentos

Un experimento consiste en someter un proceso a cambios con el objetivo de medir el efecto de estos sobre ciertas características del proceso, cuando se realiza un diseño experimental se utilizan diferentes términos para justificar sus resultados o para el proceso que conlleva su desarrollo, entre estos se encuentra la aleatorización, la variable de respuesta, las réplicas, los factores y sus niveles.

La variable de respuesta permite entender cuál es el efecto o los resultados de cada prueba, por medio de estos resultados obtenidos en el experimento se puede buscar la mejora en esta variable de respuesta, por otro lado, el diseño está conformado por los factores y estos se dividen en niveles, los niveles son las subdivisiones que se asignan a cada factor estudiado.

Se debe considerar que todo experimento tiene asociado un error que no será explicado por los factores tomados en cuenta en el estudio, este recibe el nombre de error experimental y significa que “existen fluctuaciones o ruido en los resultados” (Montgomery, s.a) esto debido a que no todo lo que implica realizar el experimento puede ser controlado.

Otro aspecto importante por considerar son los principios básicos del diseño experimental, sobre los cuales el experimento tiene validez, según Gutierrez & de la Vara (2012) estos principios son los que se explican a continuación:

- Aleatorización: Consiste en tomar todas las muestras al azar totalmente, porque de esta razón el resultado del experimento puede arrojar resultados más situados en la realidad del proceso, la aleatoriedad aumenta la probabilidad de que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, lo cual es un requisito para la validez de las pruebas de estadísticas que se realizan.

- Repetición: Este principio radica en que se le debe de realizar más de una corrida o repetición a las combinaciones entre los factores estudiados por medio de experimento, las repeticiones según permiten distinguir mejor qué parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y cuál a los factores.
- Bloqueo: El último principio del diseño experimental consiste en nulificar o tomar en cuenta, en forma adecuada, todos los factores que puedan afectar la respuesta, lo que se busca con el bloque es que el conjunto de datos recolectado pueda ser más homogéneo.

Una vez que se realiza la corrida del experimento se procede a analizar la parte estadística del software de análisis minitab, en este caso se desarrolla y analiza un Anova , el cual consiste en la separación de las partes o factores involucrados brindándoles la variación asociada, el Anova debe de cumplir tres principios, estos con la homocedasticidad o igualdad de las varianzas, la independencia y la normalidad de los residuos de los datos, es indispensable que el modelo propuesto cumpla con estos supuestos para que sus resultados puedan ser considerados como válidos en la toma de decisiones.

11. Modos de falla y análisis de efectos (AMFE)

El modo de fallas y análisis de efectos “es una técnica o procedimiento utilizado para analizar las probabilidades de falla dentro de un proceso o sistema. Implica la evaluación y cuantificación de riesgos; identificando aquellos que son de mayor preocupación para el proceso general o sistema” (Schaschke, 2014)

AMFE es una herramienta que permite a los encargados de la empresa o el proyecto estar preparados a problemas que pueden incluir la pérdida en la función de procesos, equipos dañados, productos con defectos, entre otros que puedan presentarse; además, permite agrupar las fallas entre las más y menos probables a ocurrir de manera que se puedan asignar acciones a seguir de acuerdo con el fallo.

Para asignar a las fallas la probabilidad mayor o menor existe el RPN (Incidencia de prioridad del fallo), según American Institute of Aeronautics and Astronautics (2016) existen varios elementos a tomar en cuenta al realizar un AMFE, esto se explican seguidamente.

1. El estándar requiere que se realicen acciones para reducir RPN.
2. Cada acción debe tener asignado un responsable.
3. Todas las acciones se deben registrar en las columnas de acciones del AMFE.
4. El RPN se deriva de los propios datos del proveedor.

Para el cálculo del índice de prioridad de falla se deben multiplicar tres parámetros, la detección, severidad y la ocurrencia. Cada uno de los parámetros tendrá asignado un valor del 1 hasta 10 a consideración de los encargados del proyecto. Según Stamatis, D (2003) los parámetros se definen a continuación.

- Ocurrencia: La ocurrencia es la frecuencia en la que puede darse la falla.
- Severidad: Consiste en la gravedad que representa el efecto de la falla.
- Detección: Es la capacidad de detectar la falla antes de que ocurra.

12. Matriz RACI

La matriz RACI es una herramienta de apoyo utilizada principalmente para la implementación de proyectos y “se utiliza para aclarar los roles de los interesados en función de las tareas y los entregables que son esenciales a la iniciativa” (Bruns & Johnson, 2019), la matriz es un medio que ayuda a cerrar brechas de comunicación entre los involucrados, además es una forma de planificar la resolución de las actividades del proyecto.

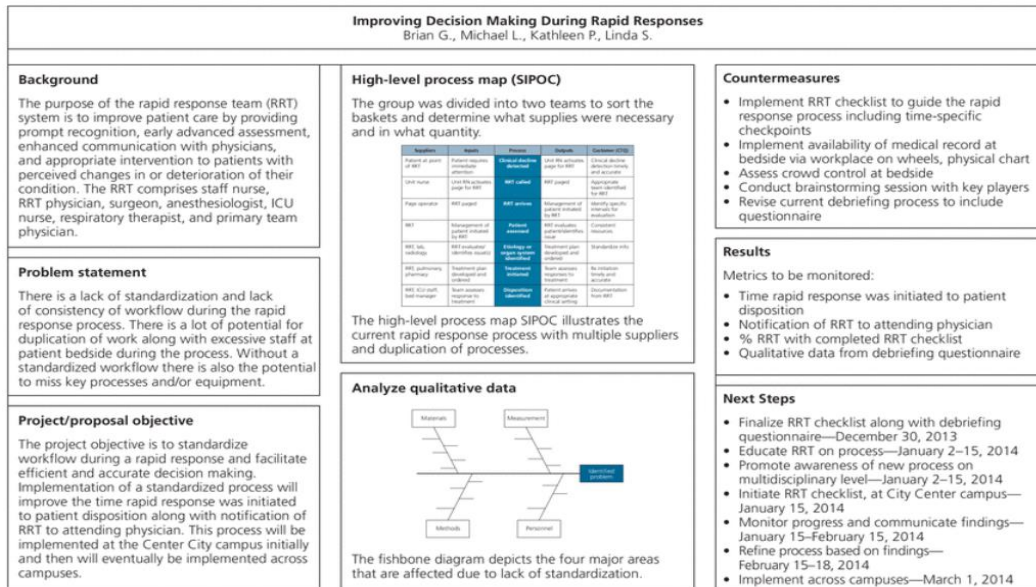
Consta de una columna con las actividades a realizar y en las siguientes columnas primer fila están los involucrados, a estos se les asigna una característica, de acuerdo a como se van a relacionar con la actividad. Según Bullen, G (2013) las categorías asignadas se definen como en los siguientes puntos,

- Responsable: Individuos que son responsables de realizar el trabajo para lograr tareas específicas necesarias para el éxito del proyecto.
- Comprometido: El individuo responsable es en última instancia responsable de la correcta y exhaustiva finalización del entregable o tarea.
- Consultado: Las personas consultadas son aquellas cuyas opiniones se solicitan, generalmente son expertos en el tema, y son con quienes se maneja una comunicación bidireccional.
- Informado: Las personas informadas son partes interesadas que se mantienen actualizadas sobre el progreso, a menudos solo al finalizar la tarea o entregable.

13. Formato A3

Este formato es muy común que sea utilizado al finalizar un proyecto para presentar los principales resultados obtenidos con el mismo, “el informe A3 es una plantilla de documentación de proyecto estándar que describe la historia del proyecto” (Delisle, 2015).

El principal objetivo que se busca cumplir al presentar un informe A3 es el explicar de una forma sencilla pero a la vez clara lo más relevante del proyecto, como lo es el problema, la meta del proyecto, los resultados que dejan los análisis realizados y las soluciones que se plantean para el problema. Un ejemplo de este formato se muestra en la figura No. 10.

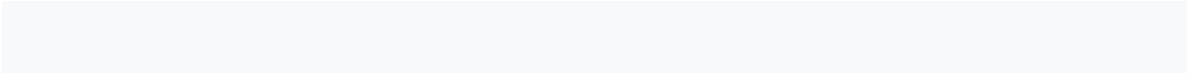


Fuente: Tomado del libro *Executing Lean Improvements – A Practical Guide with Real-World Healthcare Case Studies* el 29 de junio del 2020.

Figura No. 10. Ejemplo del formato A3.

Según Hamel, R (2010) el formato A3 tiene tres principios o propósitos básicos, estos principios se describen en el siguiente punto.

1. Para facilitar la resolución de problemas.
2. Formulación de propuestas, aprobación y ejecución.
3. Intercambiar el estado del proyecto.



III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para el desarrollo de este proyecto se va a hacer uso de la metodología DMAIC la cual contiene un total de cinco etapas, según sus siglas corresponde a definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En este apartado se explica en qué va a consistir cada etapa, además, se adjunta la matriz metodológica del proyecto.

A. Definir.

La etapa de definición es de suma importancia para el proyecto, esto debido a que es donde se va a especificar cuál es el problema por resolver en el área de estudio y se logra justificar como repercute en la actualidad dicho problema a la compañía, por medio de lo anterior, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos que se quieren cumplir con la realización del proyecto.

Las actividades anteriores pueden lograrse utilizando diversas técnicas como lo son el Gemba en los diferentes departamentos y la realización de entrevistas a los involucrados con los procedimientos con el fin de comprender completamente los procesos y encontrar las oportunidades de mejora.

B. Medir.

La segunda fase del proyecto busca comprender las razones del problema planteado, esto mediante la recopilación de información que permita encontrar las causas raíz. Se pretende como parte de la recolección de información hacer muestreo de tiempos para medir con exactitud cuánto está tomando el desarrollo de la tarea.

Por otro lado, utilizando los datos y la información recolectada se pretende hacer diagramas que permiten representar de una forma simple el proceso y su distribución como lo son los diagramas de flujo y el diagrama de recorrido, además, se desarrollan técnicas que permiten identificar concretamente la causas del problema como la lluvia de ideas, histograma y se hace un análisis del comportamiento de los datos por medio de correlación y regresión.

C. Analizar.

El análisis del proyecto consiste en tomar la información que se ha recolectado para definir concretamente las causas a las cuales se les debe buscar una solución, esto mediante el análisis de los tiempos recolectados.

El análisis de estos datos permite enfocar el proyecto en resolver las causas que provocan el exceso de tiempo en el diseño y cambio de este tipo de papel, para el análisis de estos datos se utilizan gráficos con el pastel, gráficos de barras, prueba de hipótesis y además se utilizan los datos para complementar los resultados con diseño de experimentos.

D. Mejorar

La etapa de diseño consiste en el desarrollo o creación de la propuesta de solución, este diseño se ejecuta en base al estudio de las causas realizado en la fase de análisis, dicha propuesta de solución busca la reducción de tiempos en el proceso de elaboración y cambio del papel.

Una vez que se identifique la posible solución para el problema es importante analizar su factibilidad y desarrollar un plan de implementación, también se pretende realizar pruebas piloto de la solución verificando que genere resultados esperados.

E. Controlar

Finalmente, en la última fase se busca mantener los resultados que trae consigo la implementación de la mejora mediante el control directo y continuo del desarrollo del proceso con las mejoras ya implementadas, para llevar a cabo esta fase se realiza un plan de control de datos, se tomando estos datos y se les procede a realizar análisis estadístico y gráficos de control, así como se presenta para facilitar el cambio en el proceso un standard operation procedures.

Cuadro No. 1. Cuadro de matriz metodológica del proyecto.

Etapa	Objetivo	Actividades	Técnicas	Resultado Final
D	Definir el problema relacionado con los tiempos invertidos actualmente en el proceso de cambio de papel.	-Definir el área que tiene la oportunidad de mejora a desarrollar para el proyecto. -Plantear el problema del área estudiada. -Realizar la justificación del estudio. -Definir el objetivo general y objetivos específicos del proyecto.	-Visitas a los diferentes departamentos que componen la empresa. -Entrevistas a operarios e ingenieros. -Recopilación de información -Project Charter -Técnica 5W2H	-Definición del problema a resolver. -Justificación del estudio. -Objetivo General. -Objetivos Específicos. -Datos exactos del recorrido que hacen los operarios para realizar las tareas del proceso.
		-Establecer el plan de trabajo a seguir en el transcurso de las semanas.	-Diagrama Gantt	-Cronograma del proyecto
		-Verificar junto al encargado de proyectos y el asesor industrial la definición del proyecto.	-Entrega de anteproyecto.	-Validación de la estructura inicial del proyecto. -Aprobación del anteproyecto

Fuente: Elaboración propia con el fin de definir el procedimiento a seguir para el logro de los objetivos del proyecto, el 20 de enero del 2020.

Cuadro No. 2. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.

Etapa	Objetivo	Actividades	Técnicas	Resultado Final
M	Elaborar un plan de recolección de información para las variables más significativas del proceso en estudio.	-Caminatas recurrentes al área sometida a estudio. -Realizar preguntas ante cualquier duda a los líderes del proceso.	-Gemba.	-Entender por completo las tareas que componen el proceso y cuáles son los problemas que identifica el personal.
		-Desarrollar métodos para explicar el proceso productivo general y el proceso de cambio de papel.	-Diagrama de flujo. -Diagrama de flujo analítico. -Diagrama de recorrido.	-Entender los procedimientos realizados y variables implicadas en el proceso.
		-Determinar la variabilidad de los tiempos de cambio por turno de trabajo y por cada equipo. -Realizar un plan de muestreo de tiempos al proceso de corte y cambio de papel en cada una de las máquinas.	-Pruebas de hipótesis. -Estadística básica. -Plan de recolección de datos.	-Definir si los turnos de trabajo tienen un comportamiento estadísticamente igual. -Definir el formato del muestreo.

Fuente: Elaboración propia con el fin de definir el procedimiento a seguir para el logro de los objetivos del proyecto, el 20 de enero del 2020.

Cuadro No. 3. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.

Etapa	Objetivo	Actividades	Técnicas	Resultado Final
M	Elaborar un plan de recolección de información para las variables más significativas del proceso en estudio.	-Hacer uso de la información recolectada en el punto anterior para definir la frecuencia e impacto del proceso con respecto a cada uno de los equipos.	-Cuadros Resumen	-Identificar el impacto individual y conjunto de las máquinas en el problema.

Fuente: Elaboración propia con el fin de definir el procedimiento a seguir para el logro de los objetivos del proyecto, el 20 de enero del 2020.

Cuadro No. 4. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.

Etapa	Objetivo	Actividades	Técnicas	Resultado Final
A	Analizar la correlación directa que tienen las causas con el problema sometido a estudio.	-Definir las principales causas del problema en estudio.	-Análisis de causa raíz (Cualitativo y cuantitativo)	-Se definen las causas que contribuyen más al problema para enfocar la búsqueda de soluciones. -Identificar el impacto individual y conjunto de las máquinas en el problema.
		-Utilizar los datos recolectados para descubrir la variabilidad de los tiempos entre los equipos. -Analizar los posibles factores causales de impacto en la variación y duración de los tiempos del proceso.	-Pruebas de potencia -ANOVA -Diseño de experimentos. -Análisis de residuos.	-Conocer cuál factor y nivel afecta más la variabilidad del proceso.

Fuente: Elaboración propia con el fin de definir el procedimiento a seguir para el logro de los objetivos del proyecto, el 20 de enero del 2020.

Cuadro No. 5. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto.

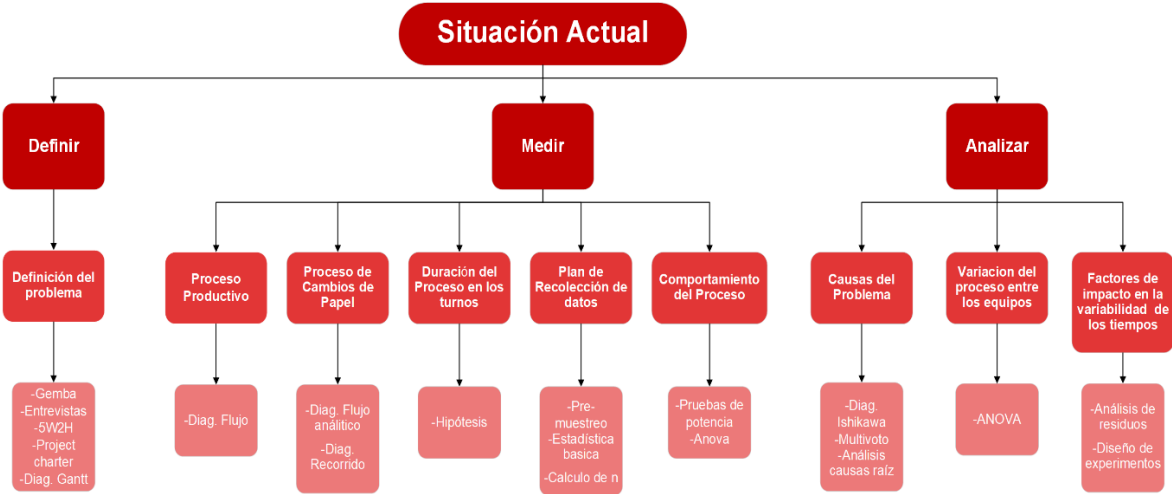
Etapa	Objetivo	Actividades	Técnicas	Resultado Final
I	Desarrollar propuestas de mejoras que disminuyan las causas del problema identificadas en el área.	<ul style="list-style-type: none"> -Por medio de lo recolectado en todas las etapas para evaluar posibles soluciones. -Contener los costos asociados a las diferentes propuestas realizadas por los proveedores. -Reunión con los supervisores de SCD y gerente de OpEx para revisar y posiblemente aprobar ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de fiabilidad. -Plan de implementación (Gantt). -Pruebas piloto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluar factibilidad del proyecto. -Aprobación de propuestas de mejora para iniciar el proceso de implementación.
C	Elaborar un plan de implementación y control de las propuestas de mejora que incluya indicadores de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> -Desarrollar un plan de recolección de datos. -Comparar el comportamiento de los tiempos con el estándar de la mejora y verificar que este dentro del límite recomendado. 	<ul style="list-style-type: none"> -Plan de control de datos. -Gráficos de control. -SOP -Control del proceso estadístico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluar la línea de aprendizaje de los operarios. - Evaluar si la mejora está generando los resultados esperados.

Fuente: Elaboración propia con el fin de definir el procedimiento a seguir para el logro de los objetivos del proyecto, el 20 de enero del 2020.

IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se desarrollan las etapas definir, medir y analizar de la metodología, se adjunta la figura No. 11 a través de la cual se puede observar el desarrollo que se le da a la situación actual, en la sección correspondiente a la etapa definir, se evalúa el proceso, con el fin de entenderlo y definir el problema.

En la etapa medir se realiza una prueba de hipótesis entre los turnos de noche y los diurnos para verificar su igualdad, conociendo los resultados de las pruebas de hipótesis se procede a realizar el plan de muestreo. La última etapa que se desarrolla es analizar, en la que por medio de los datos se determinan las principales causas del problema, se realiza un Anova para verificar la igualdad en el comportamiento de los tiempos entre las máquinas, además, se procede con la realización de un diseño de experimentos tomando en cuenta factores que pueden ser o no determinantes en la variación de la duración de los tiempos del proceso.



Fuente: Elaboración propia por medio de software Visio el 6 de marzo del 2020.

Figura No. 11. División de la empresa en el área de producción.

Seguidamente se inicia el desarrollo de las etapas ilustradas en la Figura No. 11.

A. Definición del proyecto de mejora

Se adjunta el cuadro No. 6 con la herramienta 5W2H, dicha herramienta se realiza para establecer lo que se quiere conseguir con la realización de este proyecto y además establece las razones del por qué se desarrolla. Para su realización se tiene en cuenta la opinión de los interesados del proyecto en las reuniones (ver apéndice 32).

Cuadro No. 6. Técnica 5W2H.

5W2H	
¿Qué?	Se desarrolla un proyecto de mejora que elimine o reduzca las causas del problema encontrado.
¿Por qué?	Porque en la actualidad el proceso está teniendo tiempos de duración extensos que impactan los resultados de la empresa, entre estos resultados están: La producción, la disponibilidad de los equipos y los ahorros asociados.
¿Dónde?	En la empresa Medical Industries en el Focus Factory SCD, específicamente en el proceso de cambio de papel.
¿Cuándo?	Durante el periodo comprendido de diciembre del año 2019 a junio del año 2020.
¿Quién?	Estudiante de proyecto de graduación con ayuda y supervisión de un asesor industrial y un asesor universitario.
¿Cómo?	Por medio de la metodología DMAIC, se siguen una serie de pasos para cumplir con el objetivo del proyecto.
¿Cuánto?	La empresa no establece un presupuesto mínimo o máximo, por lo tanto, se deben de analizar las posibles propuestas para determinar su factibilidad

Fuente: Elaboración propia con forma a la información obtenida en reuniones y Gemba, se desarrolla el 1 marzo del 2020.

Por medio de esta herramienta se describe que el problema a tratar genera un impacto medible en el OEE, la producción y los costos de la compañía, razón

principal por la que se quiere mejorar el proceso de cambio de papel, por otro lado, toda la información que contiene la herramienta es adquirida por medio de las entrevistas y caminadas en el área sometida a estudio (ver apéndice 32)

Por medio del Gemba realizado y las reuniones con los interesados del proyecto, se ha comprendido el problema por el que se está viendo perjudicado el cambio de papel, se procede a mostrar el Project Charter que explica las partes principales en la definición del proyecto, el Project Charter se adjunta seguidamente como Cuadro No. 7.

Cuadro No. 7. Project Charter proyecto de mejora

PROJECT CHARTER				
Nombre del proyecto	Propuestas de mejoras para la reducción del tiempo de cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 Y T's ubicadas en el Focus Factory SCD			
Patrocinador	Jose Arias Corrales			
Correo Electrónico	jose.arias@cardinalhealth.com			
Número de Teléfono	88912810			
Empresa	Medical Industries			
CASO DE NEGOCIO	MIEMBROS DEL EQUIPO	NOMBRE	DEPARTAMENTO	
Actualmente los cambios de papel son realizados en un rango de 5 a 18 minutos, el proceso tiene gran variabilidad en su duración y en la mayoría de los casos los tiempos son considerados muy extensos	Estudiante de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial	Adriana Gamboa Miranda	Tecnológico de Costa Rica Campus Local San Carlos	
LIDER DEL PROYECTO				
Adriana Gamboa Miranda				
DECLARACION DEL PROBLEMA	OTROS INVOLUCRADOS			
Alta duración en el proceso de cambio de papel lo que provoca pérdidas en la disponibilidad del OEE disminuyendo su resultado	*Departamento de Excelencia Operacional *Equipo de Manufactura del Focus Factory SCD *Departamento de Facilidades			
METAS DEL PROYECTO	ALCANCE, LIMITACIONES, SUPUESTOS DEL PROYECTO			
Reducir los tiempos de duración del proceso de diseño y cambio de papel en las máquinas sometidas al estudio	*El estudio comprende las máquinas: A-07, A-08, T-09, T-10, T-12, T-13, T-16, T-17 ubicadas en el Focus Factory SCD. *Los datos son proporcionados por el software "OEE Alert". *No se puede utilizar el nombre de la compañía por lo tanto se le denomina "Medica Industries". *Las conclusiones y recomendaciones dadas no aplican para posibles cambios en el proceso.			
PLAN PRELIMINAR			PREPARADO POR: Adriana Gamboa Miranda	
Fase	Fecha Planeada	Fecha de Revisión	FECHA:	
Definir	29/01/2020	13/3/2020	FIRMA:	
Medir	15/03/2020	3/4/2020	APROVADO POR:	
Analizar	20/03/2020	3/4/2020	FECHA:	
Mejorar	18/4/2020	13/5/2020	FIRMA:	
Controlar	12/5/2020	13/5/2020		

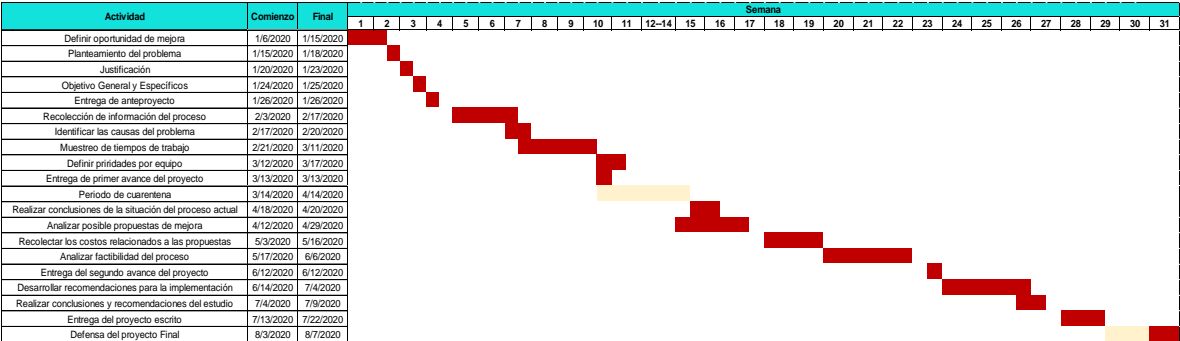
Fuente: Elaboración propia por medio de la secciones definidas del proyecto el día 9 de marzo del 2020

En el Project Charter se encuentra declarado el problema de la compañía por el cual se realiza este proyecto, el mismo consiste en la alta duración y variabilidad del procedimiento para el cambio de papel, por otro lado, se mencionan las principales limitaciones y alcances que se presentan con su realización.

Es importante recalcar en el cuadro No. 7 que los interesados directos del proyecto son los departamentos de excelencia operacional, facilidades contemplando las áreas de mantenimiento del área y el equipo de manufactura, es decir, involucra la parte administrativa como son los ingenieros hasta la operativa. Por último, se mencionan los plazos pautados para presentar las diferentes etapas del proyecto terminadas.

Seguidamente, se encuentra el cronograma que se debe de cumplir en la realización del proyecto de mejora, para mostrar el desarrollo de las fechas se utiliza un diagrama Gantt, este diagrama corresponde al cuadro No. 8 que se presenta seguidamente.

Cuadro No. 8. Diagrama Gantt del proyecto



Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta las fechas de entrega de las etapas del proyecto, el 9 de marzo del 2020.

En el diagrama de Gantt se detallan las fechas mayor en las que se trabaja cada etapa del proyecto de graduación, la meta es cumplir el cronograma a cabalidad y con las exactitud que se muestra, de acuerdo con este diagrama, el proyecto se estaría finalizando el 13 de julio, con la defensa a realizarse en el periodo del periodo del 3 al 7 de agosto.

B. Descripción de proceso productivo

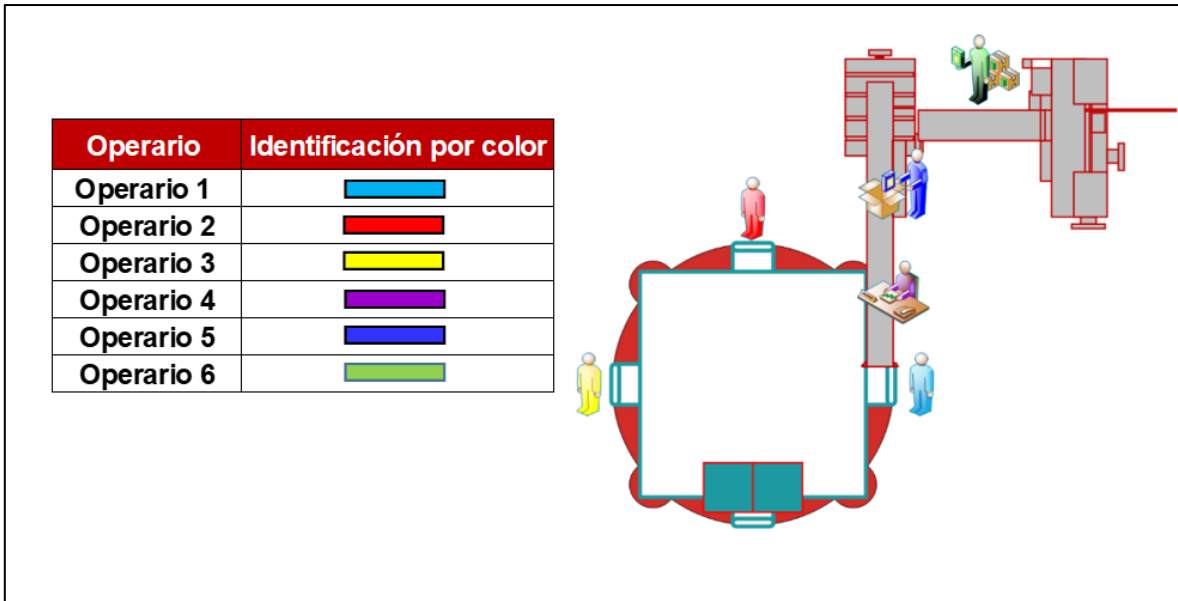
El proceso productivo que se realiza en el Focus Factory SCD, se desarrolla por medio de la manipulación de los operarios a los equipos, es importante aclarar que para el proyecto se toman en cuenta ocho máquinas del área, las cuales se mencionan en el cuadro No.9 y son las que realizan el cambio de papel.

Cuadro No. 9. Máquinas consideradas dentro del proyecto en estudio

Equipos dentro del estudio
A-07
A-08
T-09
T-10
T-12
T-13
T-16
T-17

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta equipos en estudio el 23 de mayo del 2020

En los equipos mencionados se dan variaciones en los modelos que se trabajan, los modelos van a cambiar por su tamaño o en algunos casos por los colores utilizados en su materiales, también hay diferencias con respecto a la forma de las piezas, sin embargo, las actividades realizadas en cada equipo durante el proceso se mantiene igual en todos, a continuación se adjunta la figura No. 12 donde se muestra la distribución de operarios en la máquina y en el Cuadro No. 10 un diagrama de flujo del proceso realizado.



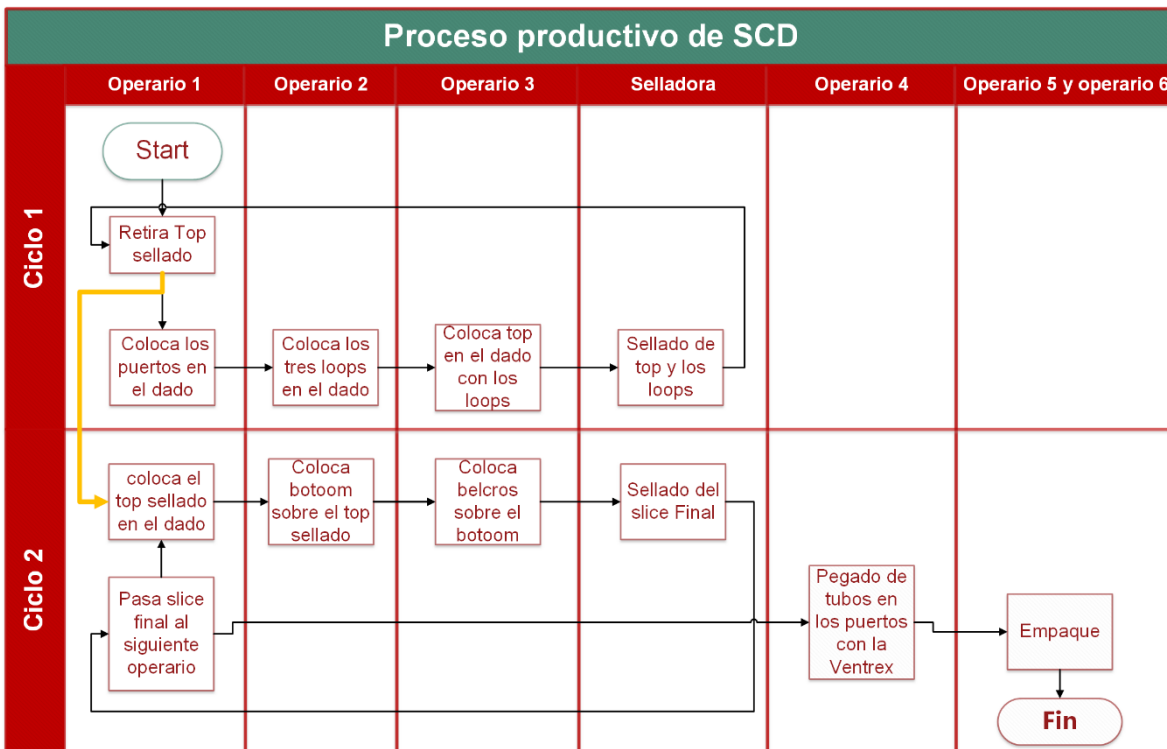
Fuente: Elaboración propia por medio de software Visio el 26 de marzo del 2020 tomando en cuenta la distribución de los operarios alrededor de la máquina y su área de empaque.

Figura No. 12. Representación de la distribución por cada máquina en el Focus Factory SCD.

La figura No. 12 permite visualizar la forma en que normalmente los operarios se distribuyen en el equipo para realizar el proceso, cada uno de estas personas tiene como responsabilidad realizar una serie de actividades que contempla el proceso, en cada una de esas posiciones específicas.

La forma cuadrada y de color verde en la en la figura No.12 representa la selladora que también cumple una función importante porque es en esta posición donde se encuentra la plancha que utiliza el papel. En el cuadro No.10 se adjunta un diagrama de flujo del proceso realizado.

Cuadro No. 10. Diagrama de flujo proceso Focus Factory SCD.



Fuente: Elaboración propia por medio de la información recolecta en las caminatas gemba en SCD el 24 de mayo del 2020.

El diagrama de flujo se divide en dos ciclos para facilitar la representación de todas las tareas, debido a que la máquina tiene forma circular y se mantiene girando constantemente, es decir, con cada giro el operario deberá realizar una actividad diferente a la que realizó con el giro anterior.

En el diagrama la flecha en color amarillo representa la unión de los ciclos, es decir, en el primer giro el operario 1 retira el top sellado y en el siguiente lo coloca en el dado de la máquina para que se puedan realizar sobre este las actividades del ciclo 2.

En el primer giro realizan las tareas que se muestran en el ciclo 1 y con el siguiente giro de la máquina deben de realizar las tareas del ciclo 2; cuando se completa el segundo ciclo, el operario 1 entrega la pieza terminada al operario 5 para que se

realice el proceso de empaque. En el apéndice 1 y el 2 se adjuntan las partes utilizadas para la producción de los Slices.

C. Mapeo del proceso de cambio de papel

Se presenta por medio de diferentes técnicas el paso a paso del proceso de cambio de papel, con un diagrama de flujo analítico y también con diagramas de recorrido de cada una de las máquinas que son parte del estudio. Primeramente se realizó un diagrama de flujo analítico, este se adjunta seguidamente en el cuadro No. 11.

Cuadro No. 11. Diagrama de flujo analítico del proceso.

Diagrama de flujo Analítico del proceso										
Metodo		<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto							
Tipo		<input checked="" type="checkbox"/> Operario	<input type="checkbox"/> Material							
Objetivo	Reconocer el proceso de cambio de papel, así como el tiempo y distancia recorrida	Actividad	Actual	Propuesta	Reducción					
		Operación	34							
Actividad	Cambio de papel	Transporte	9							
		Inspección	2							
		Demora	0							
		Almacen	0							
Lugar	Focus Factory SCD en las instalaciones de Medical Industries	Distancia (Metros)	[50.79 - 69.69]							
		Tiempo (Minutos)	12.221 ± 1.448							
Descripción		Distancia (Metros)	Tiempo (segundos)	SIMBOLO			Observaciones			
				○	□	⊠		⇒	D	▽
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	12.93	28.21							
2	Cortar el papel requerido para la máquina		16.80							
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	12.93	28.21							
4	Colocar papel y herramientas en el carrito		0.98							
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	[4.93 - 23.83]	24.00							
6	Detener la producción de la máquina		0.83							
7	Passar a modo manual		0.23							
8	Bajar la prensa de la máquina		2.50							
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel		0.26							
10	Levantar la prensa de la máquina		2.62							
11	Passar a modo automático		0.23							
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	5	1.92							
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes		0.57							
14	Dirigirse al panel principal	4	3.12							
15	Guardar cambios oprimiendo Reset		0.33							
16	Girar tomamesa hasta la ventana adecuada		20.03							
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa		0.96							
18	Colocar la plancha en el carrito	1	3.42							Se requiere colaboracion de otro Tecnico
19	Aflojar los tornillos		76.06							Lo hacen entre dos para hacerlo mas rapido
20	Quitar los marcos de cada lado		16.48							
21	Quitar papel a cambiar		1.66							
22	Colocar nuevo papel		5.79							Deben ajustarlo a los diametros de los huecos
23	Colocar un marco y tornillos		18.63							
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel		147.31							
25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel		4.06							
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel		179.17							
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha		3.30							Si quedan la maquina presentara problemas de sellado
28	colocar los marcos faltantes		12.36							
29	Atomillar marcos faltantes		57.06							
30	Cortar exceso de papel de los lados		33.05							
31	Levantar plancha del carrito		0.96							
32	Colocarla en la tornamesa	1	3.42							
33	Verificar que la plancha calza bien		4.10							
34	Ir hasta el panel de la máquina	4	3.12							
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa		1.32							
36	Girar tomamesa para colocar plancha en la prensa		20.03							
37	Cambiar giro de la tornamesa		1.32							
38	Passar a modo manual		0.23							
39	Bajar la prensa hasta la plancha		2.50							
40	Capturar con la prensa la plancha		0.26							
41	Subir la prensa a su posición Inicial		2.62							
42	Passar a modo automático		0.24							
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	5	1.92							
44	Normalizar la velocidad de la máquina		0.57							
45	Cerrar la puerta de control		0.20							
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción		0.30							

Fuente: Elaboración propia tomando en consideración los pasos del proceso el 15 de marzo del 2020.

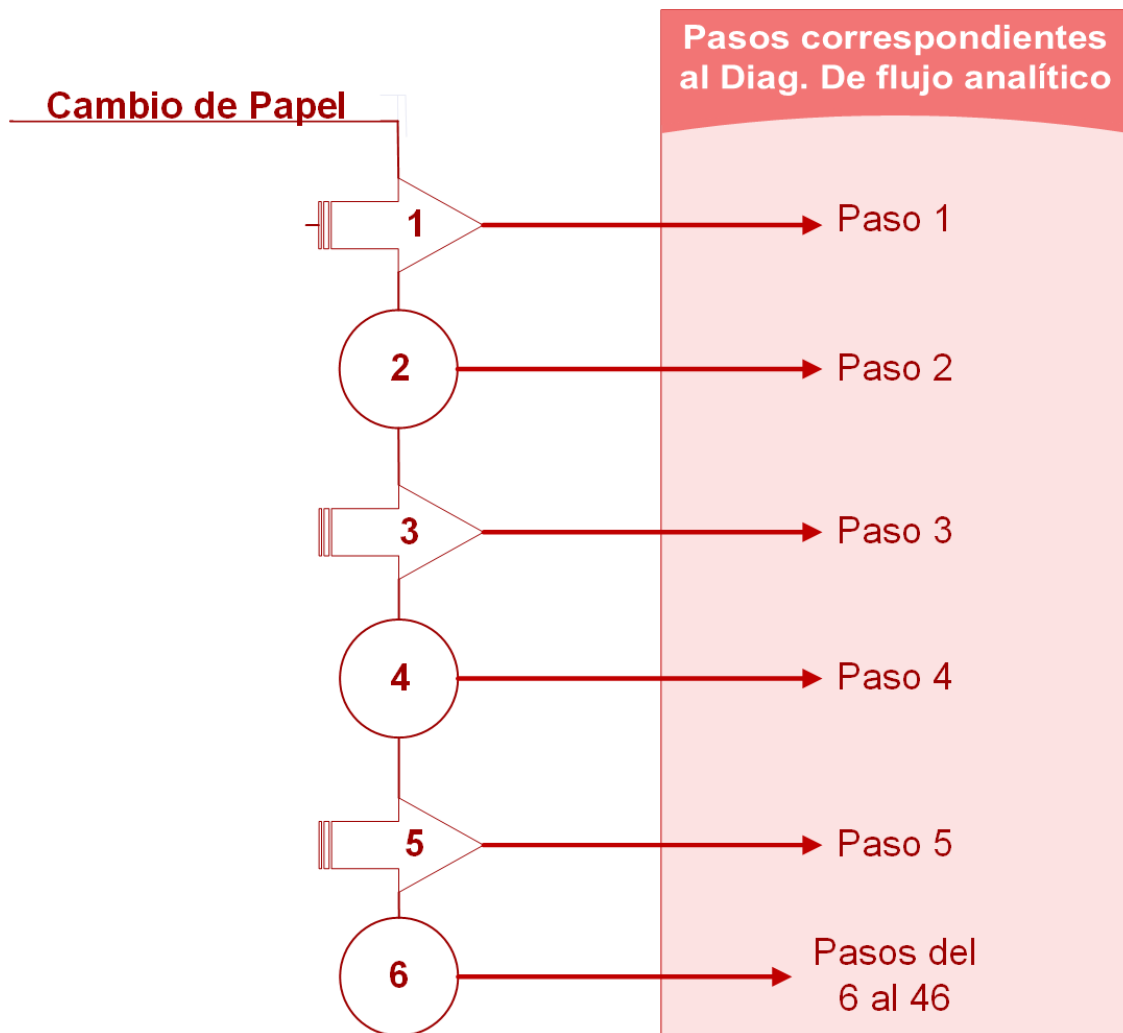
Este diagrama es general para todas las máquinas que tienen que realizar el proceso, por lo que se muestra un tiempo promedio para todas las máquinas, en relación con las distancias se da un rango, la distancia exacta por cada uno de los equipos se desglosa posteriormente en los diagramas de recorrido. Como se puede observar el proceso de cambio de papel contempla la realización de treinta y cuatro operaciones, nueve traslados y dos inspecciones.

Este proceso inicia saliendo desde el área de mantenimiento del Focus SCD cuando por medio de los radios de los líderes, se emite una alerta indicando la necesidad de un cambio de papel, de esta forma los técnicos proceden a dirigirse hasta la mesa donde deben cortar el papel que será posteriormente diseñado de acuerdo con la plancha que utilice la máquina, después regresan con el papel y lo cargan a su carrito al igual que los demás materiales, después se dirigen a la máquina donde proceden a realizar desde el paso 6 hasta el 46 del diagrama de flujo.

El proceso completo dura 12.221 minutos con una variación de 1.448 minutos, este tiempo será validado en el transcurso del estudio, por medio de la recolección y análisis de tiempos del proceso actual. Por otro lado, la distancia recorrida se encuentra entre los 50.79 metros y los 69.69 metros, debido a que cada equipo se encuentra en una ubicación diferente a los demás.

Es importante recalcar que las actividades que requieren mayor tiempo durante el proceso son la que se realizan para diseñar el papel sobre la plancha, estas actividades inician del punto 22 a la 27 del diagrama para un total de 5.971 minutos.

Siguiendo con el mapeo del proceso de cambios de papel, se realizan los diagramas de recorrido por cada una de las máquinas. Con el fin de comprender el significado de los símbolos y numeración utilizada en el diagrama se adjunta la figura No. 13 que muestra a través de un flujo a que paso del diagrama de flujo analítico corresponde ese símbolo en el diagrama de recorrido.

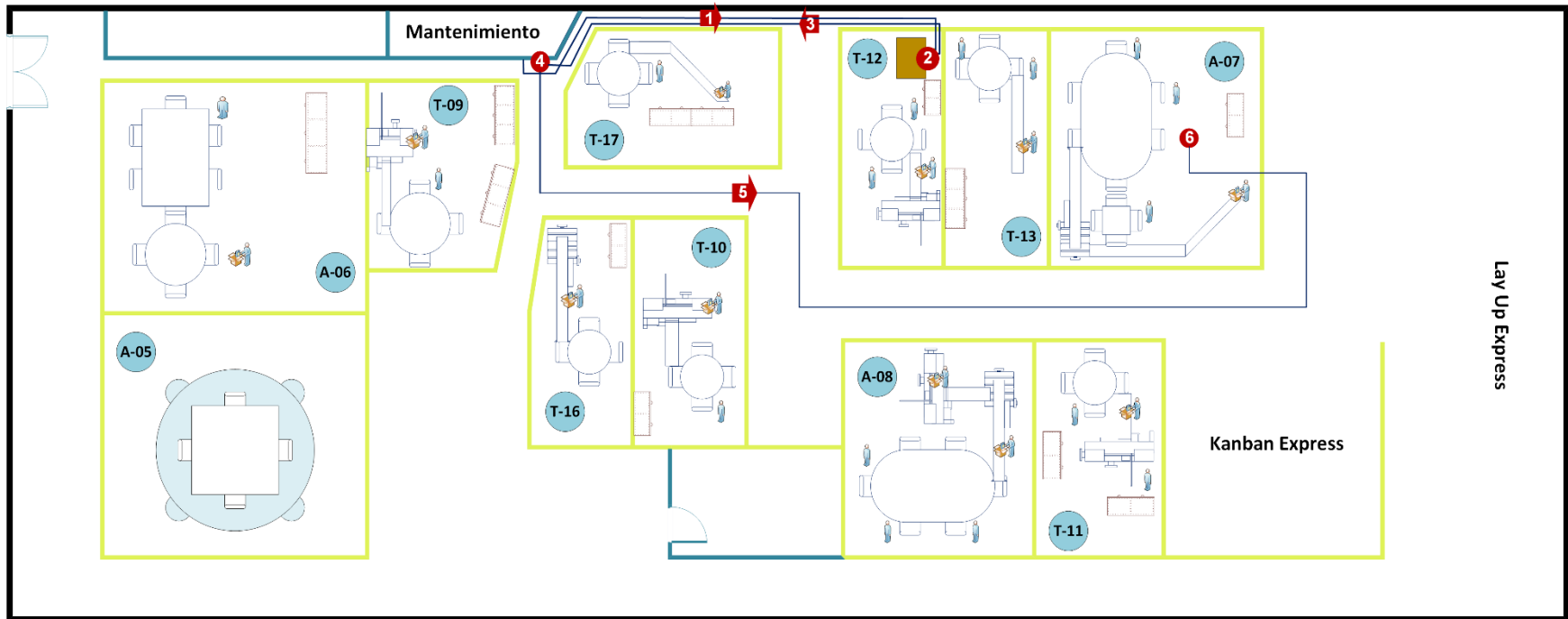


Fuente: Elaboración propia el 13 de marzo del 2020.

Figura No. 13. Simbología utilizada en los diagramas de recorrido respecto al diagrama de flujo analítico.

De la figura No. 13 se entiende que del paso 6 hasta el 46 del proceso de cambio de papel, se va a representar en el diagrama de recorrido como la operación 6, debido a que todos estos pasos son realizados propiamente en la máquina, por otro lado, del paso 1 hasta el 5 del diagrama de flujo analítico según se muestra en el diagrama de recorrido, cada uno va a tener su representación con su respectiva numeración.

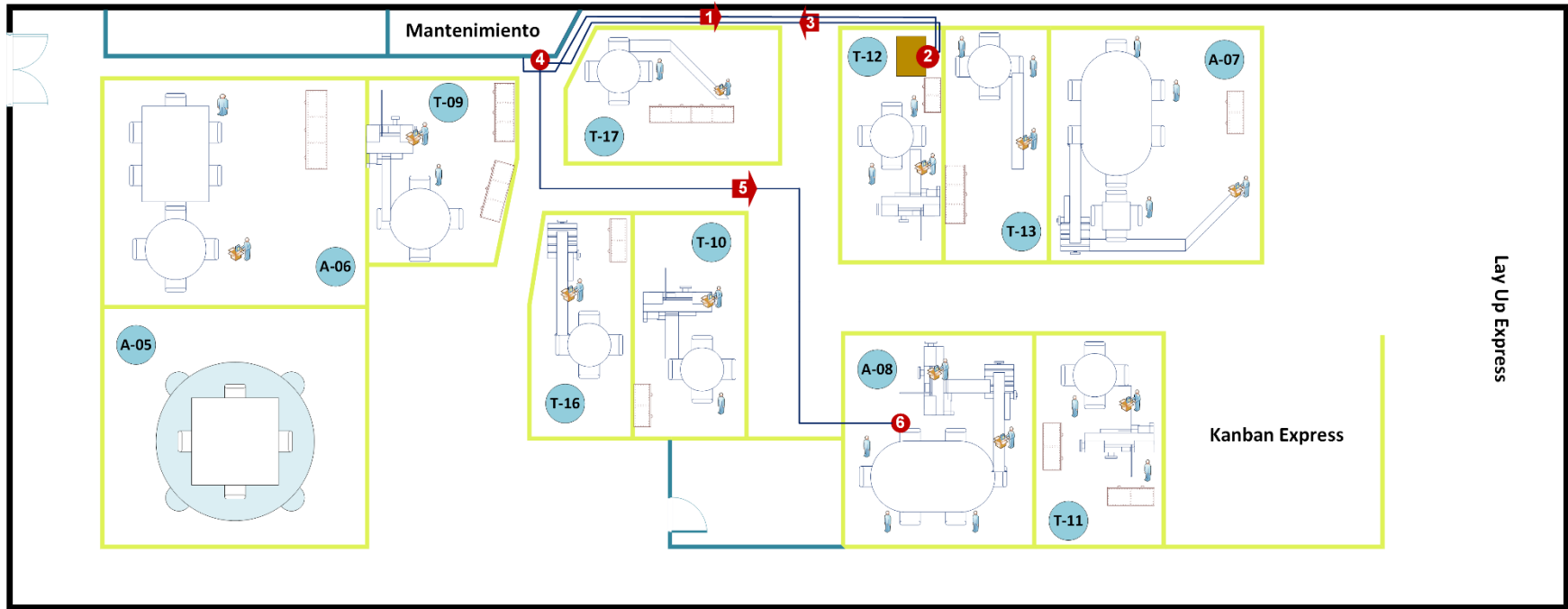
Primeramente, se adjunta el diagrama de recorrido de la línea A-07, para la realización del cambio de esta se recorre un total de 48.71 metros y este es el valor mayor con respecto a las demás.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 16 de Marzo del 2020.

Figura No. 14. Diagrama de recorrido máquina A-07.

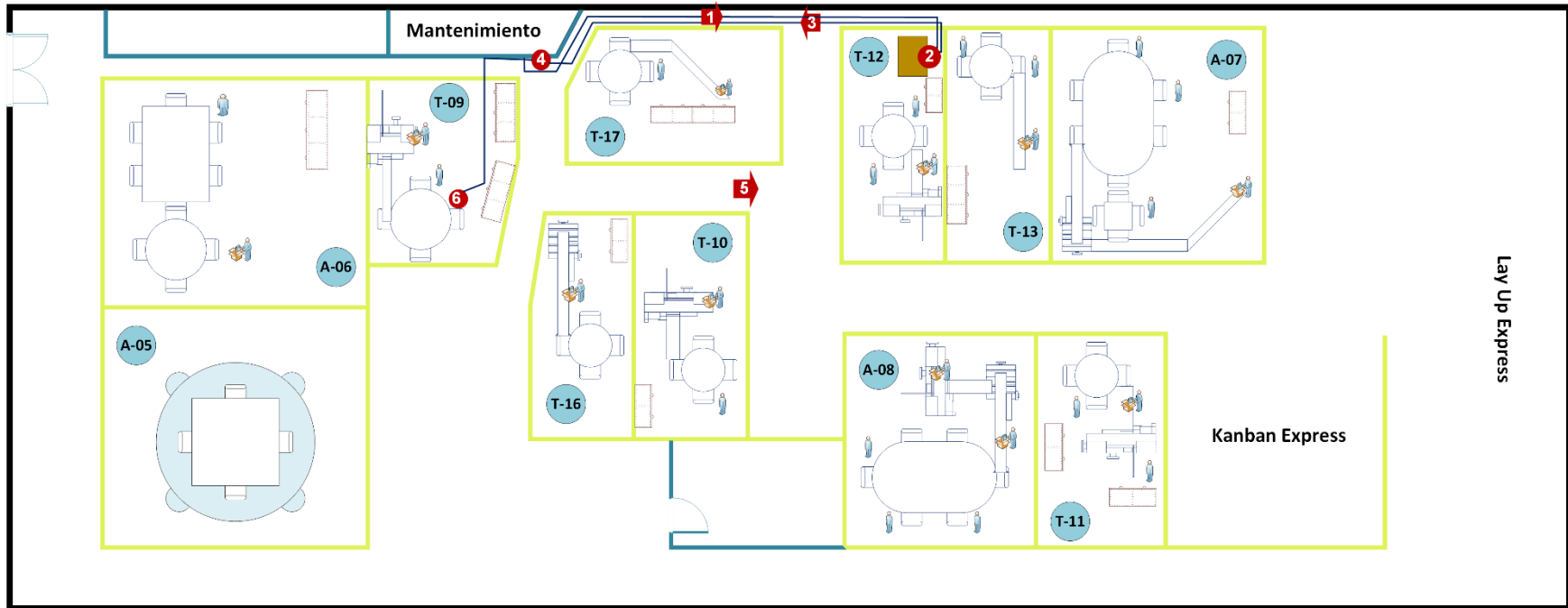
En el caso de la máquina A-08 para realizar su cambio de papel los técnicos de mantenimiento deben de transitar 44.05 metros, el diagrama de recorrido para este proceso se muestra en la figura No. 15 a continuación.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 16 de Marzo del 2020.

Figura No. 15. Diagrama de recorrido máquina A-08.

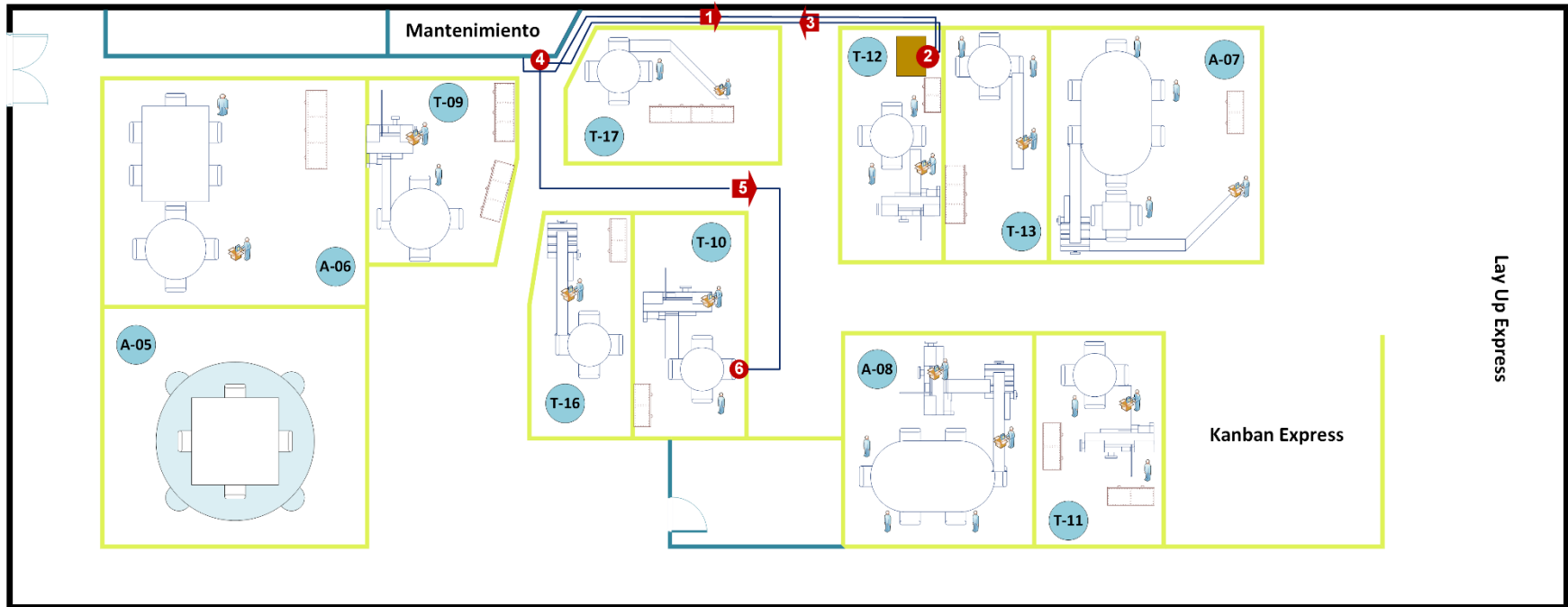
La siguiente máquina que se muestra en el diagrama es la T-09, la cual se encuentra relativamente cercana al área de mantenimiento por lo tanto, el recorrido es menor que los demás con un valor de 32.96 metros de recorrido.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 16 de Marzo del 2020.

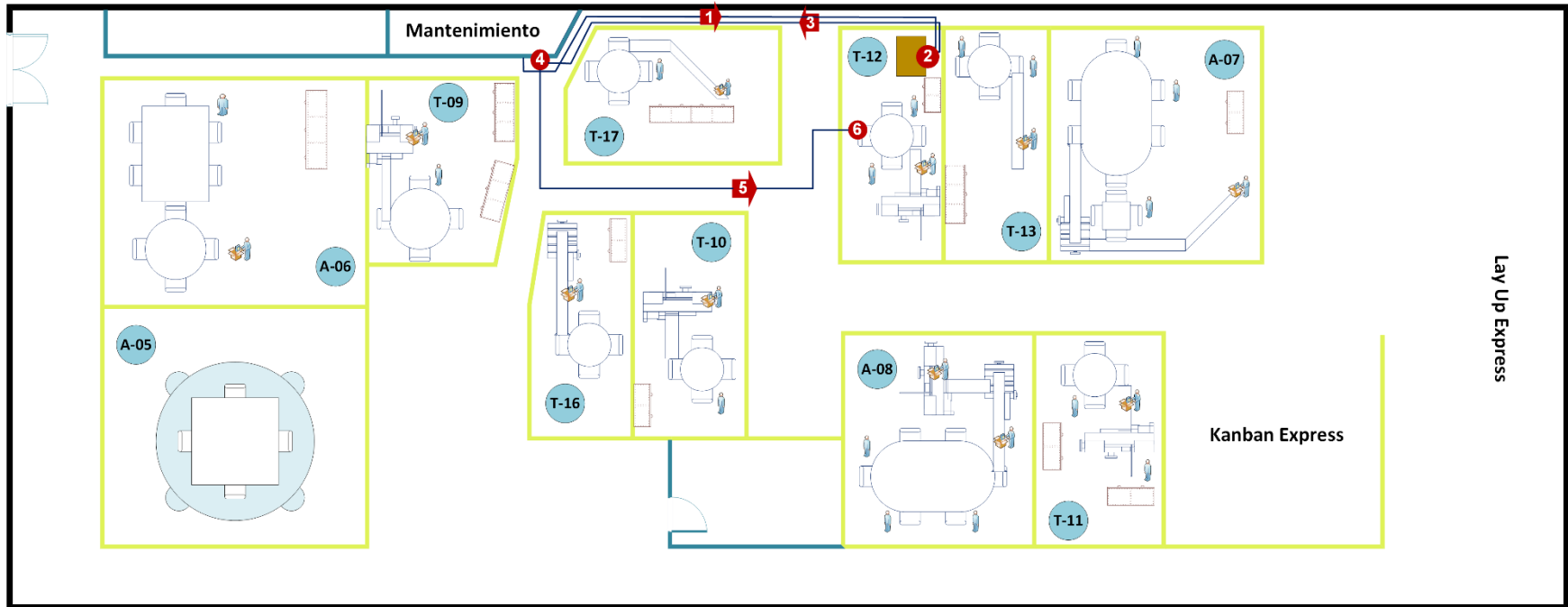
Figura No. 16. Diagrama de recorrido máquina T-09.

Por otro lado, la figura No. 17 muestra el recorrido hacia la máquina T-10 para la cual los operarios deben de caminar un total de 37.71 metros, también se adjunta el diagrama de recorrido de la figura No. 18 para mostrar el desplazamiento realizado para proceder con el proceso de cambio de papel en la T-12.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 16 de Marzo del 2020.

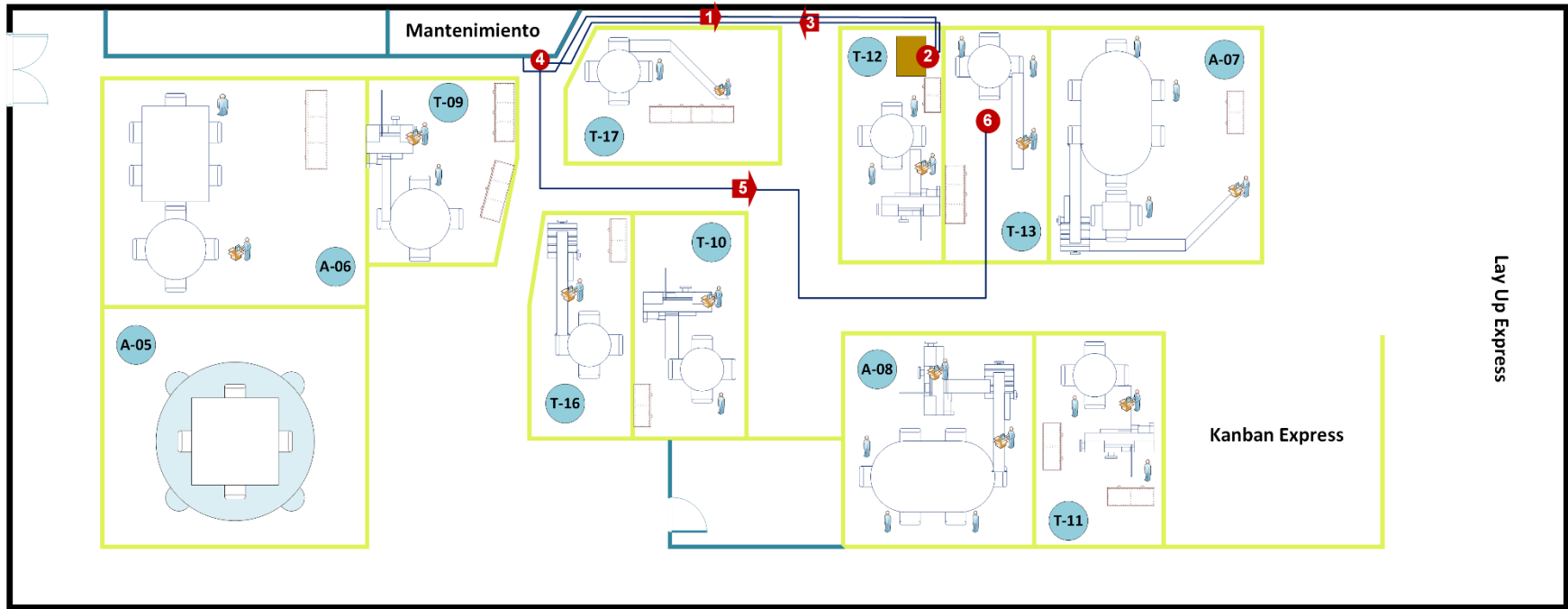
Figura No. 17. Diagrama de recorrido máquina T-10.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 17 de Marzo del 2020.

Figura No. 18. Diagrama de recorrido máquina T-12.

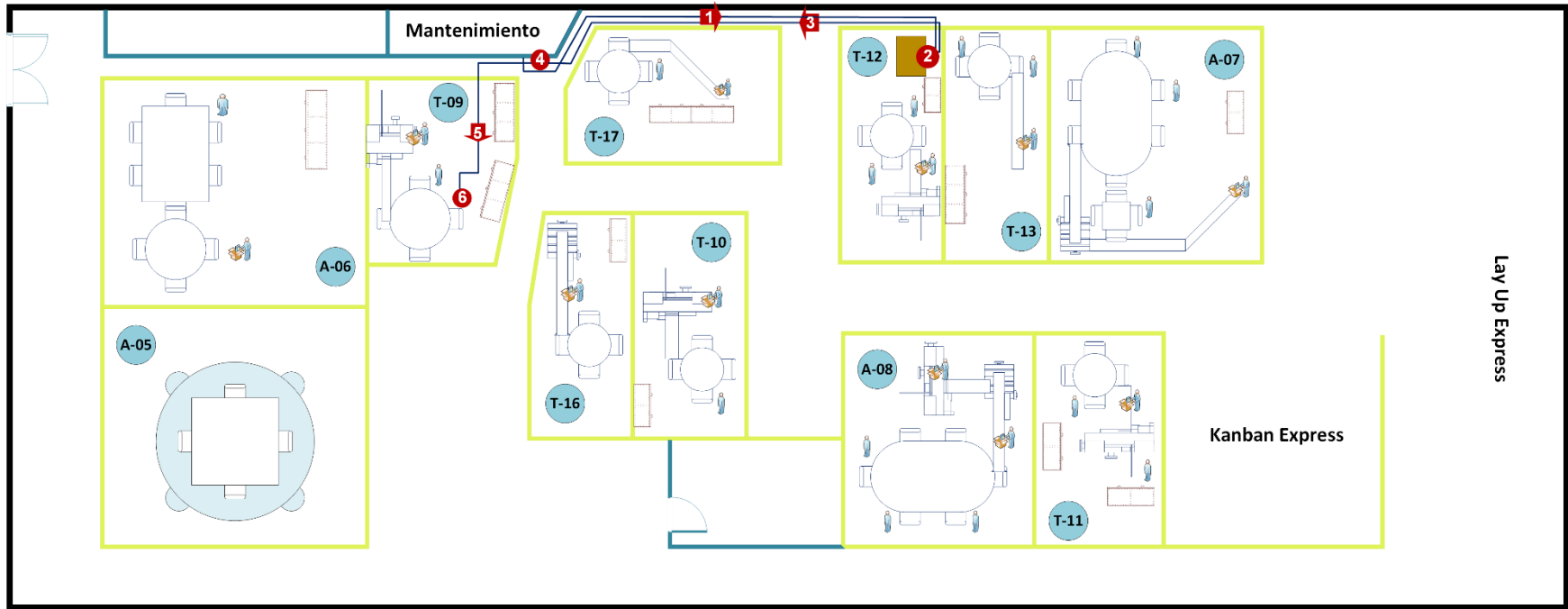
Hasta la T-12 se recorren 37.79 metros, como se puede ver en la figura No. 18, esta es la otra máquina que se encuentra cercana al área de mantenimiento. Se presenta la figura No. 19 con el plano del recorrido hasta la T-13.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 17 de Marzo del 2020.

Figura No. 19. Diagrama de recorrido máquina T-13.

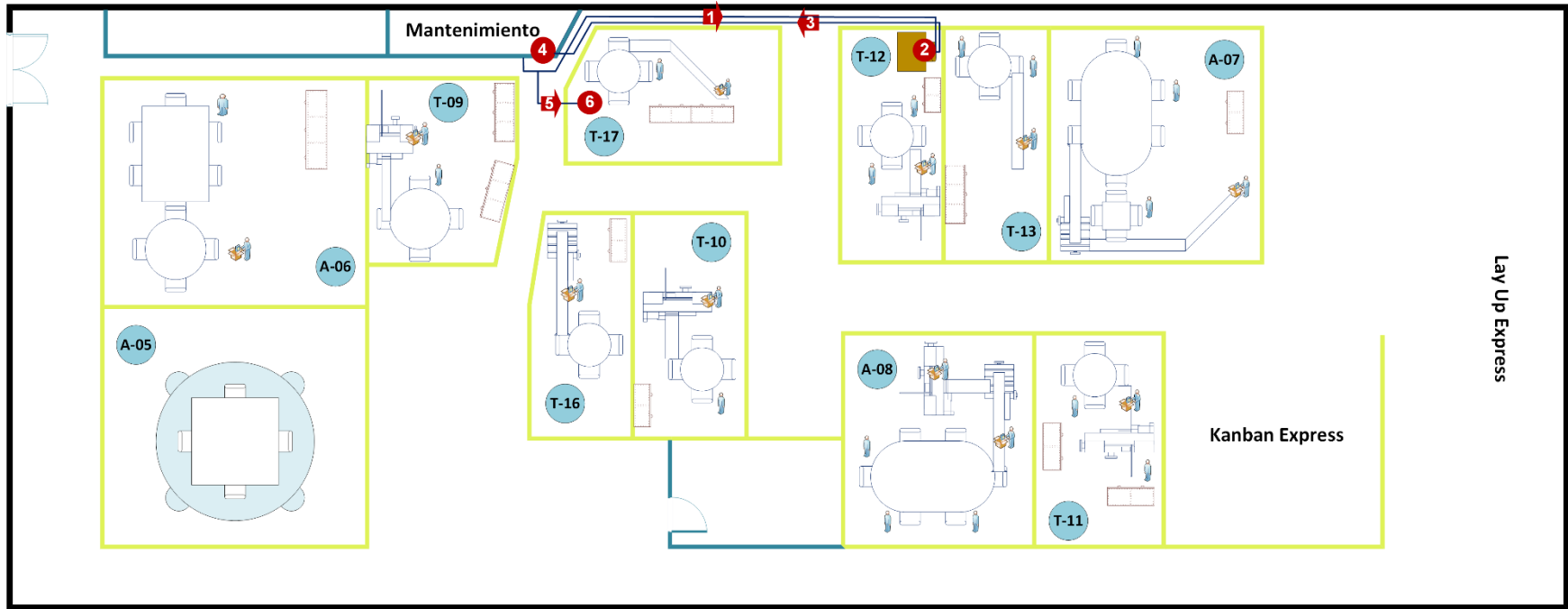
Los técnicos encargados realizan un desplazamiento de 46.35 metros hasta la línea T-13. Por último, se agregan los recorridos hacia las maquinas T-16 y T-17, siendo la figura No. 20 y la figura No. 21 respectivamente.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 17 de Marzo del 2020.

Figura No. 20. Diagrama de recorrido máquina T-16.

Por parte de la T-16 se trasladan para la operación 32.85 metros y para la realización del proceso en la T-17 se trasladan 25.79 metros.



Fuente: Elaboración propia por medio de las distancias tomadas en el área de estudio, realizado el 18 de Marzo del 2020.

Figura No. 21. Diagrama de recorrido máquina T-17.

Para obtener mayor orden y comprensión de los recorridos realizados se adjunta el cuadro No. 12, este muestra un resumen de las distancias recorridas hacia cada una de las máquinas. Es importante observar como la mayor distancia recorrida se debe al desplazamiento para la recolección del papel, es decir, existe una mala distribución de los materiales.

Cuadro No. 12. Resumen de recorridos.

Máquina	Distancia (metros)
A-07	48.71
A-08	44.05
T-09	32.96
T-10	37.71
T-12	37.79
T-13	46.35
T-16	32.85
T-17	25.79

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos en la toma de medidas del área el 18 de marzo del 2020.

Como se muestra en el cuadro No. 12, la máquina A-07 es la que requiere un mayor desplazamiento, seguida de la T-13, y por el contrario, la T-17 presenta un menor recorrido para los técnicos ya que posee la ubicación más próxima al área de mantenimiento donde se encuentran los materiales requeridos para el proceso de cambio de papel. La distancia recorrida para cada una va a influir en el tiempo total para realizar el cambio, sin embargo, estos valores se van a conocer concretamente con el desarrollo del muestreo.

D. Igualdad de la duración del proceso en los turnos

El proceso en estudio no se realiza constantemente durante cada turno de trabajo y la recolección de las muestras totales que arroje el plan de muestreo puede complicarse al evaluar individualmente los cuatro turnos, por lo tanto, se procede a evaluar la igualdad del comportamiento entre turnos para realizar un muestreo considerando solamente dos turnos.

Se procede a realizar pruebas de hipótesis para verificar que los tiempos de las máquinas en los turnos día (1 y 2) se comporten estadísticamente igual, el mismo procedimiento se realiza para los turnos nocturnos (3 y 4). Los datos utilizados para

el análisis de las hipótesis se toman de la base de datos del software “OEE Studio” de la compañía, considerando los datos del mes de enero hasta junio del año 2019.

1. Pruebas de hipótesis para el turno diurno.

Para las pruebas se recolectaron 20 datos por cada una de las maquinas, seguidamente, se adjunta el cuadro No. 13, donde se muestran las hipótesis formuladas para los turnos diurnos, el tiempo de cambio de papel se representa con una “X”. Las pruebas realizadas se encuentran adjuntas en el apéndice 7 y el apéndice 8, por otro lado, los datos utilizados en estas pruebas son normales y tienen varianzas iguales y se pueden validar los resultados en el apéndice 11.

Cuadro No. 13. Formulación hipótesis para los turnos del día.

Prueba No	Formulación Hipótesis
1	Ho: X A-07 Turno 1 = X A-07 Turno 2 H1: X A-07 Turno 1 \neq X A-07 Turno 2
2	Ho: X A-08 Turno 1 = X A-08 Turno 2 H1: X A-08 Turno 1 \neq X A-08 Turno 2
3	Ho: X T-09 Turno 1 = X T-09 Turno 2 H1: X T-09 Turno 1 \neq X T-09 Turno 2
4	Ho: X T-10 Turno 1 = X T-10 Turno 2 H1: X T-10 Turno 1 \neq X T-10 Turno 2
5	Ho: X T-12 Turno 1 = X T-12 Turno 2 H1: X T-12 Turno 1 \neq X T-12 Turno 2
6	Ho: X T-13 Turno 1 = X T-13 Turno 2 H1: X T-13 Turno 1 \neq X T-13 Turno 2
7	Ho: X T-16 Turno 1 = X T-16 Turno 2 H1: X T-16 Turno 1 \neq X T-16 Turno 2
8	Ho: X T-17 Turno 1 = X T-17 Turno 2 H1: X T-17 Turno 1 \neq X T-17 Turno 2

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta la formulación de hipótesis de acuerdo a la estadística, el 28 de junio del 2020.

En el cuadro No. 14 se presentan los resultados obtenidos. Las pruebas realizadas se encuentran adjuntas en el apéndice 7 y el apéndice 8, por otro lado, los datos

utilizados en estas pruebas son normales y tienen varianzas iguales y se pueden validar los resultados en el apéndice 11.

Cuadro No. 14. Resumen resultados de las pruebas de hipótesis en los turnos diurnos.

Resultados pruebas de hipótesis turnos diurnos		
Maquina	Valor T	Valor P
A-07	1.54	0.132
A-08	0.66	0.511
T-09	0.88	0.383
T-10	-0.32	0.749
T-12	1.78	0.083
T-13	-0.46	0.651
T-16	1.37	0.180
T-17	0.67	0.505

Fuente: Realización propia con los datos recolectados en las pruebas el 24 de mayo del 2020.

La prueba de hipótesis generada para la máquina A-07 en el turno 1 y el turno 2 obtiene un valor de p de 0.132, superior al 0.05 de significancia propuesto. Se identifica una similitud significativa entre las dos muestras, es decir, el comportamiento de ambos turnos de trabajo en los tiempos de cambio de papel es significativamente igual. El comportamiento de la A-08 en ambos turnos diurnos es significativamente igual con un valor de p mayor a 0.05 de 0.511. Por otro lado, la T-09 también es significativamente igual en el turno 1 y el 2 con el valor de p igual a 0.383.

En el caso de la máquina T-10 con un p de 0.749 se acepta la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de los tiempos de cambio para el turno 1 y el turno 2 es significativamente igual. La T-12 tiene un valor de p de 0.083 por lo que la hipótesis nula también es aprobada y se puede concluir que en ambos turnos el resultado de los tiempos es significativamente igual y se pueden trabajar conjuntamente sin alterar los resultados de los análisis posteriores.

Por último, se realiza la prueba en la máquina 13, 16 y 17 con las que se concluye que todas ellas tienen un comportamiento significativamente igual en el turno 1 y el turno 2 al no rechazar la hipótesis nula, en todas las pruebas el valor de p es mayor a 0.05.

2. Pruebas de hipótesis para el turno nocturno.

Por medio del mismo procedimiento, ejecutado para las celdas en el turno diurno, se realizan las pruebas para cada uno de los equipos de los turnos correspondientes a la noche (turno 3 y turno 4), en el cuadro No. 15, están formuladas las hipótesis del turno nocturno, para este caso, el tiempo de cambio de papel también se representa con una "X".

Cuadro No. 15. Formulación hipótesis para los turnos de la noche.

Prueba No	Formulación Hipótesis
1	Ho: X A-07 Turno 3 = X A-07 Turno 4 H1: X A-07 Turno 3 ≠ X A-07 Turno 4
2	Ho: X A-08 Turno 3 = X A-08 Turno 4 H1: X A-08 Turno 3 ≠ X A-08 Turno 4
3	Ho: X T-09 Turno 3 = X T-09 Turno 4 H1: X T-09 Turno 3 ≠ X T-09 Turno 4
4	Ho: X T-10 Turno 3 = X T-10 Turno 4 H1: X T-10 Turno 3 ≠ X T-10 Turno 4
5	Ho: X T-12 Turno 3 = X T-12 Turno 4 H1: X T-12 Turno 3 ≠ X T-12 Turno 4
6	Ho: X T-13 Turno 3 = X T-13 Turno 4 H1: X T-13 Turno 3 ≠ X T-13 Turno 4
7	Ho: X T-16 Turno 3 = X T-16 Turno 4 H1: X T-16 Turno 3 ≠ X T-16 Turno 4
8	Ho: X T-17 Turno 3 = X T-17 Turno 4 H1: X T-17 Turno 3 ≠ X T-17 Turno 4

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta la formulación de hipótesis de acuerdo a la estadística, el 28 de junio del 2020.

Los resultados obtenidos mediante la realización de las pruebas de hipótesis se adjuntan en el cuadro No. 16 a continuación.

Cuadro No. 16. Resumen resultados de las pruebas de hipótesis en los turnos nocturnos.

Resultados pruebas de hipótesis turnos nocturnos		
Maquina	Valor T	Valor P
A-07	-0.12	0.909
A-08	1.79	0.081
T-09	0.31	0.759
T-10	1.55	0.13
T-12	1.42	0.164
T-13	1.54	0.132
T-16	-1.51	0.140
T-17	-1.04	0.303

Fuente: Realización propia con los datos recolectados en las pruebas el 24 de mayo del 2020.

En la primera prueba realizada a la A-07 la hipótesis nula no es rechazada con un p mayor a la significancia, en la línea A-08 se obtiene también un resultado por encima de 0.05, es decir, para ambas los resultados de los tiempos de cambio de papel son significativamente igual en los dos turnos.

El comportamiento general en todas las máquinas T's indica por medio de las pruebas de Hipotesis realizadas que en estas se realizan los cambios en tiempos significativamente iguales, es decir, para todas las pruebas el valor de p es mayor al grado de significancia de 0.05.

3. Resultado de las pruebas

Por medio de las pruebas de hipótesis realizadas a los diferentes turnos se concluye que para ambos (turno diurno y turno nocturno) sus subdivisiones tienen resultados significativamente iguales, por esa razón en el proyecto se desarrolla una recolección de datos que contemple dos turnos los cuales son el turno diurno que

tiene datos del turno 1 y el turno 2, por otro lado, el turno nocturno que contempla los datos pertenecientes al turno 3 y al turno 4.

E. Plan de recolección de Datos

Una vez que se conoce que los datos de los turnos del día y de la noche se comportan estadísticamente igual, se procede a realizar el plan de muestreo. En el cuadro No.17, se adjuntan las variables que han sido tomadas en cuenta en el plan de recolección de datos del proyecto, el resumen de variables del plan de muestreo se realiza según Badilla F, Vargas B, Víquez O, García J (2020).

Cuadro No. 17. Variables del plan de muestreo.

Variables	Descripción	Tipo de Variable	Fuente
Tiempo promedio de cambio de papel	<p>Duración promedio del proceso de cambio de papel en la actualidad. Este tiempo incluye la sustitución del papel dañado por uno nuevo que ha sido diseñado por los técnicos de mantenimiento. El resultado se obtiene pro medio de los datos recolectados en el muestreo.</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ <p>x= Tiempo de cambio de papel i n= Número de muestras de tiempo</p>	Cuantitativa, Continua	Muestreo del proceso y Análisis Estadístico
Número de cambios de papel	Número de cambios de papel que se realizan en los equipos mensualmente.	Cuantitativa, Discreta	Muestreo del proceso y Análisis Estadístico
Tiempo promedio de cambio por equipo	<p>Duración promedio del cambio de papel en cada máquina de trabajo. Para este cálculo se utilizan los datos recolectados por máquina.</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ <p>x= Tiempo de cambio de papel en la máquina i n= Número de muestras de tiempo en el máquina</p>	Cuantitativa, Continua	Muestreo del proceso y Análisis Estadístico
Tiempo promedio de cambio por turno	<p>Duración promedio del cambio de papel en cada turno de trabajo. Para este cálculo se utilizan los datos recolectados por turno.</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ <p>x= Tiempo de cambio de papel en el turno i n= Número de muestras de tiempo en el turno</p>	Cuantitativa, Continua	Muestreo del proceso y Análisis Estadístico
Produccion equivalente al tiempo de cambio de papel	Número de unidades que se pueden producir en el tiempo destinado a realizar cambios de papel en los equipos.	Cuantitativa, Discreta	Muestreo del proceso y Análisis matemático

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta el artículo Analysis of the Installed Productive Capacity in a Medical Angiography Room through Discrete Event Simulatio, el 16 de julio del 2020.

1. Pre-muestreo

Se procede a realizar un pre-muestreo en el que se considera como base un turno día y un turno noche general, se toman 20 muestras por cada una de las máquinas en ambos turnos, los datos se adjuntan en el apéndice 12 para el turno diurno y en el apéndice 13 para turno nocturno.

Estos datos son recolectados durante dos semanas y la frecuencia con la que se toman las muestras depende del proceso, es decir, los cambios de papel no son ejecutados en un proceso constante, por lo tanto, las muestras se toman siempre y cuando se realicen estos cambios.

2. Cálculo de la n del muestreo

Por medio del plan de pre-muestreo se recolectan los datos necesarios para realizar un análisis estadístico que indique la cantidad de muestras necesarias en el muestreo general, tomando en cuenta la desviación de los datos, la t de la muestra y el error permitido por la compañía.

En conjunto con ingenieros de la empresa que están enfocados con el área del estudio, se determina un error máximo aceptable es de 75 segundos, es decir 1.25 minutos, esto considerando las condiciones actuales del proceso y su variabilidad en los equipos.

Dado este parámetro anterior, se determina que se debe recolectar un tamaño de muestra igual para cada equipo por turno siempre y cuando se cumpla que el error no sobrepase los 1.25 minutos.

- Cálculo de la n para el turno Diurno:

Seguidamente, se adjunta el resultado del análisis estadístico por medio del cual se calcula una n para el muestreo de cada máquina, los resultados derivados del análisis estadístico se encuentran en el cuadro No. 18. A continuación, los resultados completos se encuentran en el apéndice 9.

Cuadro No. 18. Resultados para el cálculo de las muestras por recolectar en el estudio para el turno día.

Calculo de la n para las maquinas en el turno diario				
Maquina	t	σ	e	n
A-07	2.262	3.469	1.013	60
A-08		2.675	0.781	
T-09		3.341	0.976	
T-10		3.024	0.883	
T-12		3.750	1.095	
T-13		3.310	0.966	
T-16		3.332	0.970	
T-17		3.750	1.095	

Fuente: Realización propia con los datos calculados del análisis estadístico por medio de Excel el 24 de mayo del 2020.

El resumen estadístico indica para las máquinas A-07 y A-08 con un tamaño de muestra igual a 60, poseen errores de 1.013 minutos y 0.781 respectivamente. Para la A-08, en la T-09 se toma en cuenta un t de 2.262 arrojando una desviación de 3.341 minutos y al establecer una n de 60 se obtiene 0.976 minutos de error, por otro lado, para la máquina T-10 se obtiene una desviación estándar de 3.024 minutos y un error de 0.883.

Con respecto a la línea T-12 se tiene que el error es de 1.095 minutos con una desviación de 3.750 minutos en los datos del pre-muestreo y para la celda T-13 si se toman como en las anteriores 60 muestras el error obtenido corresponde a 0.966 minutos, es decir, en ambos casos se cumple con la condición solicita por la compañía.

Por último, se analizan los datos del pre-muestreo de las celdas T-16 y T-17 en el turno día, consiguiendo como resultado una desviación igual a 3.322 y 3.750 en los datos respectivamente para cada una de las líneas, con estos resultados y la n establecida de 60, el valor del error es de 0.970 para la T-16 y de 1.095 en la T-17.

- Cálculo de la n para el turno Nocturno:

Por medio del análisis estadístico al que son sometidos los datos recolectados en el pre-muestreo se obtiene que la n óptima a recolectar para el turno nocturno es igual a 40, los resultados del análisis estadístico completo se anexan en el apéndice 10.

A continuación, se presenta el cuadro resumen No. 19 con los resultados obtenidos del análisis, el resumen indica que para las máquinas A-07 y A-08 con una n igual a 40 se puede cumplir con el parámetro máximo de error.

Cuadro No. 19. Resultados para el cálculo de las muestras por recolectar en el estudio para el turno noche.

Calculo de la n para las maquinas en el turno nocturno				
Maquina	t	σ	e	n
A-07	2.262	2.685	0.960	40
A-08		2.301	0.823	
T-09		1.886	0.674	
T-10		3.053	1.092	
T-12		2.715	0.971	
T-13		3.174	1.135	
T-16		3.287	1.176	
T-17		2.699	0.965	

Fuente: Realización propia con los datos calculados del análisis estadístico por medio de Excel el 24 de mayo del 2020.

También en el cuadro No. 19 la T-09 y la T-10 con una n igual a 40 da como resultado en la primera un error de 0.674 minutos y en la segunda 1.092 minutos para el error, además, para ambos casos el error es menor a 1.25 minutos. Por otra parte, por medio del análisis estadístico la línea T-12 arroja como resultado una media de 11.107 minutos con una desviación de 2.715 minutos, además considerando el valor de la n su error es de 0.971 minutos. La máquina T-13 tiene una media de 9.596 minutos, una desviación de 3.174 minutos y arroja un error de 1.135 minutos.

Por último, la celda T-16 tienen una media de 9.086 minutos con una desviación de 3.287 minutos y considerando el valor de la n para el muestreo este tendría un error asociado de 1.176 minutos. En el caso de la T-17 tiene 9.005 minutos en el cambio de papel con una desviación de 2.699 minutos, arrojando un error asociado de 0.965 minutos para el muestreo a realizar.

3. Frecuencia y recolección de datos:

El proceso en estudio no se realiza de forma continua, por lo que la recolección de los datos se da con la frecuencia en la que se realiza el procedimiento de cambio de papel en el área producción, esto con el fin de poder recolectar los datos completos en el tiempo disponible para el proyecto.

En resumen, para el muestreo general de los datos se procede a recolectar un total de 60 muestras por cada una de las máquinas en el turno diurno y nocturno se recolectan un total de 40 muestras por cada máquina.

Se procede con la recolección de los datos para el muestreo, datos que serán posteriormente utilizados para un análisis más detallado para identificar las causas y su repercusión al problema, los datos del muestreo para el turno diurno se adjuntan en el apéndice 14 y los del turno nocturno en el apéndice 15.

F. Comportamiento del proceso en estudio.

El proceso de cambio de papel, además de tener variaciones en el tiempo, también varía en la frecuencia en que es realizado en cada máquina y cada turno, debido a que pueden ocurrir situaciones externas que hacen que se deba de cambiar el papel más de una vez en el turno de trabajo. Utilizando los datos obtenidos en el muestreo, se determina cuáles son los equipos que están realizando cambios más seguidamente y por lo tanto, generan mayor impacto en el problema planteado.

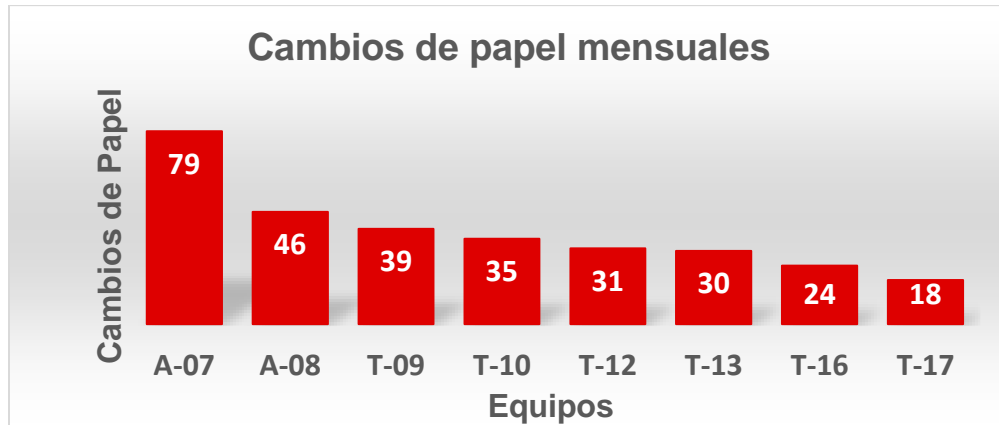
Seguidamente se adjunta el cuadro No. 20 el cual muestra la frecuencia de los cambios de papel mensualmente versus la máquina en la que estos son realizados. Además refleja el valor económico que representan los cambios con respecto a la producción de unidades.

Cuadro No. 20. Resumen de cambios versus duración e impactos.

Máquina	Promedio de cambios Mensuales	Tiempo Promedio Mensual (hrs)	Equivalencia en Unidades	Equivalencia en Dinero (\$)
A-07	79	16.09	845	5153
A-08	46	9.37	508	3098
T-09	39	7.94	106	1383
T-10	35	7.13	119	1558
T-12	31	6.31	79	704
T-13	30	6.11	137	1750
T-16	24	4.89	69	852
T-17	18	3.67	49	612
Total		61.51	1913	15123

Fuente: Elaborado con el software minitab utilizando datos de tiempos históricos del mes de diciembre del 2019 al mes marzo del 2020.

Por medio del cuadro anterior se puede observar que los cambios de papel se distribuyen en cantidades similares para todos los equipos, aunque se puede notar que la A-07 representa un mayor número de cambios con respecto a las demás con un total de 79, por otra parte, la máquina T-16 y la T-12 son las dos que tienen menos cantidad de cambios de papel con 24 y un 18 cambios respectivamente. A continuación, se adjunta la figura No. 22, representando gráficamente el comportamiento de los cambios de papel mensuales por cada una de los equipos.

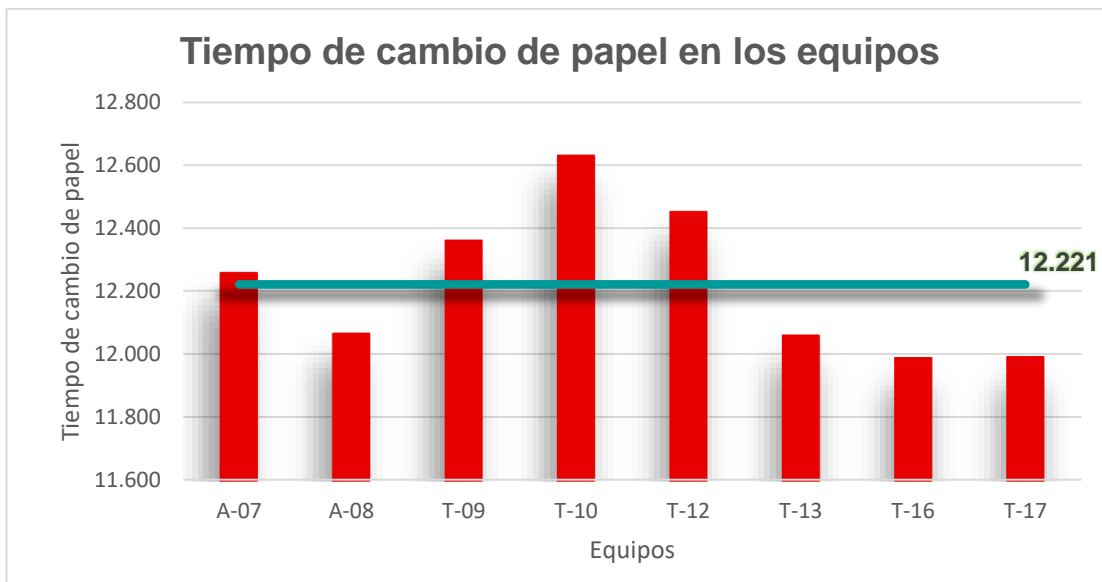


Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del muestreo el 20 de junio del 2020.

Figura No. 22. Cambios de papel mensuales con respecto a las máquinas.

La figura No. 22 ilustra el comportamiento que se mencionaba anteriormente, donde las máquinas A-07 y A-08 tienen mayor número de cambios al mes con respecto a los otros equipos que realizan el proceso.

Se adjunta la figura No.23, muestra el tiempo promedio de cambio de papel por cada uno de los equipos y su relación con respecto al tiempo promedio general.

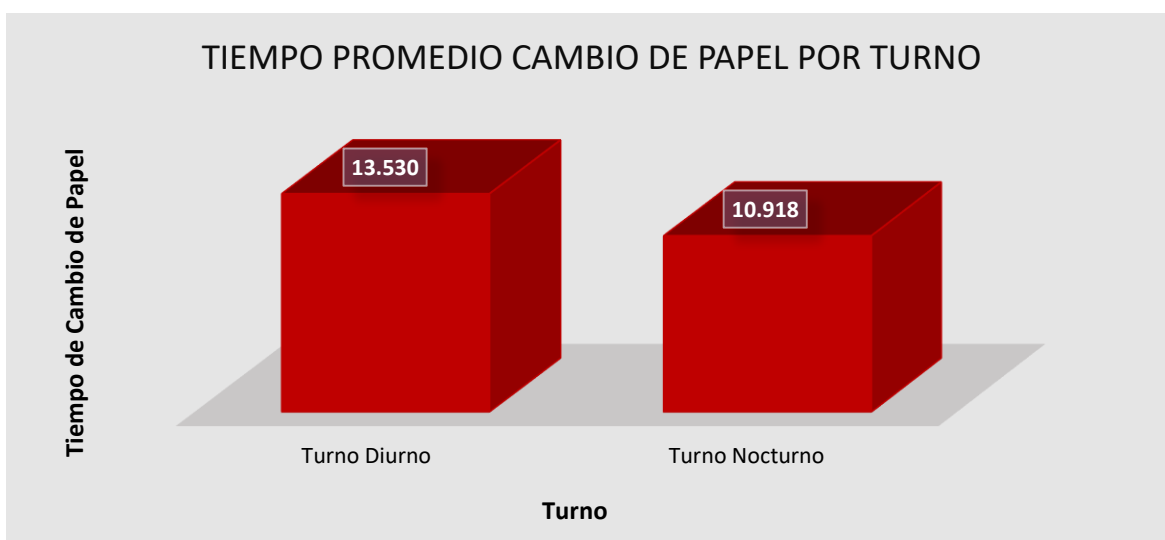


Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del muestreo el 20 de junio del 2020.

Figura No. 23. Duración del cambio de papel con respecto a la máquina.

La máquina T-10 tiene el mayor tiempo de cambio de papel con 12.628 minutos, sobrepasando el valor promedio de 12.221 minutos, por el contrario, la T-16 tiene el tiempo menor con 11.987 minutos. El valor del tiempo de duración del proceso debería de ser el mismo para todos los equipos, sin embargo en la gráfica se puede ver cierta variación.

Por último, se adjunta la figura No. 24, por medio de la que se puede ver la variación que también existe en la duración del proceso con respecto al turno. El turno Diurno tiene un tiempo promedio igual a 13.530 minutos, por otro lado, en el turno nocturno el tiempo promedio es de 10.918 minutos.



Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del muestreo el 20 de junio del 2020.

Figura No. 24. Tiempo promedio del cambio de papel con respecto a los turnos de trabajo.

Por medio de los datos del cuadro No. 20, la figura No. 22 y el tiempo promedio de duración del proceso en los equipos, se concluye que las máquinas T-16 y T-12 impactan menormente el tiempo perdido y los costos del proceso a la empresa. Por otro lado, la máquina A-07 y la A-08 tienen un mayor impacto que representa un total de \$8,251.00 mensuales. Por otro lado, por medio del análisis de la figura No.

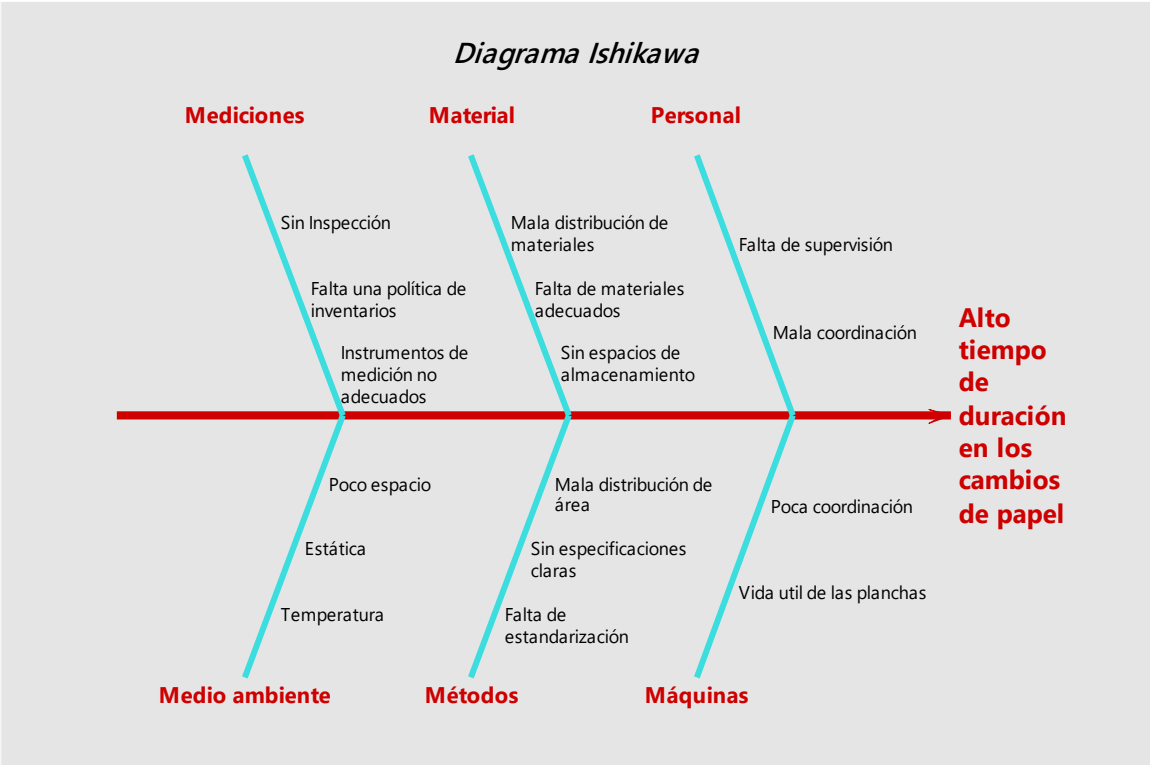
24 se concluye que en el turno diurno el tiempo de cambio de papel es mayor que el turno nocturno.

G. Causas del problema encontrado.

Como parte del desarrollo del proyecto se realizan reuniones frecuentes con el asesor empresarial y los interesados del proyecto (ver apéndice 32), con el fin de determinar entre ambas partes por medio del criterio experto las principales causas asociadas al problema.

- Análisis Cualitativo de las causas raíz:

Se adjunta la figura No. 25 con el Ishikawa de las causas más representativas.



Fuente: Elaboración propia por medio de la información recolectada en las caminatas y reuniones el 18 de marzo del 2020.

Figura No. 25. Diagrama Ishikawa.

Se procede a explicar cada una de las causas por rama del Ishikawa, inicialmente se explica las causas relacionadas a las mediciones.

Mediciones:

La primera causa propuesta es la falta de inspección que tiene el proceso del diseño del papel, es decir, no hay ninguna regulación para definir que este correctamente elaborado. Como segunda causa está la falta de una política de inventarios y se toma en cuenta debido a que regularmente no poseen una cantidad de inventario de papel en inventario que esté listo justo cuando sea necesita, por lo que la preparación para el cambio se prolonga. Por último, se contempla la falta de instrumentos de medición que sean adecuados para el diseño de papel.

Medio ambiente:

En la zona de trabajo el principal problema que tienen los técnicos es que cuentan con un espacio muy reducido, lo que dificulta la realización de la tarea y la ubicación adecuada de los materiales, por otro lado, es normal que durante la realización del cambio los operarios sufran descargas por la plancha debido a que en el área los objetos se cargan de estática, además se adjunta como posible causa que afecte la baja temperatura del lugar directamente a los operarios.

Materiales:

El primer punto tomado en cuenta menciona la mala distribución de los materiales, en el área los materiales no están dados por igual para todos los operarios y no existe un área específica para la ubicación de estos que facilite el proceso, por otro lado, el papel utilizado se encuentra aproximadamente a 15 metros del área de mantenimiento por lo que para obtenerlo y llevarlo hasta la máquina deben recorrer una larga distancia e invertir mucho más tiempo.

El otro punto que se menciona es la falta de materiales adecuados y esto corresponde principalmente al hecho de que los operarios no tienen algún dispositivo que facilite tener los diseños de papel listos y preparados para el cambio en la máquina, por otro lado, cuentan con dos moldes para las máquinas A-07 y A-08, sin embargo estos no tienen medidas exactas y los papeles quedan con errores

en la precisión de sus agujeros, además, las platinas y los tornillos de las planchas no son los adecuados para el proceso ya que no presentan precisión en el ajuste correcto y se demora el retiro de los tornillos. La otra causa es que no cuentan con un espacio destinado para almacenar los papeles que ya están listos para ser utilizados en un cambio.

Métodos:

En general, el área de los materiales y el área de trabajo no están distribuidos adecuadamente, no cuentan con especificaciones ni estandarización para el proceso de cambio, por lo que cada técnico lo realiza de acuerdo con su criterio, llevando a cabo la tarea en tiempo y formas diferentes.

Personal:

Con respecto al personal, cada turno tiene asignado un líder de mantenimiento, sin embargo, una de las principales causas es que los tiempos del cambio de papel no se realizan en el menor tiempo ya que no existe un supervisor que verifique la velocidad o la manera en que se realiza, por otro lado, para lograr la operación de bajado de la plancha se necesitan dos personas para realizar la labor, que al no estar asignados específicamente para realizar dicha tarea no existe disposición inmediata de las partes, retrasando así el proceso hasta que se tengan dos personas disponibles.

Máquinas:

Cuando se menciona la falta de coordinación en las máquinas, se refiere a que las líneas no tienen un horario aproximado para realizar el cambio de los papeles por lo que la alerta se da cuando empiezan a presentar fallos, la líder de la línea avisa al personal de mantenimiento que necesitan un cambio, por lo que debido a la falta de coordinación oportuna los técnicos no se encuentran preparados en tiempo ni materiales para la realización del cambio. La otra causa mencionada, son los fallos que se dan por la vida útil de las planchas, ya que algunas de estas ya tienen mucho tiempo de utilización y provocan que el papel se deba de cambiar con mayor constancia.

Con el fin de seleccionar las causas con mayor impacto para el proceso se realiza un multivoto a los técnicos de mantenimiento de los diferentes turnos de trabajo, además al supervisor de mantenimiento y supervisor general del área, considerando que son personas con más experiencia en el área debido al trabajo realizado día con día, los resultados suministrados por cada uno de ellos se adjuntan en el apéndice 3. Seguidamente se muestra un resumen con los resultados obtenidos al recolectar toda la información.

Cuadro No. 21. Tabla resumen del multivoto.

Causas	1	2	3	4	5	Total
Sin inspeccion	0	0	3	16	25	44
Falta de politica de inventarios	3	4	12	4	0	23
Instrumentos de medicion adecuados	0	0	3	28	10	41
Mala distribucion de los materiales	0	8	12	8	0	28
Falta de materiales adecuados	8	2	3	0	0	13
No hay espacios de almacenamiento	0	8	18	0	0	26
Falta de supervision	0	0	0	12	35	47
Mala coordinacion	0	0	6	16	20	42
Poco espacio	0	0	3	28	10	41
Estatica	0	0	0	4	45	49
Temperatura	0	0	0	16	30	46
Mala distribucion del area	1	12	21	0	0	34
Sin especificaciones claras	2	8	9	4	0	23
Falta de estandarizacion	5	6	6	0	0	17
Poca coordinacion	0	2	24	0	5	31
Vida util de las planchas	0	0	3	24	15	42

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos en los multivotos realizados por los trabajadores el 20 de marzo del 2020.

Tomando en cuenta la opinión de los técnicos de mantenimiento y de supervisores del piso, la causa que repercute mayormente en el proceso es la falta de materiales adecuados para realizar los papeles antes de que el cambio inicie, seguida a esta causa con 17 puntos está la falta de especificaciones claras en el proceso, es decir no hay un tiempo estándar de cambio de papel, ni un paso a paso del proceso a seguir en un cambio de papel, por otro lado, el proceso no se encuentra estandarizado por lo que cada técnico lo realiza a su forma obteniendo resultados en los tiempos muy variados, también se considera que un fuerte impacto en el proceso radica en que no existe una política de inventarios que regule la creación

de papel para abastecer la cantidad de cambios que se generan y aunque esta política existiera no se tienen lugares destinados para almacenar estos materiales.

- Análisis Cuantitativo de las causas raíz:

Una vez analizadas las causas en forma cualitativa tomando en cuenta la opinión de cada uno de los técnicos y sus líderes, se procede a realizar el análisis de las causas raíz cuantitativamente con el fin de verificar el impacto real y determinar con mayor objetividad el enfoque del proyecto. Para realizar este análisis se realizan 55 listas de chequeo al proceso de cambio de papel, estas listas son verificadas durante el desarrollo de este estudio.

Se evalúa si las causas planteadas ocurren o no en el proceso completo, las listas están adjuntas en el apéndice 5 y la matriz que explica la evaluación que se le da a cada causa para determinar si esta se da o no se da en el proceso se encuentra en el apéndice 4.

Seguidamente se adjunta el cuadro No. 22, en el que se encuentra un resumen de los resultados obtenidos por medio de la realización de las listas de chequeo.

Cuadro No. 22. Impacto de las causas en el proceso de cambio de papel.

Causa	Ocurrencia	% de Impacto	% de Impacto General Acumulado
Política de inventarios	55	100.0%	9.39%
Distribución de los materiales	55	100.0%	18.77%
Materiales adecuados	55	100.0%	28.16%
Espacios de almacenamiento	55	100.0%	37.54%
Especificaciones claras	55	100.0%	46.93%
Proceso estandarizado	55	100.0%	56.31%
Instrumentos de medición adecuados	45	81.8%	63.99%
Distribución del área	43	78.2%	71.33%
Coordinación en las máquinas	40	72.7%	78.16%
Coordinación del personal	28	50.9%	82.94%
Estática	21	38.2%	86.52%
Temperatura	19	34.5%	89.76%
Inspección	17	30.9%	92.66%
Vida útil de las planchas	16	29.1%	95.39%
Espacio	14	25.5%	97.78%
Supervisión	13	23.6%	100.00%

Fuente: Elaboración propia tomando los datos obtenidos mediante la realización de las lista de verificación el 1 de junio del 2020.

Como se puede observar por medio del cuadro No. 22, se cuantifica la ocurrencia de las causas mencionadas en el proceso en la columna 2, en la columna 3 se encuentra el porcentaje que tiene cada causa sobre el total de revisiones realizadas, por ejemplo, la falta de política de inventarios se ve en un 100% de las ocasiones en que se realiza el proceso según los resultados obtenidos. Por último, la columna 4 muestra el porcentaje de impacto acumulado de cada una de las causas con respecto al total de las mismas, es decir, la política de inventarios afecta en un 9.39% el proceso y la distribución de los materiales también, siendo su suma el 18.77% que muestra el cuadro.

Por medio de este análisis se determina que las causas que representan mayor impacto en el proceso son la inexistencia de una política de inventarios, la mala distribución de los materiales, la falta de materiales adecuados, la inexistencia de espacios de almacenamiento, la falta de especificación y de un proceso estandarizados, todas las anteriores impactan en un 56.31% por lo que lo ideal es enfocar el proyecto en la búsqueda de sus soluciones.

También es importante tomar en cuenta la falta de instrumentos de medición adecuados, la falta de coordinación en las máquinas y la distribución del área como causas del problema a disminuir o eliminar, esto porque juntas suman un 21.85% de impacto, además, junto con las demás se acercan al 80% y es ideal atacar el problema en sus causas más representativas. Las causas que se determinan con mayor impacto por medio del análisis cuantitativo concuerdan con los resultados obtenidos por medio del diagrama multivoto, es decir, con certeza se puede afirmar que son las causas que están contribuyendo mayormente al problema sometido a estudio.

H. Variación en la duración del proceso entre los equipos.

En este apartado se adjuntan los resultados obtenidos por medio de los Anova's a los que son sometidos ambos turnos de trabajo, este procedimiento se realiza con

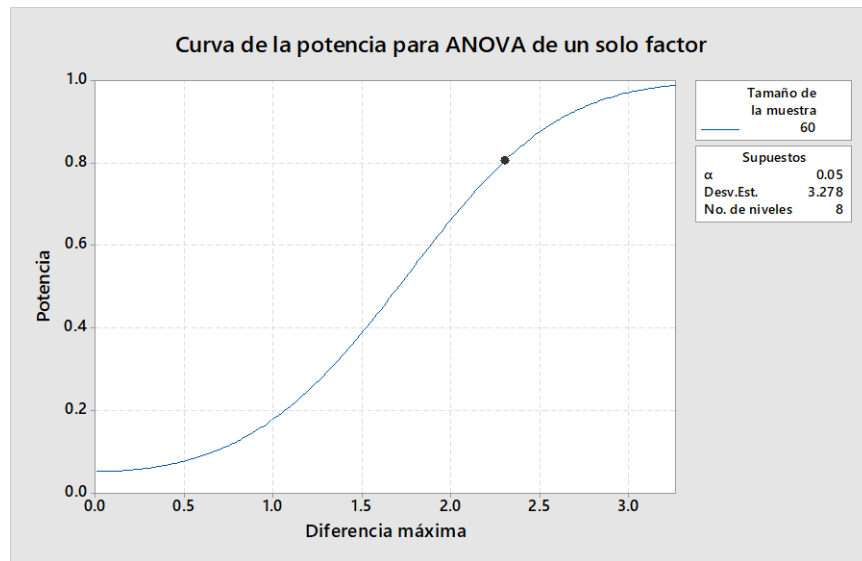
el fin de verificar cuales de las máquinas están teniendo tiempos de cambios de papel estadísticamente iguales entre sí.

Por medio de este análisis se procede a analizar la variabilidad de los tiempos de duración del proceso, enfocado específicamente en verificar si esta variación se encuentra ligada a la razón de cambio en los equipos y además conocer cuáles se comportan diferente.

1. Pruebas de potencia para la realización del Anova en ambos turnos.

A continuación, se adjuntan las pruebas de potencia realizadas para evaluar la cantidad de muestras necesarias para un Anova con resultados confiables en ambos turnos de trabajo, esta prueba de potencia contempla varios parámetros, entre los cuales se encuentra la diferencia y la potencia; estos parámetros son establecidas con criterio de la compañía donde se realiza el estudio, por otro lado, la prueba contempla la desviación estándar de los datos del pre-muestreo inicial para cada turno.

Como se menciona la potencia de la prueba es determinada por la compañía, para este proceso se considera que como mínimo la potencia puede ser de 80%, en el caso de la diferencia se determina individualmente por cada uno de los turnos. A continuación se adjunta la figura No. 26, la cual corresponde al resultado obtenido para la prueba de potencia del turno del día.

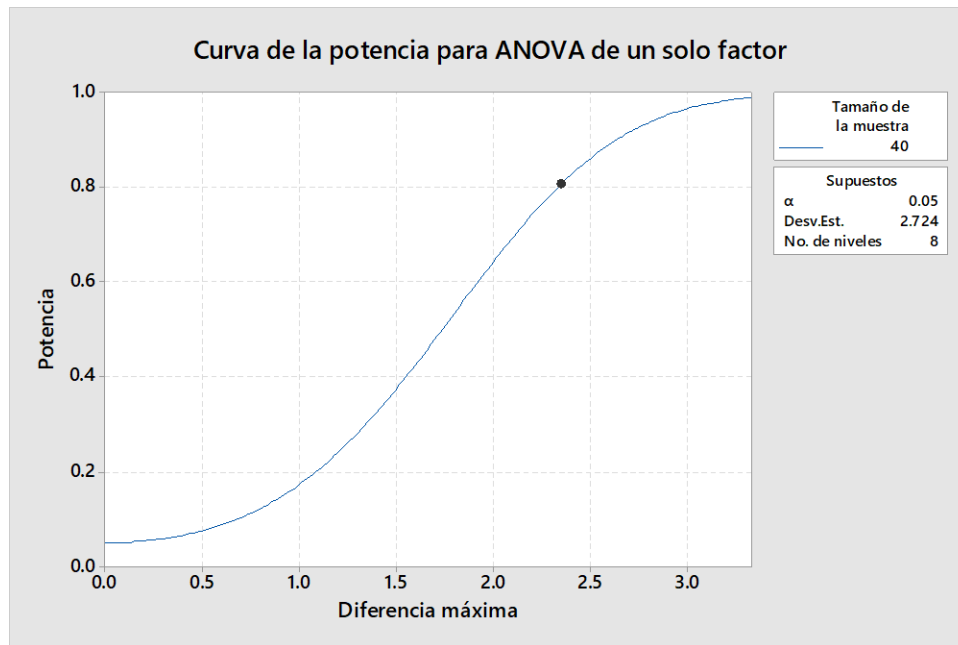


Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab tomando en cuenta los datos del pre-muestreo del turno diurno el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 26. Prueba de potencia para Anova del turno diurno.

Para el turno del día se establece una potencia igual al 80% con una diferencia de 2.3 minutos considerando la máxima diferencia entre los datos del pre-muestreo, además se tiene una desviación estándar en los mismos de 3.278 minutos, con lo que se obtiene como resultado que se deben considerar en el Anova un total de 60 muestras por cada uno de los niveles, en este caso los niveles son las 8 máquinas sometidas al estudio.

Por otro lado, se adjunta la figura No. 27 con la prueba de potencia realizada para el turno de la noche.



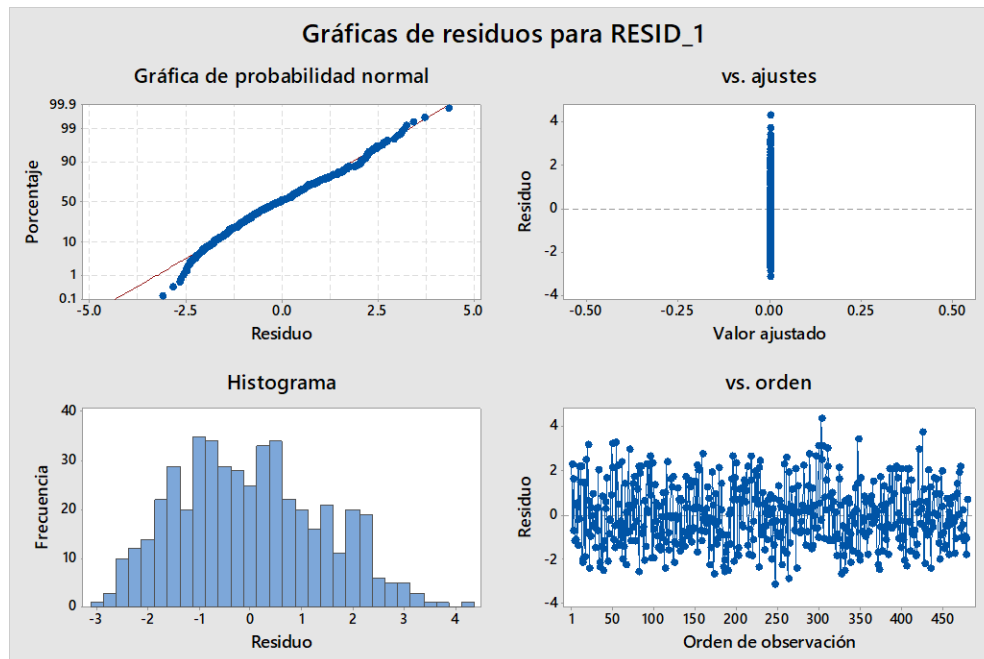
Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab tomando en cuenta los datos del pre-muestreo del turno nocturno el 3 de marzo del 2020

Figura No. 27. Prueba de potencia para Anova del turno nocturno

Por medio de esta prueba se obtiene que se deben de recolectar un total de 40 muestras por cada máquina, se establece al igual que la prueba anterior que la potencia debe ser un 80% con una diferencia de 2.35 minutos en conformidad con los datos del pre-muestreo y una desviación en los mismos de 2.724 minutos.

2. Anova realizado para el turno diurno

Se procede a mostrar los resultados obtenidos, primeramente se adjunta la figura No. 28 donde se procede a analizar los residuos de los datos, con el fin de verificar si existe normalidad, homocedasticidad y la independencia en los mismos.



Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab considerando los datos de los residuos el 3 de marzo del 2020.

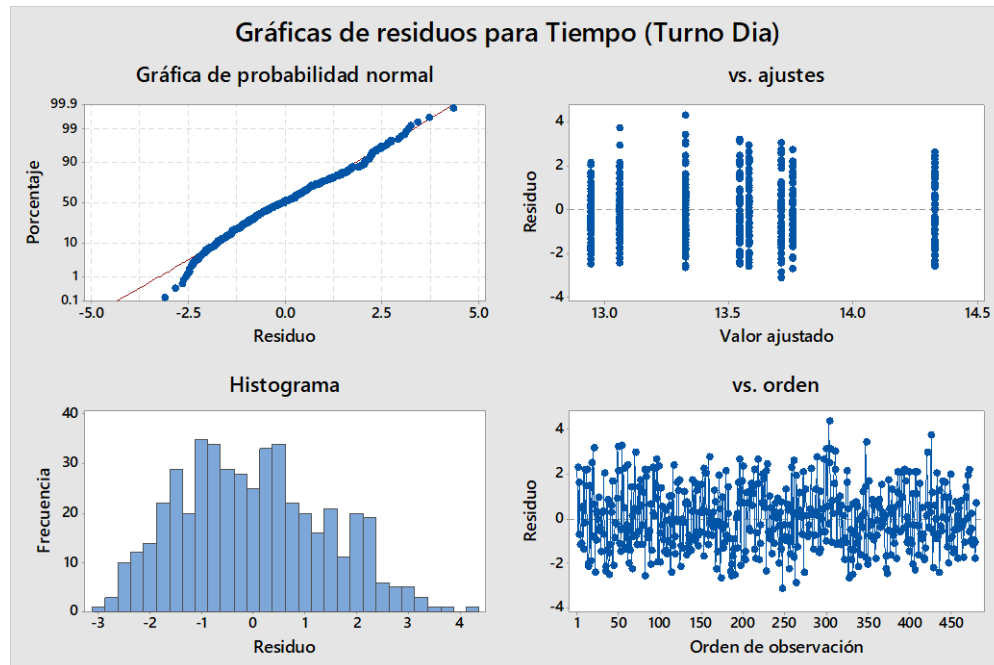
Figura No. 28. Gráfica de residuos.

En la gráfica de probabilidad se puede observar como algunos de los datos no están tan aproximados a la línea de la normal y según Gutiérrez H, De La Vara R (2008) “cuando los datos son normales, al graficarlos tienden a quedar alineados en una línea recta; por lo tanto, si claramente no se alinean se concluye que el supuesto de normalidad no es correcto”, sumado a esto el valor de p es menor a 0.05, por lo que se puede concluir que los datos de los residuos no son normales, la prueba Anova se sigue a pesar de esta condición debido a que es una prueba muy robusta y confiable por lo que puede pasar por alto este tipo de casos.

Por otro lado, por medio del gráfico vs. Ajustes se puede observar que los datos tienen homocedasticidad, sin embargo, para tener mayor certeza de esta conclusión se realiza la prueba de igualdad de varianzas la cual se adjunta en el apéndice 21, en esta prueba la p de comparaciones múltiples es igual a 0.540 y en la prueba de Levene igual a 0.400, ambos valores son mayores a 0.05 por lo que se concluye que existe igualdad de varianzas.

El gráfico de vs. Orden muestra la independencia entre los datos, se realiza la prueba de corridas (ver apéndice 21) para verificar que ciertamente lo sean obteniendo como resultado a todos los p por encima de alpha, por lo tanto, los datos de los residuos también son independientes.

Seguidamente se adjuntan la figura No. 29 con la que se analiza el comportamiento de los datos puros del tiempo de cambio de papel en el turno de día.



Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab considerando los datos puros del estudio el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 29. Gráfica de residuos para los datos puros.

Primeramente, los datos puros no son normales debido a que el valor del p es menor al alpha de 0.05, por otro lado, se observa independencia en los datos lo que se verifica con una gráfica de corridas adjunta en el apéndice 19 donde el valor de todas las mezclas está por encima del Alpha de 0.05. Finalmente se procede a analizar la homocedasticidad de los datos por medio de la gráfica de ajustes, donde se puede verificar que no hay un comportamiento que indique que las varianzas no sean iguales, sin embargo, se adjunta en el apéndice 18 la prueba de varianzas que afirma lo indicado.

Una vez que se verifica que se cumple con las condiciones para el estudio de Anova se procede a realizar la prueba que se adjunta a continuación.

ANOVA de un solo factor: Tiempo (Turno Dia) vs. Maquina Dia						
Método						
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales					
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente					
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$					
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.						
Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Maquina Dia	8	A-07, A-08, T-09, T-10, T-12, T-13, T-16, T-17				
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Maquina Dia	7	80.19	11.456	5.68	0.000	
Error	472	951.12	2.015			
Total	479	1031.31				

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 30. Análisis de varianza del Anova de un solo factor.

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
1.41954	7.78%	6.41%	4.62%	
Medias				
Maquina				
Dia	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A-07	60	13.544	1.558	(13.184, 13.904)
A-08	60	13.579	1.468	(13.218, 13.939)
T-09	60	13.754	1.273	(13.394, 14.114)
T-10	60	14.330	1.479	(13.970, 14.690)
T-12	60	13.711	1.399	(13.351, 14.071)
T-13	60	13.326	1.539	(12.966, 13.686)
T-16	60	12.942	1.328	(12.582, 13.302)
T-17	60	13.057	1.279	(12.697, 13.417)
Desv.Est. agrupada = 1.41954				

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 31. Resumen de modelo para el Anova.

Primeramente, es importante mencionar que por medio del R-cuadrado se conoce que la variación de los datos se ve explicada en un 7.78% con los factores que se están tomando en cuenta en este Anova, es decir, que hay otros factores que influyen en la variación de los tiempos de cambios de papel, el estudio también permite verificar la media de cada uno de los tiempos por cada máquina y el comportamiento de sus intervalos.

Tomando en cuenta el valor del p menor a 0.05 se concluye que no todas las medias de los datos son iguales, las máquinas no tienen tiempos de cambio de papel igual entre sí, con estos resultados se debe de proceder a analizar por medio de comparaciones, cuáles son las máquinas que en el turno diurno pierden menos tiempo en los cambios y cuales son aquellas que por el contrario impactan más el OEE del turno, esto debido a que se ha comprobado que sí están teniendo resultados diferentes en sus tiempos.

A continuación, se procedió a realizar las comparaciones por medio de la prueba Fisher debido a que es más estricta que la prueba Tukey. Con un 95% de confianza la aprueba LSD de Fisher muestra cuales de las medias de los datos tienen un comportamiento significativamente igual, en este caso como en la figura No. 32 la máquina T-10 tiene diferencia significativa en el tiempo de cambio con respecto a todas las demás máquinas, las máquinas T-09, T-12, A-08, A-07 se comportan significativamente igual, por otro lado, la A-07 en conjunto con la T-13 y la T-17 también tienen un comportamiento significativamente igual, por último, el subgrupo compuesto por la máquina T-13, T-17 y T-16 también tienen tomando en cuenta el resultado estadístico tiempos de cambios de papel con comportamiento similar.

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

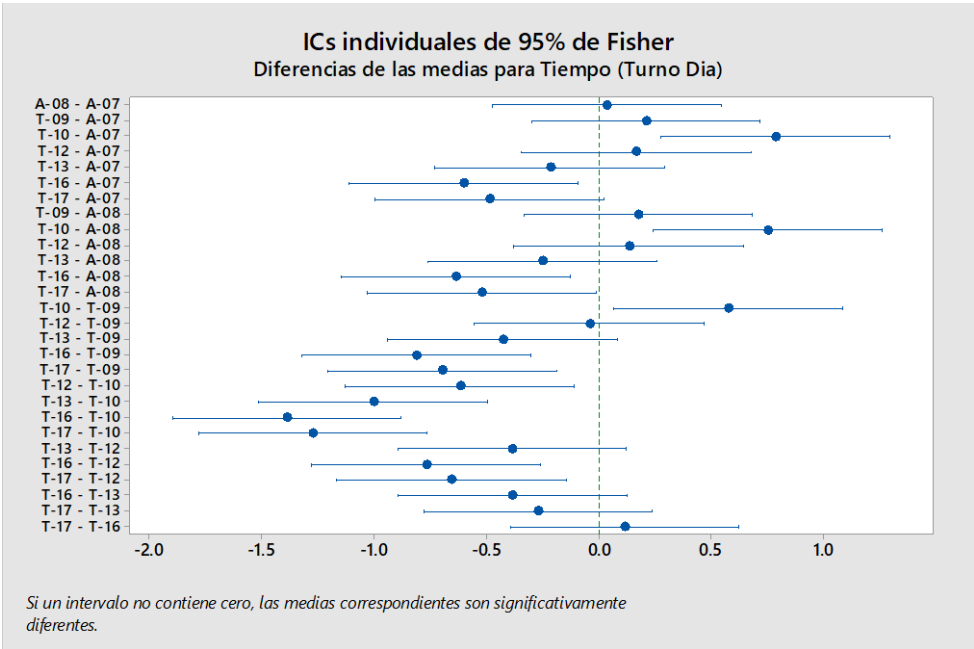
Maquina	Día	N	Media	Agrupación
	T-10	60	14.330	A
	T-09	60	13.754	B
	T-12	60	13.711	B
	A-08	60	13.579	B
	A-07	60	13.544	B C
	T-13	60	13.326	B C D
	T-17	60	13.057	C D
	T-16	60	12.942	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 32. Prueba de Fisher.

Para facilitar la visualización del comportamiento de la prueba Fisher se adjunta la gráfica de ICs individuales en la figura No. 33, la cual interpreta que la comparación que pase a través del cero no tiene diferencia significativa y en las que no lo hacen ocurre lo contrario.



Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

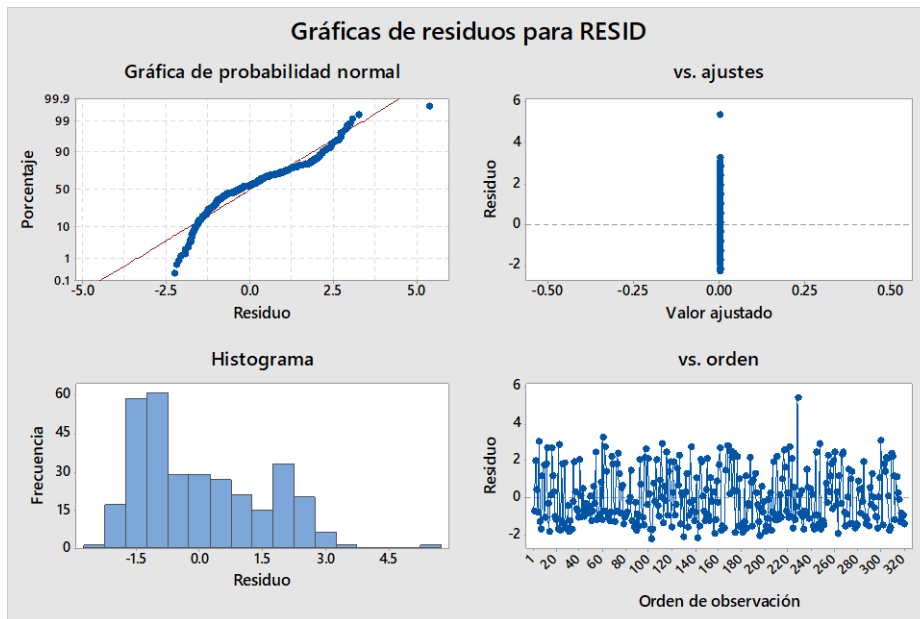
Figura No. 33. Gráfica resumen de la prueba de Fisher/

Basándose en los resultados obtenidos con los análisis anteriores se concluye que los cambios de papel realizados para las diferentes máquinas en el turno diurno tienen una duración significativamente diferente, observando el comportamiento de la medias se puede concluir que la celda T-16 tiene la duración menor con una media de 12.942 minutos y la T-10 la duración más elevado con una media de 14.330 minutos, por otro lado la prueba Fisher indica que las máquinas tienden a obtener valores estadísticamente iguales entre subgrupos de máquinas, pero no todas lo hacen en conjunto, es decir, el proceso no se esté realizando de forma estandarizada en todos los equipos y explicaría porque se obtienen estos resultados.

3. Anova realizado para el turno nocturno

Se procede a realizar la prueba de Anova para las máquinas de turno nocturno, de la misma forma que se realizó anteriormente, se analizan los datos puros y los residuos de los datos para corroborar que estos cumplen con las tres reglas fundamentales.

La figura No. 34 muestra como los residuos no se encuentran todos cercanos a la línea de la normal, además, el valor del p es menor al Alpha, por lo que los residuos no son normales, por otro lado, los datos tienen independencia según lo que permite ver la gráfica vs orden y esto se confirma con la gráfica de corridas adjunta en el apéndice 27.

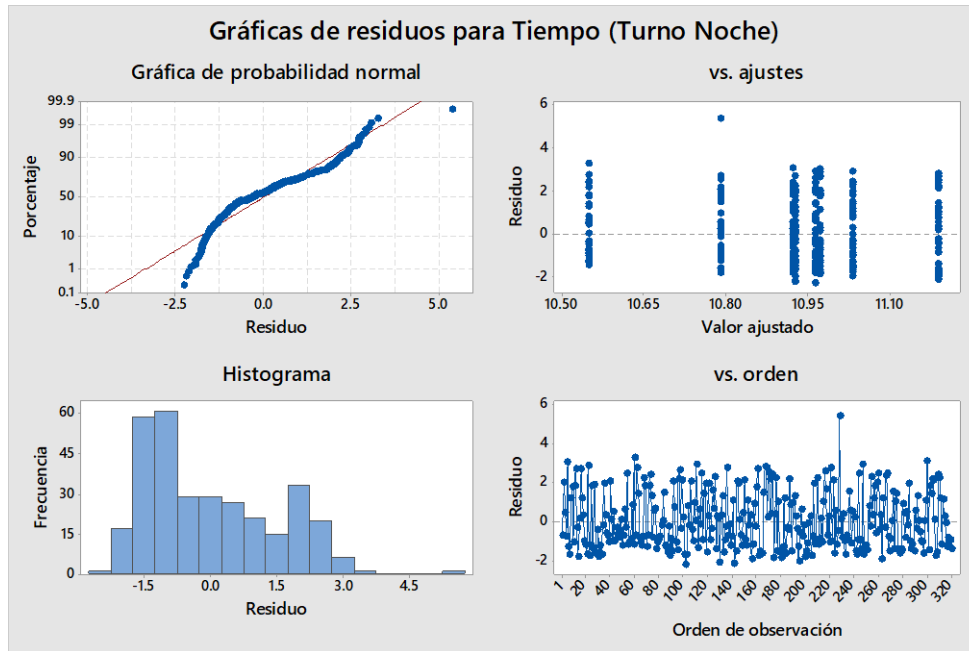


Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab considerando los residuos del estudio el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 34. Gráfica de residuos para los datos puros turno nocturno.

Por último, se analiza la igualdad de las varianzas para lo que se realiza la prueba que lleva su mismo nombre, dicha prueba se adjunta en el apéndice 26 y muestra un p en las comparaciones múltiples de 0.803 y el p de Levene de 0.661 por lo que se concluye que sí existe homocedasticidad en los datos puros del Anova. Este resultado implica que no hay una diferencia significativa en la amplitud de los datos, debido a que Gutiérrez H, De La Vara R (2008) afirman que “si se cumple el supuesto de varianza constante, se espera que la amplitud de la dispersión de los puntos tenderá a ser similar; y no se cumplirá el supuesto si hay diferencias fuertes en esta amplitud”.

La figura No. 35 que se encuentra a continuación muestra la gráfica cuatro en uno de los datos puros utilizados en la prueba.



Fuente: Elaboración propia por medio del software minitab considerando los residuos del estudio el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 35. Gráfica de residuos para los datos puros turno nocturno.

Con respecto a la gráfica de probabilidad normal se observa como los datos no tiene un comportamiento normal con la línea normal, además el valor de la p-value es menor a 0.05 por lo que se concluye que los datos no son normales, sin embargo, como se ha mencionado, no afecta los resultados del análisis, según Montgomery D (2013) "las desviaciones de la normalidad son poco preocupantes en los efectos fijos de análisis de varianza" y también menciona que "el análisis de varianza es robusto a la normalidad".

En el caso de la gráfica vs. Ajustes muestra según el comportamiento de los puntos que las varianzas son iguales, para corroborar se realiza una prueba de igualdad de varianzas cuyo resultado adjunto al apéndice 23 da como resultado el valor del p por encima del alpha, por lo tanto lo datos tienen homocedasticidad.

La gráfica vs. Orden permite visualizar que los datos son independientes, también para este caso se realizó la gráfica de corridas (Ver apéndice 24) en la cual se

puede verificar con mayor certeza que los datos tienen independencia con el valor de todas las mezclas por encima del 0.05.

Una vez que se realiza este análisis, como en el caso anterior es importante recalcar que la prueba de Anova es lo suficientemente robusta para pasar por alto que los datos puros y sus residuos no sean normales. A continuación se procesa a analizar los resultados obtenidos en la prueba.

ANOVA de un solo factor: Tiempo (Turno Noche) vs. Maquina							
Método							
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales						
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente						
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$						
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.							
Información del factor							
Factor	Niveles	Valores					
Maquina	8	A-07, A-08, T-09, T-10, T-12, T-13, T-16, T-17					
Análisis de Varianza							
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p		
Maquina	7	9.759	1.394	0.64	0.724		
Error	312	680.733	2.182				
Total	319	690.491					
Resumen del modelo							
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)				
1.47710	1.41%	0.00%	0.00%				

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 36. Análisis de varianza del Anova de un solo factor turno nocturno.

El análisis de varianza del Anova resuelto muestra un valor del p igual a 0.724 con este no se rechaza la hipótesis nula, es decir, las medias de los tiempos de cambio de papel en el turno noche son significativamente iguales. Por medio del resultado de r-cuadrado se determina que la variación de los tiempos durante este turno se explica en un 1.41% tomando en cuenta a las máquinas como factor de este Anova,

esto indica que hay otros factores que intervienen y manipulan los resultados del proceso y es conveniente determinarlos para realizar un estudio más profundo.

Medias				
Maquina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A-07	40	10.971	1.593	(10.511, 11.430)
A-08	40	10.549	1.336	(10.089, 11.008)
T-09	40	10.964	1.463	(10.504, 11.423)
T-10	40	10.926	1.349	(10.467, 11.386)
T-12	40	11.189	1.605	(10.729, 11.648)
T-13	40	10.790	1.533	(10.331, 11.250)
T-16	40	11.032	1.532	(10.573, 11.492)
T-17	40	10.922	1.378	(10.462, 11.381)

Desv.Est. agrupada = 1.47710

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 3 de marzo del 2020.

Figura No. 37. Comportamiento de las medias de los tiempos en las maquinas en el turno nocturno.

El resumen del Anova también proporciona información acerca de las medias de cada una de las máquinas, como se puede observar los promedios son muy similares, por otro lado, sus intervalos se intersecan entre sí apoyando el resultado del p obtenido. En este caso no se realizan las pruebas de comparaciones debido a que se demuestra estadísticamente que las medias de los tiempos de cambio de papel en el turno nocturno son iguales.

Las principales conclusiones obtenidas por medio de los Anova's son que en el turno diurno las máquinas no tienen tiempos de cambio de papel iguales entre sí para todas las maquinas, en cambio, en el turno nocturno todas las máquinas sí tienen tiempos de cambios estadísticamente iguales entre sí para todas. Por otro lado, el Anova indica por medio del r cuadrado obtenido que los resultados de variación en los datos están siendo influenciados por otros factores además de las máquinas tomadas en cuenta, ya que como se explica un valor de 1.41% y 7.78% explican muy poca de la variación total que corresponde al 100%.

I. Factores de impacto en la variación de los tiempos de cambio de papel

Debido a los resultados obtenidos en el análisis de Anova, se procede a realizar un diseño experimental en el que se puedan evaluar otros posibles factores de variación en los tiempos de cambio de papel. Se procede a realizar el experimento tomando en cuenta todos aquellos factores que se identifican como posibles causantes de la variación.

Este proceso está directamente relacionado con las causas del problema identificadas, esto debido a que los factores involucrados en este estudio van a influir en el resultado de los tiempos en muchas ocasiones porque ocurre lo explicado en cada una de las causas.

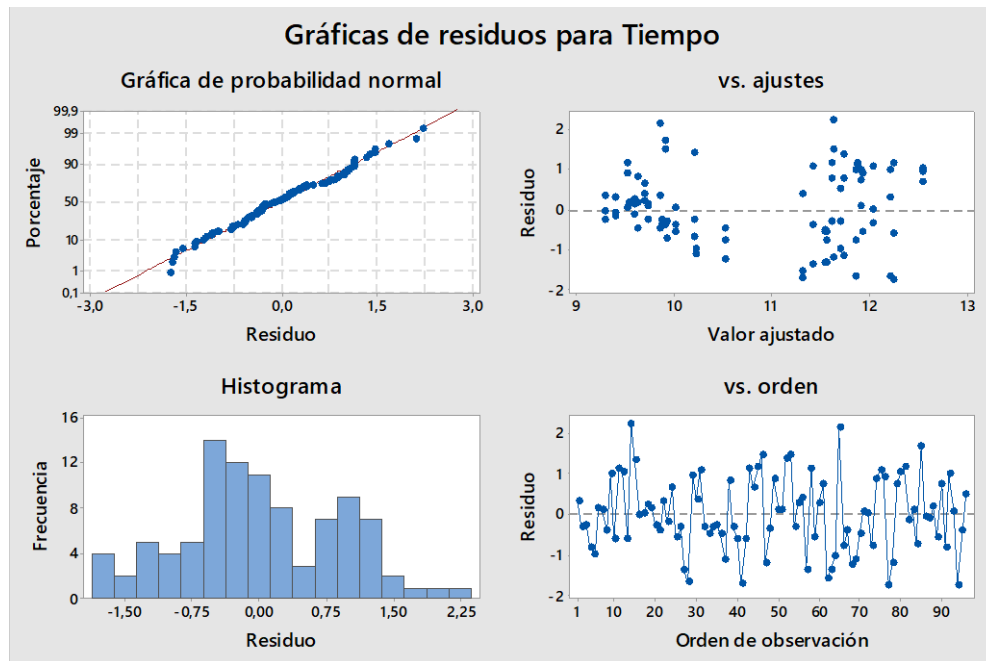
Se desarrolla el diseño experimental tomando en cuenta tres factores, el primero recibe el nombre de máquina y está conformado por ocho niveles que corresponden a cada una de las máquinas que se contemplan en este estudio, el segundo es el turno, el cual tiene dos niveles con el nombre de diurno y nocturno, y por último, el método.

El método corresponde a una variación en la forma en que realizan el proceso, como se menciona en este capítulo no está estandarizado y los operarios tienen diferentes maneras de desempeñar los cambios de papel, se logran identificar dos formas en las que lo ejecutan, por lo que se toman en cuenta para este análisis, este factor se divide en dos niveles, el nivel A corresponde a la realización del cambio de papel cuando los operarios han diseñado el mismo antes de que se solicitan los cambios, por otro lado, el nivel B corresponde a la realización del proceso cuando se diseña el papel durante este, sin tenerlo preparado antes de la solicitud del cambio.

1. Validación de los datos y los residuos

Cuando se realiza un diseño factorial es importante analizar el comportamiento de sus datos y principalmente el comportamiento de sus residuos con el fin de verificar

que estos sean normales, tengan igualdad de varianzas y también sean datos aleatorios.

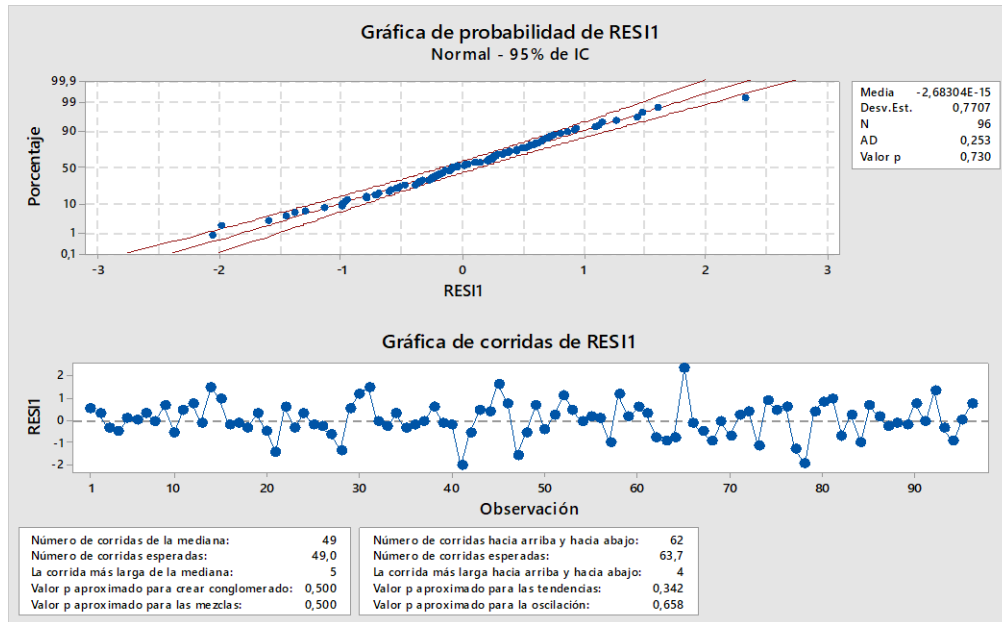


Fuente: Realizado mediante el software minitab mediante los datos puros del estudio experimental el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 38. Gráfica cuatro en uno de los datos puros de diseño experimental.

La figura No. 38 muestra el resumen estadístico de los datos puros, con la gráfica de normalidad se concluye que los datos puros no son normales, por otro lado, se concluye que los datos no tienen igualdad de varianzas, lo que se puede verificar por medio de la prueba de igualdad de varianzas adjunta en el apéndice 29. Por último, en el gráfico vs orden se puede concluir que los datos no tienen independencia, se realizó una gráfica de corridas para verificar este resultado, esta gráfica se presenta en el apéndice 29.

Es importante que los residuos cumplan las reglas antes descritas para poder continuar con el estudio, para este proceso los resultados en los residuos tienen un peso por encima del resultado de los datos puros. Seguidamente se presenta la figura No. 39 en la cual podemos ver la gráfica de probabilidad y la de corridas de los residuos.



Fuente: Realizado mediante el software minitab mediante los residuos del estudio experimental el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 39. Gráfica de probabilidad y gráfica de corridas de los datos residuales.

Por medio de la gráfica de probabilidad se obtiene un p igual a 0.730 por lo que los datos de los residuos son normales, en la gráfica de residuos se obtiene que en todas las mezclas el valor del p es mayor a 0.05, este resultado indica que los datos de los residuos también cumplen con la independencia.

Prueba de igualdad de varianzas: RESI1 vs. Metodo; Turno; Maquina

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	69,90	0,000

Fuente: Realizado mediante el software minitab mediante los residuos del estudio experimental el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 40. Prueba de igualdad de varianzas para los datos de los residuos.

Por último, se realizó una prueba de igualdad de varianzas en la que se rechaza la hipótesis nula, es decir, se obtiene como resultado que los datos no tienen varianzas iguales, a pesar de que esta es una de las reglas que deben cumplir los residuos, se puede justificar debido a que los datos sometidos al estudio son de un proceso cuyo problema principal es la duración de estos sumado a la variación que tienen entre sí, según Gutiérrez & de la Vara (2012) cuando los tratamientos o niveles muestran una dispersión diferente de sus residuales correspondientes es que el factor o los tratamientos tienen un efecto significativo sobre la variabilidad de la respuesta, justamente es este el caso que se presenta, los factores que se toman en cuenta afectan en gran medida la variabilidad de los datos, por esta razón, existen una dispersión en sus residuos que les impide tener igual de varianzas.

El desarrollo de este experimento puede llevarse a cabo a pesar de que no existe la igualdad de varianzas solo “se debe de ver en qué sentido resultan afectadas las conclusiones que se obtienen con el ANOVA y las pruebas de rangos múltiples” (Gutiérrez & de la Vara, 2012), es decir, si el factor que brinda mejor resultado es el que tiene menor dispersión, se puede concluir como la opción correcta, de lo contrario, se debe de realizar un análisis con más profundidad para definir la mejor opción para el proceso. Dada esta explicación se retoma la continuidad del estudio y seguidamente se presentan los resultados obtenidos a través del mismo.

2. Análisis factorial del diseño experimental

Primeramente se plantearon las hipótesis para determinar si realmente los factores utilizados son significativos en la variación de los tiempos de cambio de papel.

H_0 : Efecto de factor A = 0

H_A : Efecto de factor A \neq 0

H_0 : Efecto de factor B = 0

H_A : Efecto de factor B \neq 0

H_0 : Efecto de factor C = 0

H_A : Efecto de factor C \neq 0

H_0 : Efecto de factor A x factor B = 0

H_A : Efecto de factor A x factor B \neq 0

H_0 : Efecto de factor A x factor C = 0

H_A : Efecto de factor A x factor C \neq 0

H_0 : Efecto de factor B x factor C = 0

H_A : Efecto de factor B x factor C \neq 0

H_0 : Efecto de factor A x factor B x factor C = 0

H_A : Efecto de factor A x factor B x factor C \neq 0

H_0 : $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$

H_A : $\alpha_i \neq 0$, para algún i

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$

H_A : $\beta_j \neq 0$, para algún j

H_0 : $\gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_c = 0$

$H_A: \gamma_k \neq 0$, para algún k

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$, para todo ij

$H_A: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$, para algún ij

$H_0: (\alpha\gamma)_{ik} = 0$, para todo ik

$H_A: (\alpha\gamma)_{ik} \neq 0$, para algún ik

$H_0: (\beta\gamma)_{jk} = 0$, para todo jk

$H_A: (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$, para algún jk

$H_0: (\alpha\beta\gamma)_{ijk} = 0$, para todo ijk

$H_A: (\alpha\beta\gamma)_{ijk} \neq 0$, para algún ijk

Una vez que se han planteado las hipótesis se procede a analizar los resultados obtenidos por medio del diseño factorial planteado.

Regresión factorial general: Tiempo vs. Bloques; Turno; ... do; Maquina

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Turno	2	Diurno; Nocturno
Metodo	2	A; B
Maquina	8	A-07; A-08; T-09; T-10; T-12; T-13; T-16; T-17

Selección de términos escalonada

α a entrar = 0,05; α a retirar = 0,05

El procedimiento escalonado agregó términos durante el procedimiento con el fin de mantener un modelo jerárquico en cada paso.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	17	127,120	7,4777	10,34	0,000
Lineal	9	106,484	11,8315	16,36	0,000
Turno	1	2,525	2,5253	3,49	0,065
Metodo	1	96,942	96,9423	134,01	0,000
Maquina	7	7,016	1,0023	1,39	0,223
Interacciones de 2 términos	8	20,636	2,5795	3,57	0,001
Turno*Metodo	1	7,849	7,8490	10,85	0,001
Turno*Maquina	7	12,787	1,8268	2,53	0,021
Error	78	56,425	0,7234		
Total	95	183,545			

Fuente: Realizado mediante el software minitab el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 41. Análisis de varianza del diseño experimental factorial.

El análisis de varianza del diseño factorial indica tomando en cuenta el valor del p menor a 0.05 que el factor turno y el factor máquina no son significativos con respecto a la variación, por otro lado, indica que el método, la interacción turno*método y la interacción turno*máquina sí son significativos. Lo ideal es depurar el diseño tomando en cuenta solo aquellos factores que son significativos, sin embargo, en este caso no se puede eliminar al turno y al factor de la máquina debido a que son parte de las interacciones que sí tienen significancia.

En el apéndice No. 30 se presenta un gráfico Pareto en el que se muestran los resultados obtenidos en el análisis de varianza anteriormente explicados, en este gráfico se muestran los factores significativos como aquellos que sobrepasan la línea roja.

Seguidamente, se adjunta el resumen del modelo, con el que se puede determinar cuánto porcentaje de la variación está explicado por los factores que forman parte de este estudio.

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,850527	69,26%	62,56%	53,43%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	10,8074	0,0868	124,50	0,000	
Turno					
Diurno	0,1622	0,0868	1,87	0,065	1,00
Metodo					
A	-1,0049	0,0868	-11,58	0,000	1,00
Maquina					
A-07	-0,117	0,230	-0,51	0,611	1,75
A-08	-0,051	0,230	-0,22	0,826	1,75
T-09	-0,101	0,230	-0,44	0,662	1,75
T-10	0,557	0,230	2,42	0,018	1,75
T-12	0,257	0,230	1,12	0,267	1,75
T-13	-0,347	0,230	-1,51	0,135	1,75
T-16	-0,245	0,230	-1,07	0,290	1,75
Turno*Metodo					
Diurno A	-0,2859	0,0868	-3,29	0,001	1,00
Turno*Maquina					
Diurno A-07	0,071	0,230	0,31	0,758	1,75
Diurno A-08	-0,294	0,230	-1,28	0,205	1,75
Diurno T-09	0,398	0,230	1,73	0,087	1,75
Diurno T-10	0,007	0,230	0,03	0,976	1,75
Diurno T-12	-0,745	0,230	-3,24	0,002	1,75
Diurno T-13	0,492	0,230	2,14	0,035	1,75
Diurno T-16	0,127	0,230	0,55	0,582	1,75

Fuente: Realizado con el software minitab en el análisis factorial el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 42. Resumen del modelo y coeficientes del diseño experimental.

Por medio del resumen estadístico del modelo se concluye que los factores adjuntos al mismo explican en un 69,26% la variación que tienen los datos correspondientes a los tiempos del cambio de papel en el Focus Factory SCD, además con el valor del FIV menor a 5 para los niveles de los factores en el resumen de coeficientes se determina que el diseño factorial propuesto en este estudio es válido.

Finalmente, en la figura No. 43 se presenta la ecuación de regresión del modelo y también el diagnóstico de observaciones poco comunes en el total de muestras presentes en el diseño factorial.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Tiempo} = & 10,8074 + 0,1622 \text{ Turno_Diurno} - 0,1622 \text{ Turno_Nocturno} - 1,0049 \text{ Metodo_A} \\ & + 1,0049 \text{ Metodo_B} - 0,117 \text{ Maquina_A-07} - 0,051 \text{ Maquina_A-08} - 0,101 \text{ Maquina_T-09} \\ & + 0,557 \text{ Maquina_T-10} + 0,257 \text{ Maquina_T-12} - 0,347 \text{ Maquina_T-13} - 0,245 \text{ Maquina_T-16} \\ & + 0,047 \text{ Maquina_T-17} - 0,2859 \text{ Turno*Metodo_Diurno A} + 0,2859 \text{ Turno*Metodo_Diurno B} \\ & + 0,2859 \text{ Turno*Metodo_Nocturno A} - 0,2859 \text{ Turno*Metodo_Nocturno B} \\ & + 0,071 \text{ Turno*Maquina_Diurno A-07} - 0,294 \text{ Turno*Maquina_Diurno A-08} \\ & + 0,398 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-09} + 0,007 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-10} \\ & - 0,745 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-12} + 0,492 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-13} \\ & + 0,127 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-16} - 0,056 \text{ Turno*Maquina_Diurno T-17} \\ & - 0,071 \text{ Turno*Maquina_Nocturno A-07} + 0,294 \text{ Turno*Maquina_Nocturno A-08} \\ & - 0,398 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-09} - 0,007 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-10} \\ & + 0,745 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-12} - 0,492 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-13} \\ & - 0,127 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-16} + 0,056 \text{ Turno*Maquina_Nocturno T-17} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Tiempo	Ajuste	Resid	Resid est.	
41	10,150	12,214	-2,064	-2,69	R
45	13,380	11,772	1,608	2,10	R
47	10,550	12,143	-1,593	-2,08	R
65	11,970	9,633	2,337	3,05	R
78	10,420	12,406	-1,986	-2,59	R

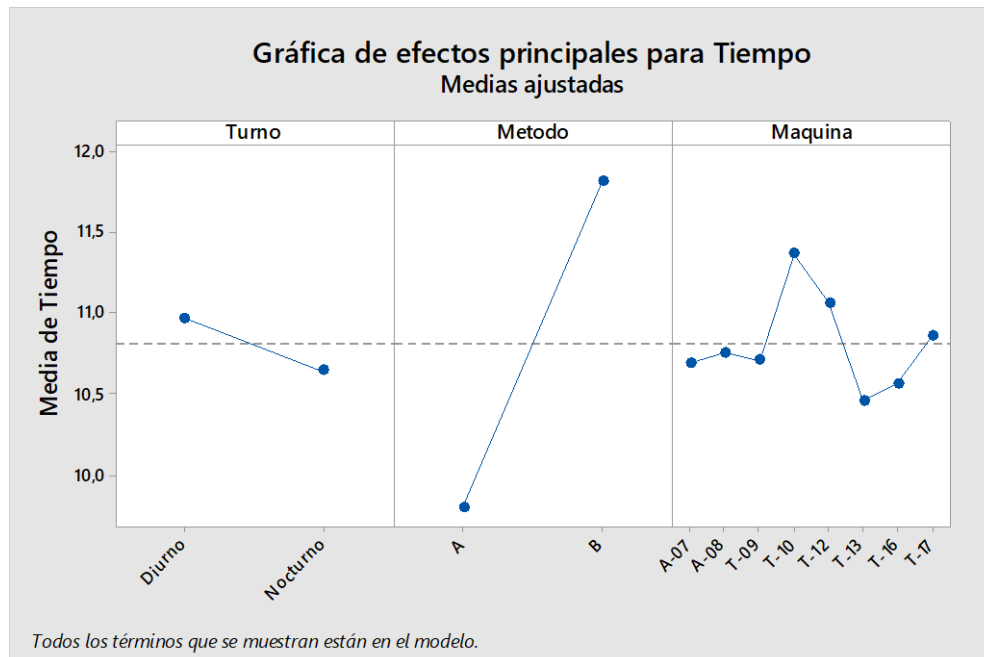
Residuo grande R

Fuente: Realizado con el software minitab en el análisis factorial el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 43. Ecuación de regresión y ajustes del diseño factorial del estudio.

3. Gráficas factoriales

Finalmente, se adjunta la gráfica de efectos principales, en este gráfico se puede ver el comportamiento de cada uno de los factores involucrado y sus respectivos niveles, con el fin de encontrar con cuál de estos el proceso presenta un tiempo más bajo, es decir, indica con cuales combinaciones de niveles el proceso es realizado con menor duración.



Fuente: Realizado con el software minitab por medio del análisis factorial el 15 de marzo del 2020.

Figura No. 44. Gráfica de efectos principales para el tiempo de cambio de papel.

La figura No. 44 muestra que el turno nocturno se comporta de una mejor manera que el diurno, en el caso del método, se puede observar que existe mucha variación en los tiempos obtenidos entre ambos métodos, este resultado es claro al ser dos métodos diferentes que impactan la duración, el método con mejor resultados es el A. Por último, las máquinas tienen diferentes comportamientos entre sí, en la T-10 se presentan los tiempos más altos y la T-13 tiene los tiempos más bajos.

Con esta gráfica se concluye que la mejor combinación que tiene los tiempos más bajos en los cambios de papel se obtiene en el turno nocturno utilizando el método A en la máquina T-13, este resultado se puede visualizar con mayor facilidad en la gráfica de interacción adjunta en el apéndice 31.

En forma general, los resultados obtenidos por medio de este diseño experimental son un ejemplo claro del impacto que tienen las causas en el problema de los tiempos extendidos y variables en los cambios de papel. En este apartado se determinaron diferentes causas, una de las principales según los resultados arrojados por la aplicación de multivotos y el análisis de las causas raíz, es la falta de estandarización del proceso, lo que se ve reflejado en este estudio.

Como se explicó al inicio el factor método consiste en dos formas diferentes en que los operarios realizan el proceso, con la diferencia de una única característica que con lo observado, impacta notablemente la duración del proceso, los técnicos de mantenimiento realizan estos métodos totalmente al azar, es decir, no tienen un control o estándar a seguir; finalmente, con el resultado obtenido en este estudio experimental se concluye que el factor significativo es el método lo que con certeza que la falta de estandarización sumada al no control de inventario y otras causas que van de la mano impactan la variación de los tiempos destinados al proceso en un 69.26% y es una causa a la cual buscarle solución inmediata con el fin de controlar el comportamiento de los tiempos y su duración total.

A lo largo de este apartado se puede observar cómo tanto los turnos como las máquinas no siempre tienen comportamientos significativamente iguales, las propuestas de solución deben buscar además de reducir las causas, la estandarización de tiempos entre turnos y máquinas en el piso, debido a que el proceso una vez mejorado deberá ser el mismo para todos.

V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

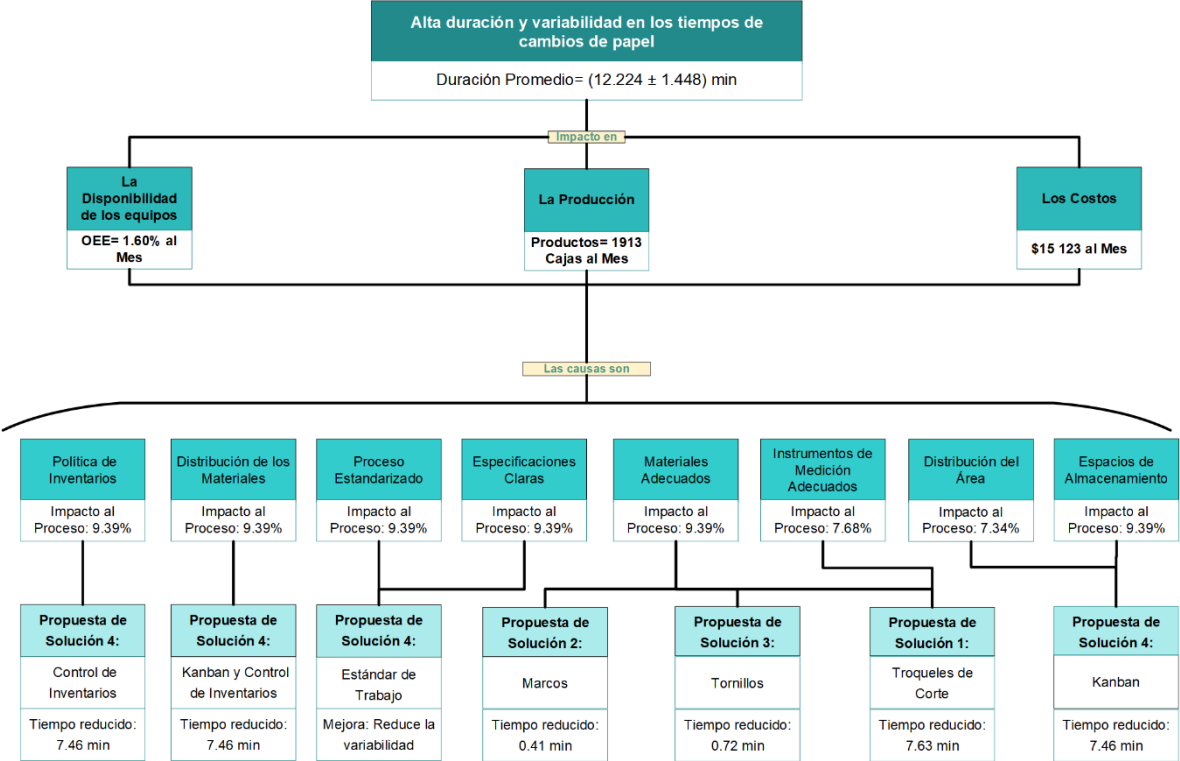
- El problema sometido a estudio consiste en que el proceso de cambio de papel tiene una alta duración lo que está ocasionando pérdidas en la disponibilidad de los equipos, impactando directamente la producción y el resultado del OEE.
- Por medio de los diagramas de recorrido realizados con base en el área de producción, se concluye que se requiere un mayor desplazamiento para realizar el proceso de la máquina A-07 con una distancia de 48.71 metros.
- El multivoto aplicado a los técnicos y supervisores del Focus Factory SCD arroja con su criterio experto que las causas del problema más significativas son la falta de política de inventarios, de materiales adecuados, de espacios de almacenamientos y la falta de especificaciones y de un estándar de labor para el proceso.
- Por medio del análisis de causas raíz se concluye con un 56.31% que las causas de mayor impacto en el problema son: Falta de política de inventarios y de materiales adecuados, la mala distribución de los materiales, la falta de espacios de almacenamiento y por último, la falta de especificaciones claras y de un proceso estandarizado; causas que concuerdan con los resultados obtenidos con la tabla multivoto.
- Los tiempos de cambio de papel para el turno 1 y el turno 2 son significativamente iguales con un $p > 0.05$ en la prueba de hipótesis.
- Por medio de la hipótesis realizada para el turno 3 y el turno 4 se concluye con un p superior a 0.05 que en todas las máquinas los tiempos de cambio de papel son significativamente iguales.
- En la actualidad, el tiempo de cambio de papel promedio para el turno diurno (turno 1 y 2) es de 13.530 minutos con una desviación de 1.420 minutos, por otro lado, el tiempo promedio en el turno nocturno (turno 3 y 4) es de 10.912 minutos con una desviación de 1.477 minutos.
- El tiempo promedio de cambio de papel actual para el área en general es de 12.221 minutos.

- Con un error menor a los 1.25 minutos de error máximo permitido por la compañía, en cada una de las máquinas del turno diurno se establece una n de 60 para el muestreo.
- Se establece una muestra igual a 40 para el muestreo del turno nocturno, respetando no sobrepasar el error máximo de 1.25 minutos.
- Las máquinas con mayor frecuencia en la realización del cambio son la A-07 y la A-08, con 79 y 46 cambios al mes respectivamente.
- Con un p igual a 0,00 se concluye que las máquinas en el turno diurno no tienen los tiempos de cambio de papel significativamente iguales.
- La prueba Fisher indica que algunas de las máquinas en el turno diurno obtienen tiempos de cambio de papel significativamente iguales entre sí, por ejemplo, la T-13, T-17 y T-16.
- Con un p igual a 0.724 se concluye que los equipos en el turno nocturno tienen una duración en el cambio significativamente igual.
- Por medio del análisis factorial se determina que el método, la interacción turno*método y la interacción turno*máquina impactan la variabilidad de los tiempos destinados al proceso en un 69.26%.
- El experimento demuestra que gran porcentaje de la variación viene a causa del método empleado por los técnicos, es decir, concuerda con la causa identificada en el análisis de causas de ausencia de estandarización en el proceso.
- Se concluye que los tiempos más bajos se obtienen con la combinación compuesta por el turno nocturno, utilizando el método A y en la máquina T-13.

VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO

En este apartado se presentan las propuestas de mejora del proyecto, individualmente se explican, se analiza la repercusión y por último, se realiza un análisis económico.

La figura No. 45 presenta un esquema que relaciona el problema con sus respectivos impactos, además se adjuntan las principales causas del problema encontradas con su respectiva propuesta de solución.



Fuente: Elaboración propia en el software Visio el 19 de junio del 2020.

Figura No. 45. Esquema introductorio a las propuestas de solución.

Para el análisis de las propuestas es necesario conocer el precio de las unidades producidas en el mercado y su costo asociado, el cuadro No. 23 desglosa a detalle esta información por cada una de las máquinas, por ejemplo en la máquina A-08 se producen las piezas con un valor de \$10 y el costo por su producción es de \$3.90. También es necesario conocer la capacidad de producción por hora de cada una de las máquinas, esta información se adjunta en el apéndice 39.

Cuadro No. 23. Valor en el mercado y costos asociados a las piezas de cada máquina.

Máquina	Precio por pieza (\$)	Costo por pieza (\$)
A-07	10	3.90
A-08	10	3.90
T-09	16	2.91
T-10	16	2.91
T-12	12	3.08
T-13	16	3.27
T-16	16	3.72
T-17	16	3.44

Fuente: Elaboración propia considerando los datos brindados por el departamento de finanzas.

Propuesta de solución 1: Troqueles de corte.

La primera propuesta consiste en la compra de 8 troqueles que tengan el diseño de los agujeros de cada una de las planchas, para que por medio de su utilización se puedan cortar los papeles de una forma automatizada, sin la necesidad de invertir demasiado tiempo en el proceso.

Los troqueles son dispositivos con bordes filosos que se colocan sobre una máquina para que puedan recortar o estampar determinada forma por presión sobre un determinado material, los troqueles permiten realizar el corte de grupos grandes de materiales como lo son el papel, la tela y el plástico, su diseño va a verse influenciado por los cortes que se le necesite dar al material, en el anexo 1 se muestra un troquel que ya es utilizado por la empresa.

Para la compra de estos equipos es necesario realizar los planos de las planchas, para que el proveedor guiado a las medidas pueda elaborar los troqueles con las condiciones físicas necesarias para el proceso en estudio, los planos fueron desarrollados a lo largo de este proyecto y se adjuntan en el apéndice 33. El troquel del anexo 1 se utiliza en el corte de tela y PVC, en el anexo 2 se puede ver que

este dispositivo permite que se perforen los agujeros a cierta medida y exactamente iguales para todos.

El troquel no puede realizar todo el proceso de corte por sí solo, para hacerlo se debe de colocar en una máquina que recibe el nombre de “Schoen”, esta tiene un espacio establecido para la colocación de los troqueles de corte, el troquel es una pieza fundamental para la máquina, el anexo 3 corresponde a una máquina Schoen que es activo de la empresa en la actualidad.

La empresa cuenta con dos Schoen’s en el área, por medio de estas máquinas se utilizarían los troqueles para también realizar el corte de los papeles y los operarios de producción serán los encargados de utilizarlas en este proceso, el siguiente cuadro indica la capacidad existente en los equipos.

Cuadro No. 24. Capacidad de utilización de las máquinas Schoen.

	Instalada (Mensual)	Utilizada (Mensual)	Disponible (Mensual)
Capacidad (Hrs)	720	462	258

Fuente: Elaboración propia tomando los datos proporcionados en el área de producción el 5 de Mayo del 2020.

El cuadro No. 24 indica que en la actualidad el equipo tiene un disponibilidad de utilización de 258 horas mensuales, contemplando los 2 equipos se tienen 516 horas mensuales disponibles, por otro lado, se adjunta el cuadro No. 25 donde se indica que para la realización de todos los papeles necesarios durante un mes, aproximadamente se necesitan 144.96 segundos, considerando que la máquina dura en promedio 0.46 segundos por unidad.

Cuadro No. 25. Tiempo promedio de producción mensual en la máquina Schoen.

Máquina	Demanda Mensual	Tiempo de diseño estimado (segundos)
A-07	79	37.92
A-08	46	22.08
T-09	39	18.72
T-10	35	16.8
T-12	31	14.88
T-13	30	14.4
T-16	24	11.52
T-17	18	8.64
Total	302	144.96

Fuente: Elaboración propia con los datos tomados del OEE alert y de un muestreo al proceso de corte el 5 de mayo del 2020.

Por medio de este análisis se concluye que en la compañía cuentan con la capacidad requerida en los equipos para realizar el proceso de corte de papel, es decir, no hay necesidad de comprar otra máquina Schoen.

- Análisis de mejora:

Con los troqueles se pueden cortar los papeles con anterioridad al cambio en la máquina, con el objetivo de que los técnicos tengan el material listo cuando deban de realizarlo y se elimine el tiempo en que los técnicos tienen que diseñar el papel sobre la plancha, además, el tiempo para recolectar el papel en la mesa, esta propuesta también permite la realización de cantidades grandes de papel, incluso se puede generar el papel en inventario para un mes completo. En el cuadro No. 26 se presenta el resumen de mejoras con respecto a tiempo de cambio de papel.

Cuadro No. 26. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 1.

Comparación tiempo de duracion cambio de papel Actual vrs propuesta de mejora 1					
Situación Actual			Solución 1: Troqueles de Corte		
n	Actividad	Duración (Segundos)	n	Actividad	Duración (Segundos)
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21	1	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98
2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80	2	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21	3	Detener la producción de la máquina	0.83
4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98	4	Pasar a modo manual	0.23
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00	5	Bajar la prensa de la máquina	2.50
6	Detener la producción de la máquina	0.83	6	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26
7	Pasar a modo manual	0.23	7	Levantar la prensa de la máquina	2.63
8	Bajar la prensa de la máquina	2.50	8	Pasar a modo automático	0.23
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26	9	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
10	Levantar la prensa de la máquina	2.62	10	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4	0.57
11	Pasar a modo automático	0.23	11	Dirigirse al panel principal	3.12
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	12	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57	13	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03
14	Dirigirse al panel principal	3.12	14	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96
15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33	15	Colocar la plancha en el carrito	3.42
16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03	16	Aflojar los tornillos	76.06
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96	17	Quitar los marcos de cada lado	16.48
18	Colocar la plancha en el carrito	3.42	18	Quitar papel a cambiar	1.66
19	Aflojar los tornillos	76.06	19	Colocar nuevo papel	5.79
20	Quitar los marcos de cada lado	16.48	20	colocar los marcos	16.48
21	Quitar papel a cambiar	1.66	21	Atornillar marcos	76.06
22	Colocar nuevo papel	5.79	22	Levantar plancha del carrito	0.96
23	Colocar un marco y tornillos	18.63	23	Colocarla en la tornamesa	3.42
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31	24	Verificar que la plancha calza bien	4.10
25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06	25	Ir hasta el panel de la máquina	3.12
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17	26	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30	27	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03
28	colocar los marcos faltantes	12.36	28	Cambiar giro de la tornamesa	1.32
29	Atornillar marcos faltantes	57.06	29	Pasar a modo manual	0.23
30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05	30	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50
31	Levantar plancha del carrito	0.96	31	Capturar con la prensa la plancha	0.26
32	Colocarla en la tornamesa	3.42	32	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62
33	Verificar que la plancha calza bien	4.10	33	Pasar a modo automático	0.24
34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12	34	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32	35	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57
36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03	36	Cerrar la puerta de control	0.20
37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32	37	Indicar a operarios que pueden continuar	0.30
38	Pasar a modo manual	0.23			
39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50			
40	Capturar con la prensa la plancha	0.26			
41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62			
42	Pasar a modo automático	0.24			
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92			
44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57			
45	Cerrar la puerta de control	0.20			
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30			

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos de los muestreo y datos estimados de la mejora el 9 de junio del 2020.

El cuadro No. 26 indica que en la actualidad se realizan 46 actividades y con la mejora se deberán de realizar un total de 37. Por otro lado, en el cuadro No. 27 se indica que con esta reducción de actividades, se mejora en un 19.57% el proceso, también se logra reducir el tiempo de cambio de 12.221 minutos a 4.96 minutos, con esta reducción se genera una mejora el proceso de 59.41%.

Cuadro No. 27. Mejoras porcentuales de la propuesta 1.

	Situación Actual	Propuesta 1	% Mejorado
Actividades	46	37	19.57%
Tiempo de cambio de papel (Min)	12.221	4.96	59.41%

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos con la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

- Análisis económico:

Para realizar este análisis se determina cuánto es el tiempo que se gana en la producción de cada máquina (ver apéndice 35), por medio de esta información se puede definir la cantidad de producción que se puede realizar en ese periodo de tiempo ganado con la propuesta, se adjunta el Cuadro No. 28, donde se define la cantidad de unidades por máquina, el ahorro esperado y el costo asociado.

Cuadro No. 28. Ahorro mensual de la propuesta 1.

Ahorro mensual con la propuesta 1					
Máquina	Tiempo Ganado (Hrs)	Unidades Producidas	Ingreso (\$)	Costos (\$)	Ahorro (\$)
A-07	9.56	502	5019.17	1957.47	3061.69
A-08	5.57	302	3017.19	1176.70	1840.48
T-09	4.72	63	1004.34	182.66	821.68
T-10	4.24	71	1131.75	205.84	925.91
T-12	3.75	47	562.73	144.43	418.29
T-13	3.63	82	1306.98	267.11	1039.87
T-16	2.90	41	659.88	153.42	506.46
T-17	2.18	29	463.54	99.66	363.88
Total	36.55	1136	13165.57	4187.31	8978.26

Fuente: Elaboración propia con los datos calculados por medio de la mejora que representa la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

El cuadro indica que por medio de la propuesta se pueden realizar 1136 unidades más durante el mes, lo que equivale a un ingreso de \$13,165.57 con un costo asociado de \$4,187.31 mensuales, para generar un ahorro de \$8,978.26.

Para la implementación de esta propuesta se requiere una inversión \$25,639.6 que se desglosan en los costos del cuadro No. 29. Este dinero recae sobre el costo de implementación por compra de los troqueles de corte y el tiempo invertido por el estudiante en la realización de los planos, para esta propuesta no se requiere nuevo personal y tampoco el personal existente requiere entrenamiento debido a que ya conocen como se realiza el proceso.

Cuadro No. 29. Costos asociados a la propuesta 1.

Costos	Descripción	Recursos	Costo por hora (\$)	Horas	Monto total (\$)
Diseño	Planos Planchas	1	1.92	30	57.6
Implementación	Troqueles de Corte	0	N/A	0	25582
Operación	N/A	0	N/A	0	0
TOTAL					25639.6

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos con cotizaciones y datos suministrados por el departamento de finanzas el 10 de junio del 2020.

Con el valor de la inversión se procede a realizar el análisis de los flujos de efectivo para evaluar la factibilidad de la mejora para la compañía, considerando un TMAR del 6.28%, valor que se obtiene tomando en cuenta el promedio de inflación de los últimos 5 años en Costa Rica según el Banco Central del país (Ver apéndice 40) y a determinación del departamento de finanzas un premio al riesgo de 5%. A continuación se presenta el cálculo del TMAR, por otro lado, los flujos de efectivo se hacen considerando que los troqueles cuentan con una vida útil de 2 años, por lo tanto, se realiza el análisis tomando en cuenta los 24 meses.

$$\text{TMAR} = i + f + if$$

$$\text{TMAR} = 0.05 + 0.0122 + 0.05 * 0.0122$$

TMAR = 6.28%

Cuadro No. 30. Flujos netos de efectivo de la propuesta 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57
Costos	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31
Depreciacion	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32
UAI	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95
Depreciacion	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32
FNE	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta los datos suministrados para los ingresos, costos y una vida útil de 2 años el 10 de junio del 2020.

Cuadro No. 31. (Continuación) Flujos netos de efectivo de la propuesta 1.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57	13165.57
4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31	4187.31
1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32
7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95	7909.95
1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32	1068.32
8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26	8978.26

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta los datos suministrados para los ingresos, costos y una vida útil de 2 años el 10 de junio del 2020.

Finalmente se adjunta el cuadro No. 32 donde están los resultados obtenidos para el cálculo del VAN, el TIR y el periodo de recuperación de la propuesta de mejora 1.

Cuadro No. 32. Resultados económicos obtenidos de la propuesta 1.

VAN	\$35,728.06
TIR	37%
TMAR	6.28%
Periodo de Recuperación (meses)	2.86
Ahorro Mensual	\$8,978.26

Fuente: Elaboración propia utilizando las formulas respectivas para cada parámetro el 10 de junio del 2020.

Por medio de los resultados obtenidos se concluye que la inversión de la propuesta 1 es factible para la empresa, debido a que el resultado para el VAN es positivo, el valor obtenido para el TIR es mucho mayor que el valor de TMAR y el periodo de recuperación es de solo 2.86 meses (2 meses y 26 días aproximadamente).

Propuesta de solución 2: Marco único para la plancha.

Como soporte del papel sobre la plancha se utilizan cuatro platinas metálicas que están posicionados en cada uno de los lados de la plancha como se adjunta en la figura No. 46.



Fuente: Imagen tomada en el Focus Factory SCD el 5 de mayo del 2020.

Figura No. 46. Platinas de soporte del papel utilizadas en la actualidad.

La propuesta de mejora 2 consiste en la elaboración de un solo marco que pueda dar soporte a los cuatro lados, con el fin de que sea más rápido de colocar y retirar de la plancha. Para la cotización de los marcos se debió realizar el diseño de los mismos utilizando el software SolidWork, estos planos están adjuntos en el apéndice 34.

- Análisis de mejora:

Se adjunta el siguiente cuadro donde se comparan las actividades actuales con respecto a las que deben de realizarse con la propuesta 2.

Cuadro No. 33. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 2.

Comparación tiempo de duracion cambio de papel Actual vrs propuesta de mejora 2					
Situación Actual			Solución 2: Marcos		
n	Actividad	Duración (Segundos)	n	Actividad	Duración (Segundos)
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21	1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21
2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80	2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21	3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21
4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98	4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00	5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00
6	Detener la producción de la máquina	0.83	6	Detener la producción de la máquina	0.83
7	Pasar a modo manual	0.23	7	Pasar a modo manual	0.23
8	Bajar la prensa de la máquina	2.50	8	Bajar la prensa de la máquina	2.50
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26	9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26
10	Levantar la prensa de la máquina	2.62	10	Levantar la prensa de la máquina	2.63
11	Pasar a modo automático	0.23	11	Pasar a modo automático	0.23
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57	13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57
14	Dirigirse al panel principal	3.12	14	Dirigirse al panel principal	3.12
15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33	15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33
16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03	16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96	17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96
18	Colocar la plancha en el carrito	3.42	18	Colocar la plancha en el carrito	3.42
19	Aflojar los tornillos	76.06	19	Aflojar los tornillos	76.06
20	Quitar los marcos de cada lado	16.48	20	Quitar marco	4.12
21	Quitar papel a cambiar	1.66	21	Quitar papel a cambiar	1.66
22	Colocar nuevo papel	5.79	22	Colocar nuevo papel	5.79
23	Colocar un marco y tornillos	18.63	23	Colocar el marco y tornillos	18.53
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31	24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31
25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06	25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17	26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30	27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30
28	colocar los marcos faltantes	12.36	28	Colocar tornillos faltantes	57.06
29	Atornillar marcos faltantes	57.06	29	Cortar exceso de papel de los lados	33.05
30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05	30	Levantar plancha del carrito	0.96
31	Levantar plancha del carrito	0.96	31	Colocarla en la tornamesa	3.42
32	Colocarla en la tornamesa	3.42	32	Verificar que la plancha calza bien	4.10
33	Verificar que la plancha calza bien	4.10	33	Ir hasta el panel de la máquina	3.12
34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12	34	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32	35	Girar tornamesa para colocar plancha en la	20.03
36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03	36	Cambiar giro de la tornamesa	1.32
37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32	37	Pasar a modo manual	0.23
38	Pasar a modo manual	0.23	38	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50
39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50	39	Capturar con la prensa la plancha	0.26
40	Capturar con la prensa la plancha	0.26	40	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62
41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62	41	Pasar a modo automático	0.24
42	Pasar a modo automático	0.24	42	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	43	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57
44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57	44	Cerrar la puerta de control	0.20
45	Cerrar la puerta de control	0.20	45	Indicar a operarios que pueden continuar	0.30
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30			

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos de los muestreo y datos estimados de la mejora el 11 de junio del 2020.

La implementación de un marco general para la plancha permite que el operario en lugar de retirar 4 veces una platina, en una sola operación retire el marco completo, además, al ser un marco único no se deben de colocar sobre la plancha las platinas faltantes después de realizar el diseño del papel, porque ya el marco se encuentra colocado y abarca los cuatro lados.

En la actualidad se tienen 46 actividades y por medio de la propuesta se eliminaría una actividad, en el cuadro No. 34 se puede observar que esta reducción mejora en un 2.17% en el proceso general de cambio de papel y que se pasa a un total de 11.808 minutos lo que indica una mejora en el tiempo de 3.38%.

Cuadro No. 34. Mejoras porcentuales de la propuesta 2.

	Situación Actual	Propuesta 2	% Mejorado
Actividades	46	45	2.17%
Tiempo de cambio de papel (Min)	12.221	11.808	3.38%

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos con la propuesta 2 el 12 de junio del 2020.

- Análisis económico:

Para la propuesta de solución 2, la compañía necesitaría realizar una inversión de \$88.12, dinero que es necesario para comprar el material (aluminio) para que uno de los técnicos realice el armado de los marcos, también se contempla el dinero pagado al estudiante por la realización de los planos del diseño de los marcos requeridos por cada plancha, este desglose de costos se adjunta en el cuadro No. 35 a continuación.

Cuadro No. 35. Costos asociados a la propuesta 2.

Costos	Descripción	Recursos	Costo por hora (\$)	Horas	Monto total (\$)
Diseño	Armado de marcos	1	6.07	10	60.7
	Planos Marcos	1	1.92	9	17.28
Implementación	Laminas de aluminio	0	N/A	0	10.14
Operación	N/A	0	N/A	0	0
TOTAL					88.12

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos con cotizaciones y datos suministrados por el departamento de finanzas el 12 de junio del 2020.

Para esta propuesta no se realiza el análisis de los flujos de efectivo debido a que los marcos no cuentan con una vida útil asociada, este tipo de material es utilizado para evitar la corrosión y se debe de realizar un cambio hasta se dañen. Sin embargo, se indica mediante el Cuadro No. 36 el ahorro asociado a la mejora.

Cuadro No. 36. Ahorro mensual de la propuesta 2.

Ahorro mensual con la propuesta 2					
Máquina	Tiempo Ganado (Hrs)	Unidades Producidas	Ingreso (\$)	Costos (\$)	Ahorro (\$)
A-07	0.54	29	285.49	111.34	174.15
A-08	0.32	17	171.62	66.93	104.69
T-09	0.27	4	57.13	10.39	46.74
T-10	0.24	4	64.37	11.71	52.67
T-12	0.21	3	32.01	8.22	23.79
T-13	0.21	5	74.34	15.19	59.15
T-16	0.17	2	37.53	8.73	28.81
T-17	0.12	2	26.37	5.67	20.70
Total	2.08	65	748.85	238.17	510.68

Fuente: Elaboración propia con los datos calculados por medio de la mejora que representa la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

Por medio de la implementación se gana un total de 2.08 horas mensuales en disponibilidad de los equipos, si se transforma este tiempo en producción se generan un total de 65 piezas, lo que equivale a un total de \$510.68 mensuales. Por otro lado, la inversión de \$88.12 según el cuadro No. 37 puede recuperarse en 6

días después de su implementación, generando un ahorro asociado en ese mismo mes y para los siguientes en la compañía.

Cuadro No. 37. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 2.

Periodo de Recuperación (Mes)	0.17
-------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia considerando el valor de la inversión y el ahorro mensual por medio de la propuesta.

Propuesta de solución 3: Nuevo diseño de Tornillos.

En la actualidad, en el proceso de cambio de papel se retiran y colocan tornillos de soporte para cada marco, la idea de esta propuesta es que se sigan utilizando tornillos, pero con una cabeza estilo mariposa, con el objetivo de que los técnicos no tengan la necesidad de utilizar una herramienta para poder retirarlos o colocarlos y darles materiales más adecuados y ergonómicos a los empleados. El anexo 4 corresponde a la forma propuesta para los nuevos tornillos.

- Análisis de mejora:

En el cuadro No. 38 se adjunta la comparación de actividades para la propuesta de mejora 3, para esta propuesta se mantienen la cantidad de actividades, sin embargo, hay un reducción en el tiempo de cambio de papel.

Cuadro No. 38. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 3.

Comparación tiempo de duracion cambio de papel Actual vrs propuesta de mejora 3					
Situación Actual			Solución 3: Tornillos		
n	Actividad	Duración (Segundos)	n	Actividad	Duración (Segundos)
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21	1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21
2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80	2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21	3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21
4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98	4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00	5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00
6	Detener la producción de la máquina	0.83	6	Detener la producción de la máquina	0.83
7	Passar a modo manual	0.23	7	Passar a modo manual	0.23
8	Bajar la prensa de la máquina	2.50	8	Bajar la prensa de la máquina	2.50
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26	9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26
10	Levantar la prensa de la máquina	2.62	10	Levantar la prensa de la máquina	2.62
11	Passar a modo automático	0.23	11	Passar a modo automático	0.23
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57	13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57
14	Dirigirse al panel principal	3.12	14	Dirigirse al panel principal	3.12
15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33	15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33
16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03	16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96	17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96
18	Colocar la plancha en el carrito	3.42	18	Colocar la plancha en el carrito	3.42
19	Aflojar los tornillos	76.06	19	Aflojar los tornillos	56.00
20	Quitar los marcos de cada lado	16.48	20	Quitar los marcos de cada lado	16.48
21	Quitar papel a cambiar	1.66	21	Quitar papel a cambiar	1.66
22	Colocar nuevo papel	5.79	22	Colocar nuevo papel	5.79
23	Colocar un marco y tornillos	18.63	23	Colocar un marco y tornillos	10.12
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31	24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31
25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06	25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17	26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30	27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30
28	colocar los marcos faltantes	12.36	28	colocar los marcos faltantes	12.36
29	Atornillar marcos faltantes	57.06	29	Atornillar marcos faltantes	42.00
30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05	30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05
31	Levantar plancha del carrito	0.96	31	Levantar plancha del carrito	0.96
32	Colocarla en la tornamesa	3.42	32	Colocarla en la tornamesa	3.42
33	Verificar que la plancha calza bien	4.10	33	Verificar que la plancha calza bien	4.10
34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12	34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32	35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32
36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03	36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03
37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32	37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32
38	Passar a modo manual	0.23	38	Passar a modo manual	0.23
39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50	39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50
40	Capturar con la prensa la plancha	0.26	40	Capturar con la prensa la plancha	0.26
41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62	41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62
42	Passar a modo automático	0.24	42	Passar a modo automático	0.24
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57	44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57
45	Cerrar la puerta de control	0.20	45	Cerrar la puerta de control	0.20
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30	46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos de los muestreo y datos estimados de la mejora el 10 de junio del 2020.

Esta mejora lo que permite es que los tronillos sean retirados y colocados en menor tiempo, según el cuadro de comparación actualmente en el retiro se dura 76.06 segundos y con la mejora se podría durar 56 segundos. En el siguiente adjunto se obtiene el resultado porcentual al cual equivale la mejora propuesta, al no haber disminución en la cantidad de actividades no existe mejora en esta relación, por otro lado, el tiempo pasa de 12.221 minutos a 11.494 minutos, por lo tanto, se mejora en 5.95% el proceso.

Cuadro No. 39. Mejoras porcentuales de la propuesta 3.

	Situación Actual	Propuesta 3	% Mejorado
Actividades	46	46	0.00%
Tiempo de cambio de papel (Min)	12.221	11.494	5.95%

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos con la propuesta 3 el 10 de junio del 2020.

- Análisis económico:

La propuesta de mejora implica una inversión de \$81.77 y los costos de diseño son de \$24.28 por el armado de los tornillos, también se tienen los costos por implementación que consideran la compra de los tornillos y las mariposas, para esta propuesta no hay costo de operación debido a que no hay necesidad de contratar personal extra para la manipulación o diseño de la mejora.

Cuadro No. 40. Costos asociados a la propuesta 3.

Costos	Descripción	Recursos	Costo por hora (\$)	Horas	Monto total (\$)
Diseño	Diseño de tornillos	1	6.07	4	24.28
Implementación	Tornillos y Mariposas	0	N/A	0	57.49
Operación	N/A	0	N/A	0	0
TOTAL					81.77

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos con cotizaciones y datos suministrados por el departamento de finanzas el 10 de junio del 2020.

Considerando el tiempo promedio en la realización del producto en cada máquina, se procede a calcular el tiempo ganado y cuántas unidades se pueden producir, la información obtenida se adjunta en el cuadro No.41.

Cuadro No. 41. Ahorro mensual de la propuesta 3.

Ahorro mensual con la propuesta 3					
Máquina	Tiempo Ganado (Hrs)	Unidades Producidas	Ingreso (\$)	Costos (\$)	Ahorro (\$)
A-07	0.96	50	502.54	195.99	306.55
A-08	0.56	30	302.09	117.82	184.28
T-09	0.47	6	100.56	18.29	82.27
T-10	0.42	7	113.32	20.61	92.71
T-12	0.38	5	56.34	14.46	41.88
T-13	0.36	8	130.86	26.74	104.12
T-16	0.29	4	66.07	15.36	50.71
T-17	0.22	3	46.41	9.98	36.43
Total	3.66	114	1318.19	419.25	898.94

Fuente: Elaboración propia con los datos calculados por medio de la mejora que representa la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

Por medio de la propuesta se obtiene una ganancia de 3.66 horas en las que se pueden producir un total de 114 slices, esta ganancia en productos equivale a \$898.94 de ahorro mensual.

Este resultado indica que la empresa recuperaría la inversión realizada en el primer mes, para ser más exactos, en el cuadro No. 42 se muestra que el periodo de recuperación es de 0.09 meses (3 días aproximadamente), con estos resultados obtenidos se concluye que la propuesta de mejora es factible.

Cuadro No. 42. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 3.

Periodo de Recuperación (Mes)	0.09
--------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia considerando el valor de la inversión y el ahorro mensual por medio de la propuesta.

Propuesta 4: Estándar de trabajo, Kanban y control de inventario.

La propuesta 4 está formada por tres partes que buscan con su unión mantener un inventario de seguridad mensual, estandarizar el proceso y asegurar un proceso con menor variación. Seguidamente, se presenta una descripción detallada de cada una de las mencionadas.

1. Control de inventario:

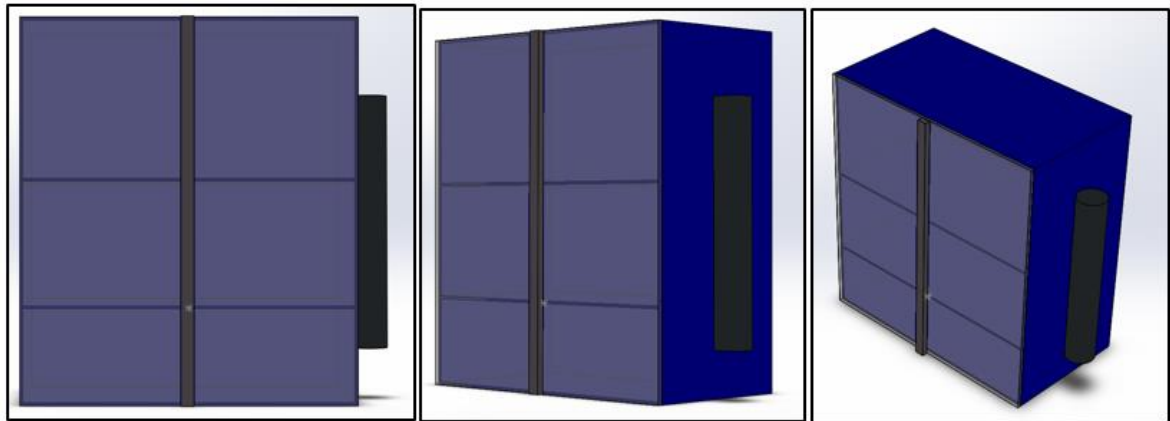
Para mantener un control del inventario se realiza una herramienta por medio de Excel, con esta herramienta se puede ingresar el papel que se va gastando y también el inventario de papel que es realizado por los operarios, de esta manera se mantiene un control de entradas y salidas del papel para conocer cuando es necesario realizar nuevo material de acuerdo con un valor de seguridad establecido para que nunca se queden sin existencias.

La propuesta contempla como inventario mínimo el valor de seguridad y como inventario máximo el valor correspondiente a la cantidad de papel requerido para un mes completo, es decir, una vez que se llega al inventario mínimo, los encargados de cortar el papel deberán de reabastecer el total de papel hasta su máximo requerido. La propuesta de mejora se adjunta en el apéndice 36 junto con el manual de utilización correspondiente.

2. Kanban:

En la actualidad no existe un lugar establecido para mantener los papeles cortados, razón por la cual es difícil tenerlo listo antes de realizar el cambio, con esta propuesta se pretende implementar un espacio en el que por cada una de las máquinas se mantenga el inventario del papel requerido. Cada uno de los equipos cuenta con un armario en su área, donde depositan diferentes materiales necesarios, se pretende establecer un dispositivo en forma de cilindro atornillado al armario donde se pueda guardar el papel requerido y que cuente con la capacidad de albergar el inventario máximo establecido por medio de la herramienta.

La figura No. 47 muestra el diseño de cómo se vería la propuesta junto al armario existente en el piso de producción, el material propuesto para el cilindro es PVC sanitario de 6 pulgadas de diámetro con un tapón de PVC plano para el fondo, en la parte superior no tendría tapa para facilitar su extracción, en el apéndice 38 se adjunta la cotización de los materiales, el cilindro sería realizado por los operarios de mantenimiento de la empresa.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software Solidwork considerando las medidas estimadas para la propuesta de mejora.

Figura No. 47. Propuesta de almacenamiento de papel.

3. Estándar de labor:

El estándar de labor consiste en un procedimiento que contempla el paso a paso de cómo cortar el papel y cómo cambiarlo en la máquina, se presenta esta propuesta debido a que como se ha comentado, los técnicos realizan el proceso de forma no estandarizada entre sí o en los diferentes turnos de trabajo, generando variación en la duración de los cambios. En el documento se explica cómo deben de cortar el papel antes del cambio y donde deben almacenarlo, con el fin de disminuir ese tiempo de diseño del papel.

Por medio de este procedimiento se les brinda un entrenamiento en el que se les muestra y explica cómo se debe de realizar cada actividad del proceso, además, el procedimiento es un documento controlado por la empresa y se debe

de subir al sistema “agile”, en este sistema se encuentran todos los procedimientos o documentación que es utilizada para realizar diferentes acciones de los departamentos, por otro lado, por medio del sistema se les carga un quiz a los técnicos, para asegurar que han leído y comprendido todo el procedimiento. El procedimiento completo se adjunta en el apéndice 37.

- Análisis de mejora:

En el cuadro No. 43 se hace la comparación de actividades entre la situación actual y la mejora planteada, con la propuesta se pasa de 46 actividades a solo 37, esto se logra con la eliminación de los pasos para realizar el papel durante el cambio en la máquina, también eliminando los primeros pasos del actual, ya no es necesario ir a traer el papel hasta la mesa donde se ubica actualmente, con esta propuesta el papel se encuentra al lado de la máquina, eliminando el primer recorrido y el tiempo de traslado.

Cuadro No. 43. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 4.

Comparación tiempo de duracion cambio de papel Actual vrs propuesta de mejora 4					
Situación Actual			Solución 4: Estandar, kanban y control de inventario		
n	Actividad	Duración (Segundos)	n	Actividad	Duración (Segundos)
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21	1	Colocar herramientas en el carrito	0.98
2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80	2	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio y tomar el papel del Kanban	24.10
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21	3	Detener la producción de la máquina	0.83
4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98	4	Pasar a modo manual	0.23
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00	5	Bajar la prensa de la máquina	2.50
6	Detener la producción de la máquina	0.83	6	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26
7	Pasar a modo manual	0.23	7	Levantar la prensa de la máquina	2.62
8	Bajar la prensa de la máquina	2.50	8	Pasar a modo automático	0.23
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26	9	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
10	Levantar la prensa de la máquina	2.62	10	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57
11	Pasar a modo automático	0.23	11	Dirigirse al panel principal	3.12
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	12	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57	13	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03
14	Dirigirse al panel principal	3.12	14	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96
15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33	15	Colocar la plancha en el carrito	3.42
16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03	16	Aflojar los tornillos	76.06
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96	17	Quitar los marcos de cada lado	16.48
18	Colocar la plancha en el carrito	3.42	18	Quitar papel a cambiar	1.66
19	Aflojar los tornillos	76.06	19	Colocar nuevo papel	5.79
20	Quitar los marcos de cada lado	16.48	20	Colocar marcos	16.48
21	Quitar papel a cambiar	1.66	21	Colocar tornillos	76.06
22	Colocar nuevo papel	5.79	22	Levantar plancha del carrito	0.96
23	Colocar un marco y tornillos	18.63	23	Colocarla en la tornamesa	3.42
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31	24	Verificar que la plancha calza bien	4.10
25	Colocar tabilla plastica entre la plancha y papel	4.06	25	Ir hasta el panel de la máquina	3.12
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17	26	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30	27	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03
28	colocar los marcos faltantes	12.36	28	Cambiar giro de la tornamesa	1.32
29	Atornillar marcos faltantes	57.06	29	Pasar a modo manual	0.23
30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05	30	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50
31	Levantar plancha del carrito	0.96	31	Capturar con la prensa la plancha	0.26
32	Colocarla en la tornamesa	3.42	32	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62
33	Verificar que la plancha calza bien	4.10	33	Pasar a modo automático	0.24
34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12	34	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32	35	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57
36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03	36	Cerrar la puerta de control	0.20
37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32	37	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30
38	Pasar a modo manual	0.23			
39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50			
40	Capturar con la prensa la plancha	0.26			
41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62			
42	Pasar a modo automático	0.24			
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92			
44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57			
45	Cerrar la puerta de control	0.20			
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30			

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos de los muestreo y datos estimados de la mejora el 11 de junio del 2020.

Con la eliminación de 9 actividades en el proceso se mejora en un 19.57% este rubro, por otro lado, en la actualidad se dura 12.221 minutos y por medio de la mejora el proceso completo podría durar 4.962 minutos mejorando en 59.40% el proceso.

Cuadro No. 44. Mejoras porcentuales de la propuesta 4.

	Situación Actual	Propuesta 4	% Mejorado
Actividades	46	37	19.57%
Tiempo de cambio de papel (Min)	12.221	4.962	59.40%

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos con la propuesta 4 el 14 de junio del 2020.

- Análisis económico:

Para la implementación de esta propuesta se realizan las cotizaciones pertinentes (ver apéndice 38) y en el cuadro adjunto No. 45 se desglosan los costos asociados.

En costos de diseño está la realización de los cilindros por parte de un operario de mantenimiento, además de la herramienta y el estándar de trabajo a cargo de un estudiante pasante, para los costos de implementación se agrega el valor que tienen los materiales necesarios para los cilindros, por último, para implementar la propuesta no hay necesidad de contratar más personal por lo que ese valor está en cero. Con la suma de todos los costos se obtiene que la inversión de la propuesta es de \$481.82.

Cuadro No. 45. Costos asociados a la propuesta 4.

Costos	Descripción	Recursos	Costo por hora (\$)	Horas	Monto total (\$)
Diseño	Cilindros	1	6.07	4	24.28
	Herramienta y Estandar	1	1.92	34	65.44
Implementación	Material cilindros	0	N/A	0	392.1
Operación	N/A	0	N/A	0	0
TOTAL					481.82

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos con cotizaciones y datos suministrados por el departamento de finanzas el 12 de junio del 2020.

En el cuadro No. 46 a continuación se muestra que por medio de la propuesta mensualmente se ganan 36.54 horas con las que los equipos van a tener mayor tiempo de disponibilidad para producir, en este periodo de tiempo se pueden producir un total de 1136 piezas, lo que representa un total de \$8,975.79 mensuales en ahorros.

Cuadro No. 46. Ahorro mensual de la propuesta 4.

Ahorro mensual con la propuesta 4					
Máquina	Tiempo Ganado (Hrs)	Unidades Producidas	Ingreso (\$)	Costos (\$)	Ahorro (\$)
A-07	9.56	502	5017.78	1956.94	3060.85
A-08	5.57	302	3016.36	1176.38	1839.98
T-09	4.72	63	1004.06	182.61	821.45
T-10	4.23	71	1131.44	205.78	925.66
T-12	3.75	47	562.57	144.39	418.18
T-13	3.63	82	1306.62	267.04	1039.58
T-16	2.90	41	659.70	153.38	506.32
T-17	2.18	29	463.41	99.63	363.78
Total	36.54	1136	13161.95	4186.16	8975.79

Fuente: Elaboración propia con los datos calculados por medio de la mejora que representa la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

Considerando la inversión a realizar y el ahorro obtenido mensualmente se procede a calcular el periodo de recuperación, este resultado arroja que en un total de 0.05 meses (2 días aproximadamente) se recupera la inversión, con este resultado se

puede concluir que para la compañía es factible implementar esta propuesta de mejora.

Cuadro No. 47. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 4.

Periodo de Recuperación (Mes)	0.05
--------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia considerando el valor de la inversión y el ahorro mensual por medio de la propuesta.

Propuesta 5: Conjunto de las 5 propuestas

La propuesta de mejora 5 es la unión de todas las anteriormente explicadas, se considera esta opción debido a que cada una de las propuestas resuelve una causa del problema diferente y al aplicar todas las propuestas el tiempo del proceso de cambio de papel va a disminuir mucho más en comparación con las demás propuestas individualmente aplicadas.

- Análisis de mejora:

Por medio de la propuesta 5 se eliminan las actividades destinadas a cortar el papel durante el cambio, también las actividades para ir a recolectar el material hasta la mesa, por otro lado, se disminuye el tiempo de duración al tener un solo marco en la plancha.

Por último, al tener tornillos con cabeza estilo mariposa se disminuye el tiempo de cambio, sin embargo, aprovechando que se tiene un solo marco de soporte, se pueden utilizar solamente 4 tornillos en lugar de los 8 que se utilizan en la actualidad.

Seguidamente, se adjunta el cuadro No. 48, en este se comparan las actividades de cambio de papel actuales con respecto a las actividades que deberían realizarse con la implementación de la propuesta, además, en cada paso se muestra el tiempo de duración correspondiente.

Cuadro No. 48. Comparación de actividades y los tiempos de duración del proceso actual con respecto a la propuesta 5.

Comparación tiempo de duracion cambio de papel Actual vrs propuesta de mejora 5					
Situación Actual			Solución 5		
n	Actividad	Duración (Segundos)	n	Actividad	Duración (Segundos)
1	Caminar hasta la mesa donde se encuentra el papel	28.21	1	Colocar herramientas en el carrito	0.98
2	Cortar el papel requerido para la máquina	16.80	2	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio y tomar el papel del Kanban	24.10
3	Regresar al espacio de mantenimiento con el papel	28.21	3	Detener la producción de la máquina	0.83
4	Colocar papel y herramientas en el carrito	0.98	4	Pasar a modo manual	0.23
5	Dirigirse hasta la máquina que requiere el cambio	24.00	5	Bajar la prensa de la máquina	2.50
6	Detener la producción de la máquina	0.83	6	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26
7	Pasar a modo manual	0.23	7	Levantar la prensa de la máquina	2.62
8	Bajar la prensa de la máquina	2.50	8	Pasar a modo automático	0.23
9	Soltar la plancha de prensa desde el panel	0.26	9	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
10	Levantar la prensa de la máquina	2.62	10	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57
11	Pasar a modo automático	0.23	11	Dirigirse al panel principal	3.12
12	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92	12	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33
13	Reducir la velocidad de la máquina en 3/4 partes	0.57	13	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03
14	Dirigirse al panel principal	3.12	14	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96
15	Guardar cambios oprimiendo Reset	0.33	15	Colocar la plancha en el carrito	3.42
16	Girar tornamesa hasta la ventana adecuada	20.03	16	Aflojar los tornillos	42.00
17	El operario levanta la plancha de la tornamesa	0.96	17	Quitar el marco	4.12
18	Colocar la plancha en el carrito	3.42	18	Quitar papel a cambiar	1.66
19	Aflojar los tornillos	76.06	19	Colocar nuevo papel	5.79
20	Quitar los marcos de cada lado	16.48	20	Colocar marco	4.12
21	Quitar papel a cambiar	1.66	21	Colocar Tornillos	42.00
22	Colocar nuevo papel	5.79	22	Levantar plancha del carrito	0.96
23	Colocar un marco y tornillos	18.63	23	Colocarla en la tornamesa	3.42
24	Calcar uno a uno lo agujeros de la plancha en el papel	147.31	24	Verificar que la plancha calza bien	4.10
25	Colocar tablilla plastica entre la plancha y papel	4.06	25	Ir hasta el panel de la máquina	3.12
26	Hacer cada agujero con maso y cinsel	179.17	26	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32
27	Verificar que no queden residuos de papel de la plancha	3.30	27	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03
28	colocar los marcos faltantes	12.36	28	Cambiar giro de la tornamesa	1.32
29	Atornillar marcos faltantes	57.06	29	Pasar a modo manual	0.23
30	Cortar exceso de papel de los lados	33.05	30	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50
31	Levantar plancha del carrito	0.96	31	Capturar con la prensa la plancha	0.26
32	Colocarla en la tornamesa	3.42	32	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62
33	Verificar que la plancha calza bien	4.10	33	Pasar a modo automático	0.24
34	Ir hasta el panel de la máquina	3.12	34	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92
35	Cambiar el sentido de giro de la tornamesa	1.32	35	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57
36	Girar tornamesa para colocar plancha en la prensa	20.03	36	Cerrar la puerta de control	0.20
37	Cambiar giro de la tornamesa	1.32	37	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30
38	Pasar a modo manual	0.23			
39	Bajar la prensa hasta la plancha	2.50			
40	Capturar con la prensa la plancha	0.26			
41	Subir la prensa a su posición Inicial	2.62			
42	Pasar a modo automático	0.24			
43	Dirigirse a puerta de control de la máquina	1.92			
44	Normalizar la velocidad de la máquina	0.57			
45	Cerrar la puerta de control	0.20			
46	Indicar a operarios que pueden continuar producción	0.30			

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos de los muestreo y datos estimados de la mejora el 10 de junio del 2020.

El cuadro No. 48 indica una disminución de 9 actividades en el proceso, a pesar de que las actividades se reducen en la misma cantidad con respecto a algunas de las propuestas anteriores, el tiempo reducido mediante esta propuesta si es mayor al de las demás.

En el cuadro No. 49 se puede verificar que existe un 19.57% de mejora con respecto a las actividades disminuidas, por otro lado, hay una mejora de 71.24% con la disminución en el tiempo de 12.221 minutos a los 3.515 minutos.

Cuadro No. 49. Mejoras porcentuales de la propuesta 5.

	Situación Actual	Propuesta 5	% Mejorado
Actividades	46	37	19.57%
Tiempo de cambio de papel (Min)	12.221	3.515	71.24%

Fuente: Elaboración propia por medio de los resultados obtenidos con la propuesta 5 el 10 de junio del 2020.

- Análisis económico:

Seguidamente, se realiza el análisis económico de la propuesta de mejora número 5, primero se adjuntan todos los costos de diseño, implementación y operación que conforman las mejoras, se obtiene que por medio de la suma de todos los costos la inversión inicial de la propuesta es de \$26,291.31.

Cuadro No. 50. Costos asociados a la propuesta 5.

Costos	Descripción	Recursos	Costo por hora (\$)	Horas	Monto total (\$)
Diseño	Cilindros	1	6.07	4	24.28
	Diseño de tornillos	1	6.07	4	24.28
	Armado de marcos	1	6.07	10	60.7
	Planos Marcos	1	1.92	9	17.28
	Planos Planchas	1	1.92	30	57.6
	Herramienta y Estandar	1	1.92	34	65.44
Implementación	Tornillos y Mariposas	0	N/A	0	57.49
	Laminas de aluminio	0	N/A	0	10.14
	Troqueles de Corte	0	N/A	0	25582
	Material cilindros	0	N/A	0	392.1
Operación	N/A	0	N/A	0	0
TOTAL					26291.31

Fuente: Elaboración propia por medio de los datos obtenidos con cotizaciones y datos suministrados por el departamento de finanzas el 10 de junio del 2020.

En el siguiente cuadro se desglosan los periodos de tiempo ganados en la disponibilidad de cada uno de los equipos para sumar un total de 43.82 horas mensuales, este tiempo utilizado para la producción de unidades permite realizar 1362 piezas más sobre el total actual, con este total se generaría un ahorro de \$10,765.01 mensualmente, es decir, \$129,180.12 al año.

Cuadro No. 51. Ahorro mensual de la propuesta 5.

Ahorro mensual con la propuesta 5					
Máquina	Tiempo Ganado (Hrs)	Unidades Producidas	Ingreso (\$)	Costos (\$)	Ahorro (\$)
A-07	11.46	602	6018.02	2347.03	3670.99
A-08	6.67	362	3617.63	1410.88	2206.76
T-09	5.66	75	1204.21	219.02	985.20
T-10	5.08	85	1356.98	246.80	1110.18
T-12	4.50	56	674.72	173.18	501.54
T-13	4.35	98	1567.08	320.27	1246.81
T-16	3.48	49	791.20	183.95	607.25
T-17	2.61	35	555.79	119.50	436.30
Total	43.82	1362	15785.63	5020.62	10765.01

Fuente: Elaboración propia con los datos calculados por medio de la mejora que representa la propuesta 1 el 10 de junio del 2020.

Considerando el ahorro mensual que se obtiene por medio de la implementación de esta propuesta y la inversión inicial para realizarla, se obtiene que en un periodo de 2.44 meses (2 meses y 14 días aproximadamente) se puede recuperar.

Cuadro No. 52. Periodo de recuperación de la inversión de la propuesta de solución 5.

Periodo de Recuperación (Mes)	2.44
--------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia considerando el valor de la inversión y el ahorro mensual por medio de la propuesta.

Con el análisis que se ha realizado, se concluye que la propuesta es factible de implementar, debido a que se recupera en un periodo corto de tiempo y también genera ganancias para la compañía.

Comparación entre las propuestas de mejora:

Con el análisis al que fueron sometidas las propuestas se obtienen una serie de resultados, esta información se encuentra resumida en el cuadro No. 53.

Cuadro No. 53. Resumen de resultados obtenidos con las propuestas de mejora.

Resultados de las propuestas de mejora					
Propuesta	Porcentaje de Tiempo reducido	Ahorro Mensual (\$)	Periodo de recuperación (meses)	VAN (\$)	TIR
1	59.41%	8978.26	2.86	35,728.06	37%
2	3.38%	510.68	0.17		
3	5.95%	898.94	0.09		
4	59.40%	8975.79	0.05		
5	71.24%	10,765.01	2.44		

Fuente: Elaboración propia considerando los resultados obtenido con el análisis a las propuestas de mejora el 20 de junio del 2020.

Es importante mencionar que la disminución en el tiempo del cambio de papel, implica un ahorro económico para la compañía del valor que se puede ver en el cuadro No. 53 para cada una de las propuestas, este ahorro se da porque los equipos van a tener un menor tiempo de paros, por lo tanto, la empresa puede generar mayor cantidad de producto terminado. Aunque este dinero no va a ingresar directamente a la compañía, implica la reducción de los costos asociados al proceso productivo de cada equipo.

Para el Cuadro No. 54 se toman como factores la información que se le definió a cada una de las propuestas en el cuadro No.53, ya que es considerada importante al seleccionar la propuesta de mejora a implementar, se define un rango de puntaje de 1 a 20, siendo 20 más relevante y 1 el menos importante, por otro lado, la calificación es definida del 1 al 5, donde el 5 es la mejor calificación y el 1 es deficiente.

Cuadro No. 54. Análisis ponderado de los factores de mejora para todas las propuestas de solución.

Factores	Puntaje	Propuestas de solución									
		1		2		3		4		5	
Disminución del tiempo	20	5	100	1	20	1	20	4	80	5	100
Periodo de recuperación	10	3	30	4	40	5	50	5	50	3	30
Ahorro (Ingreso)	15	3	45	1	15	2	30	4	60	5	75
Total (Puntaje * Calificación)		175		75		100		190		205	

Fuente: Elaboración propia considerando los factores determinantes de mejora para la empresa el 20 de junio del 2020.

Tomando en cuenta el análisis ponderado se puede concluir que la propuesta de solución número 5 es la que representa la principal oportunidad de mejora para la empresa, evaluando los factores, es la opción que arroja un mayor beneficio con respecto a las otras propuestas. La propuesta 5 logra una reducción por encima del 50% del tiempo actual, su periodo de recuperación es bajo y además representa un

ahorro mensual de \$11,720.95 para la empresa, por lo tanto, es recomendable que la compañía implemente esta solución de mejora en el proceso de cambio de papel.

VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

En este apartado se presenta el plan a seguir para implementar las propuestas de solución, se indica el paso a paso para cada una y también el plan a seguir contemplando a todas, debido a que la empresa y el estudio indican que es la oportunidad de mejora con mejores resultados.

Plan de implementación Propuesta de mejora 1

Para desarrollar esta mejora el plan de implementación comprende un total de 5 acciones a seguir, estas acciones se describen seguidamente.

1. Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora.

Se convoca a una reunión a los interesados del proyecto, esta convocatoria está a cargo del gerente de excelencia operacional de la empresa y asesor industrial del proyecto, en dicha reunión se realiza una presentación en la que se presente la propuesta.

- Explicación de la propuesta y sus mejoras.

Se hace una explicación del funcionamiento y estructura planteada para la solución en el área de producción, es decir, todas las implicaciones técnicas que deben ser tomadas en cuenta.

Se exponen las ventajas que trae consigo la implementación de la propuesta, las consideraciones como la reducción del tiempo del proceso, el ahorro que genera, el VAN, TIR y periodo de recuperación.

- Consideración de las cotizaciones y el análisis económico.

En la presentación se adjunta la información obtenida por medio del análisis económico para verificar su factibilidad, también se deben presentar las cotizaciones realizadas para que puedan revisar el valor de la inversión inicial para la propuesta.

- Afirmación de proveedores.

Se debe establecer por acuerdo unánime de parte de todos los presentes, el proveedor adecuado para realizar la compra de los troqueles de corte.

2. Reunión para presentar el plan de implementación.

Para la segunda reunión el gerente de OpEx también debe de convocar a todos los interesados del proyecto. Entre los puntos a tratar están los que se mencionan a continuación.

- Explicación del plan de implementación

Se presenta mediante un diagrama Gantt la posible calendarización a cumplir para llevar a cabo la implementación de la propuesta, se hacen ajustes a consideración de todos los asistentes de la reunión hasta llegar a un acuerdo. El diagrama Gantt propuesto se adjunta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 55. Diagrama Gantt propuesta de solución 1.

Actividad	Inicio	Final	Semana														
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	1/6/2020	1/6/2020	■														
Reunión para presentar el plan de implementación	8/6/2020	8/6/2020		■	■												
Compra de troqueles de corte	10/6/2020	27/7/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Pruebas piloto con los operarios de producción	29/7/2020	5/8/2020												■	■		
Puesta en marcha	12/8/2020															■	■

Fuente: Elaboración propia, considerando los lapsos de tiempo proyectados para cada actividad el 23 de junio del 2020.

El diagrama muestra que la propuesta puede empezar a implementarse a partir del 12 de agosto del año 2020, siempre que se cumplan los plazos propuestos para las actividades.

- Asignación de responsabilidades.

Tomando en consideración el plan de implementación se deben de asignar los responsables de cada uno de los pasos a seguir, se hace por medio de la formulación de una matriz RACI, la matriz se adjunta en el cuadro No. 60.

3. Compra de troqueles de corte.

Se realiza la solicitud de compra al proveedor seleccionado, enfatizando en establecer un plazo conveniente para ambas partes.

4. Pruebas piloto con los operarios de producción.

Cuando se entreguen los troqueles de corte a la empresa, se deben de realizar un conjunto de pruebas, con el fin de verificar que realicen los cortes en el papel con las dimensiones adecuadas, que los agujeros estén en la posición requerida, entre otros.

Cuando por medio de estas pruebas se verifique que los dispositivos cumplen con los requerimientos necesarios se procede con el siguiente paso.

5. Puesta en marcha.

Con la aprobación de todas las pruebas y realizado cualquier ajuste durante su desarrollo, se procede a poner en marcha el proceso.

Plan de implementación Propuesta de mejora 2

Se procede a explicar el paso a paso para la propuesta de mejora 2 a continuación.

1. Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora.

Se convoca a reunión estratégica a los interesados del proyecto como lo son el gerente de mantenimiento, gerente de planta, supervisor de mantenimiento, ingenieros de manufactura de SCD, entre otras personas que están involucradas en el proceso. En la reunión se deben de presentar los puntos que se explican seguidamente.

- Explicación de la propuesta y sus mejoras.

Se explica el funcionamiento de la solución para el área de producción y todas las implicaciones técnicas que deban ser tomadas en cuenta. Por otro lado, se mencionan todas las ventajas que puede generar para la compañía su implementación.

- Consideración de las cotizaciones y el análisis económico.

Se presenta la información obtenida por medio del análisis económico para verificar la factibilidad de la propuesta, también se deben mostrar las cotizaciones para dar a conocer el valor de la inversión.

- Afirmación de proveedores.

Se debe establecer por acuerdo unánime de parte de todos los presentes el proveedor adecuado para realizar la compra de los materiales.

2. Reunión para presentar el plan de implementación.

Para la segunda reunión se vuelve a convocar a todos los interesados del proyecto. Entre los puntos a tratar están los que se mencionan a continuación.

- Explicación del plan de implementación

Se presenta mediante un diagrama Gantt adjunto seguidamente, la posible calendarización a cumplir para llevar a cabo la implementación de la propuesta, se hacen ajustes a consideración de todos los asistentes de la reunión hasta llegar a un acuerdo.

Cuadro No. 56. Diagrama Gantt de la propuesta de solución 2.

Actividad	Inicio	Final	Semana														
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	1/6/2020	1/6/2020	■														
Reunión para presentar el plan de implementación	8/6/2020	8/6/2020		■													
Compra de materiales	10/6/2020	2/7/2020			■	■	■	■									
Confección de marcos	5/7/2020	9/7/2020							■								
Verificar dimensiones de los marcos	9/7/2020	18/7/2020								■	■	■	■	■			
Evaluación de la satisfacción de los técnicos	20/7/2020	25/7/2020												■	■		
Puesta en marcha	28/7/2020															■	■

Fuente: Elaboración propia, considerando los lapsos de tiempo proyectados para cada actividad el 23 de junio del 2020.

En el caso específico de esta propuesta, al culminar todas las actividades podría ser implementada para el 28 de julio de este año.

- Asignación de responsabilidades.

Tomando en consideración las actividades del plan, se deben de asignar los responsables y encargados de darle seguimiento a cada una de ellas, se hace por medio de la formulación de una matriz RACI, dicha herramienta se adjunta por medio del cuadro No. 60.

3. compra de materiales.

Se hace la solicitud de compra de las láminas de aluminio con todas las especificaciones de las dimensiones y espesor requerido.

4. Confección de marcos.

Un recurso de mantenimiento es responsable de diseñar los marcos para las planchas, tomando en cuenta las dimensiones establecidas por medio de los planos. Para este trabajo el operario debería de durar aproximadamente 10 horas y el acabado de los marcos deberá ser supervisado y aprobado por un supervisor del área.

5. Verificar dimensiones de los marcos.

Cuando los marcos están listos se deben de probar a cada uno con su respectiva plancha, para verificar que los agujeros quedaron en la posición correcta para poder insertar los tornillos que van a sostener el papel sobre la plancha.

6. Prueba piloto del proceso completo.

Se colocan los marcos nuevos en los equipos y se empiezan a utilizar con normalidad para verificar que los marcos no generen ningún tipo de problema en el funcionamiento.

7. Evaluación de la satisfacción de los técnicos.

Se realizan entrevistas a los técnicos para documentar la aceptación y opinión que ha recibido la mejora en el área.

8. Puesta en marcha.

Cuando se han completado todos los pasos anteriores y también se han realizado las correcciones necesarias para el buen funcionamiento del proceso se procede a poner en marcha la propuesta.

Plan de implementación Propuesta de mejora 3

1. Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora.

Por medio de una reunión a la que asistan los interesados y relacionados con el proyecto, se realiza una exposición de los siguientes puntos que se mencionan.

- Explicación de la propuesta y sus mejoras.

Se debe de mencionar en qué consiste la propuesta de solución y cuáles serían las repercusiones positivas de la implementación para el proceso de cambio de papel de la empresa.

- Consideración de las cotizaciones y el análisis económico.

Se muestra a todos los presentes las cotizaciones realizadas para conocer la inversión inicial que se tiene que hacer la empresa en la propuesta.

- Afirmación de proveedores.

Se debe establecer por acuerdo unánime de parte de todos los presentes el proveedor adecuado para realizar la compra de los materiales necesarios.

2. Reunión para presentar el plan de implementación.

Para la segunda reunión el gerente de OpEx también debe de convocar a todos los interesados del proyecto, en dicha reunión se evalúan los siguientes puntos.

- Explicación del plan de implementación

Se presenta mediante un diagrama Gantt la calendarización a cumplir, con el fin de desarrollar la propuesta en la compañía, estas fechas pueden ser modificadas según el criterio de todos los presentes.

La propuesta inicia su plan el 1 de junio con la reunión y estaría culminando el 14 de julio con la implementación de la propuesta.

Cuadro No. 57. Diagrama Gantt Propuesta de solución 3.

Actividad	Inicio	Final	Semana														
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	1/6/2020	1/6/2020	■														
Reunión para presentar el plan de implementación	8/6/2020	8/6/2020		■													
Compra de materiales	10/6/2020	19/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Confección de tornillos	21/6/2020	23/6/2020				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pruebas en la máquina	24/6/2020	4/7/2020					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pruebas ergonómicas con los técnicos	5/7/2020	13/7/2020								■	■	■	■	■	■	■	■
Puesta en marcha	14/7/2020																■

Fuente: Elaboración propia, considerando los lapsos de tiempo proyectados para cada actividad el 23 de junio del 2020.

- Asignación de responsabilidades.

Tomando en consideración el plan de implementación se deben de asignar los responsables de cada uno de los pasos a seguir, se hace por medio de la formulación de una matriz RACI (ver cuadro No. 60)

3. compra de materiales.

Se hace la solicitud de compra de los tornillos y las cabezas estilo mariposa al proveedor, se debe ser muy preciso con las dimensiones requeridas.

4. Confección de tornillos.

El armado de los tornillos es realizado por un recurso de mantenimiento, el que deberá dedicar aproximadamente 4 horas de trabajo, se debe de verificar el trabajo terminado para evaluar que cumpla con todo lo requerido, de no ser así se deberá corregir o realizar un nuevo tornillo.

5. Pruebas en la máquina.

Realizar pruebas en la máquina para revisar que el tornillo tenga las dimensiones adecuadas. Primero que el largo sea el adecuado para que no llegue a pegar en la tornamesa o la selladora, también que el diámetro de la cabeza permita un giro libre sin rosar el dado de la máquina. Y por último que el material en el que han sido diseñados resistan el funcionamiento normal de la máquina sin presentar problemas o fallos.

6. Pruebas ergonómicas con los técnicos.

Los dispositivos propuestos deben ser manipulados directamente por las manos de los técnicos, por lo tanto, se debería hacer una revisión por parte de los encargados de seguridad y salud ocupacional, con el fin de certificar que el proceso con el nuevo método cumple con todas las normas ergonómicas.

7. Puesta en marcha.

Con la aprobación de todas las pruebas y por medio de la realización de todos los ajustes requeridos, se procede a implementar oficialmente la mejora en el proceso.

Plan de implementación Propuesta de mejora 4

Para el plan de implementación de esta propuesta, se presenta individualmente las actividades para cada una de las partes que la conforman. Sin embargo, las dos primeras actividades son las mismas para las tres y realizarían conjuntamente.

1. Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora.

Se convoca a una reunión a los interesados del proyecto para desarrollar los siguientes puntos.

- Explicación de la propuesta y sus mejoras.

Se explica el funcionamiento y las implicaciones técnicas a tomar en cuenta, por otro lado, los beneficios de la propuesta de solución para el proceso.

- Presentación del análisis económico.

En la presentación se adjunta la información obtenida por medio del análisis económico para verificar su factibilidad en la compañía.

2. Reunión para presentar el plan de implementación.

Entre los puntos a tratar en la segunda reunión convocada por Opex se mencionan los adjuntos a continuación.

- Explicación del plan de implementación

Se presenta mediante un diagrama Gantt la posible calendarización a cumplir para llevar a cabo las tres actividades que conforman esta propuesta, seguidamente se adjunta el diagrama Gantt conformado por los pasos que comprende la implementación de toda la propuesta.

Cuadro No. 58. Diagrama Gantt de la Propuesta de solución 4.

Actividad	Inicio	Final	Semana														
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	1/6/2020	1/6/2020	■														
Reunión para presentar el plan de implementación	8/6/2020	8/6/2020		■													
Revisión del procedimiento	9/6/2020	29/6/2020		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compra de materiales	10/6/2020	19/6/2020		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Confeción de cilindros para Kanban	20/6/2020	22/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ingreso de información base de la herramienta	21/6/2020	26/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Someter procedimiento al sistema de la empresa	30/6/2020	2/7/2020						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Entrenamiento a los operarios de producción (Herramienta y	28/6/2020	9/7/2020						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Subir el quiz al sistema de mantenimiento	16/7/2020	24/7/2020												■	■	■	■
Someter el cambio oficialmente al sistema	26/7/2020	27/7/2020															■
Puesta en marcha	30/7/2020																■

Fuente: Elaboración propia, considerando los lapsos de tiempo proyectados para cada actividad el 23 de junio del 2020.

Por medio de diagrama Gantt se concluye que para poder implementar la propuesta 4 se deben de cumplir una serie de actividades para que esta se ponga en marcha a partir del 30 de julio del año 2020.

- Asignación de responsabilidades.

Tomando en consideración el plan de implementación se asignan los responsables para cada actividad, se hace por medio de la formulación de una matriz RACI, la matriz está adjunta por medio del cuadro No. 60.

Se explica individualmente por cada actividad los pasos a seguir una vez que se han realizado las reuniones descritas.

Control de inventario:

1. Entrenamiento a los operarios de producción.

Se realiza una capacitación a los operarios de producción encargados de manipular la herramienta, donde se enfatice en la utilización de las funciones que ofrece y en las principales dudas que pueden presentarse. La capacitación va a tomar el orden que tiene el manual de uso de la misma.

2. Ingreso de información base de la herramienta.

Para que la herramienta pueda empezar a utilizarse se debe de ingresar la información correspondiente a la cantidad de material que existe en el momento, también establecer el inventario máximo y mínimo oficial requerido en el área.

3. Puesta en marcha.

Cuando se han completado todos los pasos anteriores y también se han realizado las correcciones necesarias para el buen funcionamiento del proceso se procede a poner en marcha la solución propuesta.

Estándar de Trabajo:

1. Revisión del procedimiento.

El procedimiento antes de ser sometido al sistema de la empresa, debe de ser revisado por ingenieros de calidad, seguridad y mantenimiento con el fin de que hagan correcciones y el documento vaya con todas las notas o especificaciones posibles.

2. Someter procedimiento al sistema de la empresa.

Se somete el cambio del procedimiento al sistema, con el “red line”, revisión de la necesidad de quiz, el procedimiento en pdf, las preguntas del quiz y todos los documentos que sean necesarios.

3. Realizar entrenamientos del proceso a los Técnicos.

Se realiza el entrenamiento de todo el procedimiento a los técnicos, con el fin de estandarizar el proceso. Cuando se entrenen deben de firmar la hoja de entrenamientos, haciendo constar que fueron capacitados y se les dio la oportunidad de aclarar cualquier duda al respecto.

4. Subir el quiz al sistema de mantenimiento.

Cuando el procedimiento es completamente aceptado, los encargados del sistema suben el quiz a cada uno de los operarios, con una fecha de vencimiento establecida para asegurar que este sea realizado por todos.

El quiz permite verificar que los operarios han leído el procedimiento y que también el entrenamiento les ha permitido conocer por completo los pasos del proceso.

5. Someter el cambio oficialmente al sistema.

Cuando los operarios han realizado el quiz, ya desde el sistema el procedimiento queda oficialmente establecido, por lo tanto, los técnicos deben empezar a realizar el procedimiento de cambio de papel tal cual está establecido en el procedimiento.

Kanban

1. Compra de materiales.

Se realiza la orden de compra de los materiales al proveedor seleccionado, es indispensable establecer una fecha de entrega que sea conveniente para ambos.

2. Confección de cilindros para Kanban.

Un operario de mantenimiento debe de encargarse de la confección de los cilindros, para este proceso puede tardar 4 horas aproximadamente. Cuando termine deberán ser revisados para verificar que cumplen con el acabado necesario.

3. Puesta en marcha.

Se colocan los Kanban en cada uno de los equipos para que empiecen a funcionar como zona de almacenamiento del material (Papel).

Plan de implementación Propuesta de mejora 5

El plan de implementación para la propuesta 5 está conformado por todos los planes de implementación que se explicaron anteriormente, debido a que esta propuesta consiste en la unión de las cuatro primeras.

Se adjunta el diagrama Gantt correspondiente a esta propuesta, el mismo contempla todas las actividades y sus respectivas fechas de realización.

Cuadro No. 59. Diagrama Gantt de la Propuesta de solución 5.

Actividad	Inicio	Final	Semana														
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Reunión para hacer las propuestas oficiales de mejora	1/6/2020	1/6/2020	■														
Reunión para presentar el plan de implementación de las mejoras	8/6/2020	8/6/2020		■													
Revisión del procedimiento	9/6/2020	29/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compra de materiales (Tornillos, mariposas)	10/6/2020	19/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compra de materiales (Tubo pvc, tapas planas pvc)	10/6/2020	19/6/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compra de materiales (Barras de Aluminio)	10/6/2020	2/7/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compra de troqueles de corte	10/6/2020	27/7/2020			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Confección de cilindros para Kanban	20/6/2020	22/6/2020								■	■	■	■	■	■	■	■
Confección de tornillos	21/6/2020	23/6/2020															
Ingreso de información base de la herramienta	21/6/2020	26/6/2020															
Pruebas en la máquina con los tornillos	24/6/2020	4/7/2020															
procedimiento)	28/6/2020	9/7/2020															
Someter procedimiento al sistema de la empresa	30/6/2020	2/7/2020															
Confección de marcos	5/7/2020	9/7/2020															
Pruebas ergonómicas a los tornillos con los técnicos	5/7/2020	13/7/2020															
Verificar dimensiones de los marcos	9/7/2020	18/7/2020															
Poner en marcha el uso de los tornillos	14/7/2020																
Subir el quiz al sistema de mantenimiento	16/7/2020	24/7/2020															
Evaluación de la satisfacción de los técnicos con respecto a los marcos	20/7/2020	25/7/2020															
Someter el cambio oficialmente al sistema	26/7/2020	27/7/2020															
Poner en marcha el uso de los marcos	28/7/2020																
Poner en marcha el uso de la herramienta, kanban y procedimiento estanda	30/7/2020																
Pruebas piloto con los troqueles y los operarios de producción	29/7/2020	5/8/2020															
Poner en marcha el uso de los troqueles	12/8/2020																
Dar seguimiento a las mejoras implemetadas	25/8/2020																

Fuente: Elaboración propia, considerando los lapsos de tiempo proyectados para cada actividad el 23 de junio del 2020.

Por medio del diagrama Gantt se puede ver las fechas propuestas para desarrollar cada una de las actividades, es muy importante especificar que el color rosado en el diagrama simboliza el periodo desde donde las soluciones que conforman la propuesta 5 son desarrolladas y también el periodo a partir del cual se le empieza a dar un seguimiento a la propuesta de mejora.

Seguidamente se adjunta el cuadro No. 60 con la matriz RACI del proyecto, se divide por cada una de las propuestas, las mismas que corresponden a la solución 5.

Cuadro No. 60. Matriz RACI proyecto de mejora.

Propuesta	Actividades	Responsables						
		Opex	Mantenimiento	Finanzas	EHS	Calidad	I. Manufactura	
Troqueles de Corte	Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	R	A	I	I	I	I	I
	Reunión para presentar el plan de implementación	R	A	C	I	I	C	I
	Compra de troqueles de corte	R	A	A	I	C	I	I
	Pruebas piloto con los operarios de producción	A	A	C	I	I	C	R
	Puesta en marcha	R	A	C	I	I	I	A
Marcos	Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	R	A	I	I	I	I	I
	Reunión para presentar el plan de implementación	R	A	C	I	I	C	I
	Compra de materiales	R	A	A	I	C	I	I
	Confección de marcos	R	C	A	I	I	I	I
	Verificar dimensiones de los marcos	R	A	A	I	I	I	C
	Evaluación de la satisfacción de los técnicos	A	A	C	I	R	I	I
	Puesta en marcha	R	A	A	C	I	I	I
Tornillos	Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	R	A	I	I	I	I	I
	Reunión para presentar el plan de implementación	R	A	C	I	I	C	I
	Compra de materiales	R	A	A	I	C	I	I
	Confección de tornillos	R	C	A	I	I	I	I
	Pruebas en la máquina	A	C	C	I	I	I	R
	Pruebas ergonómicas con los técnicos	A	A	C	I	R	I	I
	Puesta en marcha	R	A	A	C	I	I	I
Kanban, estándar de Trabajo y Control de Inventario	Reunión para hacer la propuesta oficial de la mejora	R	A	I	I	I	I	I
	Reunión para presentar el plan de implementación	R	A	C	I	I	C	I
	Revisión del procedimiento	R	A	C	I	I	A	A
	Compra de materiales	R	A	A	I	C	I	I
	Confección de cilindros para Kanban	R	C	A	I	I	I	I
	Ingreso de información base de la herramienta	R	A	C	I	I	I	I
	Someter procedimiento al sistema de la empresa	R	A	I	I	I	I	I
	Entrenamiento a los operarios de producción (Herramienta y procedimiento)	R	A	I	I	I	I	I
	Subir el quiz al sistema de mantenimiento	R	A	I	I	I	I	I
	Subir el quiz al sistema de mantenimiento	R	A	I	I	I	I	I
	Someter el cambio oficialmente al sistema	R	A	I	I	I	I	I
	Puesta en marcha	R	A	A	C	I	I	C
	Dar seguimiento a todas las mejoras	R	A	A	C	I	I	I

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta los acuerdos de las reuniones realizadas, 24 de junio del 2020.

Por medio de la matriz se describe para cada actividad cual será el actuar de cada departamento involucrado, se especifica con una R el responsable, con la letra A se indica que es el encargado de realizar la tarea, con la C quién brinda información o ayuda durante la actividad y la letra I indica que se mantiene informado. En la mayoría de los casos el departamento de Opex es el responsable de que las actividades se concluyan más sin embargo, no siempre este departamento la desarrolla, es común que el departamento de mantenimiento sea el encargado de hacer la tarea y Opex el encargado de supervisar que se cumpla.

Finalmente, se procede a mostrar el AMFE del proyecto, donde se desglosan las posibles fallas que pueden presentarse al implementar las mejoras en la empresa. En el cuadro No. 61, se muestran 14 posibles fallas que pueden darse en relación

a las propuesta de solución, además se les asigna el valor del índice de prioridad de fallo en el que los valores más altos son prioridad, en el caso de este proyecto las fallas que tienen mayor probabilidad de presentarse son que el material utilizado para hacer los marcos tenga un espesor muy delgado y que los operarios no registren la información requerida por la herramienta de control de inventarios.

El AMFE permite a los encargados de desarrollar la implementación del proyecto, estar preparados en caso de que ocurra una de las fallas. En la herramienta del cuadro No. 61 se explican las acciones a tomar y los responsables de las mismas, con el fin de resolver lo más rápido posible el problema que las fallas provocan.

Cuadro No. 61. AMFE del proyecto de mejora.

n	PROCESO	FALLA	EFECTOS DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSAS	INCIDENCIA	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO	DETECCIÓN	RPN	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE
							PREVENCIÓN				
1	Propuesta de mejora: Compra de dados de corte	Diseño de alguno o varios troqueles incorrectos	No se pueden utilizar para diseñar el papel	9	El proveedor no realizo el modelo revisando correctamente las medidas	1	Reaalizar revision y pruebas con los troqueles antes de implementar	1	9	Comunicarse con el proveedor y explicarle la situación, para que pueda corregir el problema	Mantenimiento
2		No corte al mismo tiempo un grupo de 60 papeles	El proceso de corte sea mas lento	2	Los troqueles tengan poco filo para el corte	2	Reaalizar revision y pruebas con los troqueles antes de implementar	3	12	Comunicarse con el proveedor y explicarle la situación, para que pueda mejorar el filo en los dispositivos	Mantenimiento
3		Operarios de producción no comprendan como realizar el método con papel	No se puede cortar papel con los troqueles	5	En los entrenamientos y pruebas con los operarios, estos no pusieron suficiente atención	4	Realizar entrenamientos practicos donde los operarios puedan realizar el método completo	4	80	Realizar un segundo entrenamiento con los encargados de utilizar los troqueles	Opex
5	Propuesta de mejora: Implementación de marcos	Agujeros para tornillos no calzan con los de la plancha	El o los marcos no se pueden utilizar, porque no se ajusta a la plancha correctamente	7	No tomar en cuenta las medidas establecidas para el diseño	2	Establecer la supervisión del proceso de confección de los marcos	2	28	Volver a realizar el armado de los marcos, con supervisión para asegurar que utilizan las medidas corectas	Mantenimiento
6		Las dimensiones no sean exactas a las de la plancha	El o los marcos no se pueden utilizar, porque no se ajusta a la plancha correctamente	7	Medidas proporconadas erroneas	3	Verificar que las medidas sean las correctas antes de utilizarlas	2	42	Rediseñar los marcos tomando en cuenta las medidas establecidas en los planos	Mantenimiento
7		El material sea muy delgado o debil	El marco puede romperse con el uso en la máquina	9	En la orden de compra se especifico un espesor incorrecto o el enviado por el proveedor es el incorrecto	4	Revisar la orden de compra con el supervisor de mantenimiento	3	108	Comunicarse con el proveedor si fue un error de parte de él, de lo contrario se debe de comprar los materiales del espesor	Mantenimiento
8		El material no alcance para hacer todos los Marcos	Se atrasa el proceso de implementación	2	No se solicito la cantidad de material correcto o el material fue enviado por el proveedor	2	Revisar el cálculo de material necesario con el supervisor de mantenimiento	2	8	Comunicarse con el proveedor si fue un error de parte de él, de lo contrario se debe de comprar la cantidad de material correcto	Mantenimiento
9	Propuesta de mejora: Implementación de tornillos	Tornillos perforen los dados de la tornamesa	Daño en el dado que involucra un posible cambio	9	Tornillos con dimensiones incorrectas	5	Realizar mediciones y pruebas antes de implementar los tornillos	1	45	Verificar el daño en los dados para ver si deben ser inmediatamente cambiados o si el desgaste es secundario.	Mantenimiento
10		Tornillos puedan corroerse	Corrosión en otras estructuras de la máquina con contacto a los tornillos	7	Malas practicas durante la manipulación o diseño de los tornillos	2	Supervisar el desarrollo de la propuesta desde su cofección	1	14	Quitar inmediatamente los tornillos de la máquina para evitar un problema mayor	Mantenimiento
11	Propuesta de mejora: Kanban, Estándar de trabajo y Control de inventario	Los Tecnicos y operarios no utilizan adecuadamente el kanban	No se pueda mantener un orden en el proceso y se pierda el control en el inventario	6	No tienen concentración en su trabajo	7	Explicarles la importancia de la implementación y las ventajas que puede traer para todos	2	84	Realizar un segundo entrenamiento donde se les recalque como deben de utilizarlo y la importancia de darle un uso correcto	Opex
12		Los técnicos no comprenden completamente el procedimiento a seguir	Se pierda el control en el inventario y se generen problemas en el desarrollo del proceso	4	No entendieron todo el entremiento que a sido brindado	3	Aclarar todas las dudas que pueden presentarse durante o después del entrenamiento	6	72	Realizar un segundo entrenamiento donde se asegure que los operarios aclaren todas las dudas que puedan presentarse	Opex
13		Los operarios no registran las salidas o entradas de papel	Se pierde el control del inventario por parte de producción	5	Falta de interes y concentración en su labor	6	Explicarles la importancia de la implementación y las ventajas que puede traer para ambas partes	3	90	Realizar un segundo entrenamiento donde se les recalque como deben de utilizarlo y la importancia de darle un uso correcto	Opex
14		Los operarios no pueden utilizar la herramienta	Se pierde el control del inventario por parte de producción	4	El entramiento brindado no les dejo todo claro	5	Realizar un entrenamiento práctico en el uso de la herramienta	2	40	Realizar un segundo entrenamiento donde se asegure que los operarios aclaren todas las dudas que puedan presentarse	Opex

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta posibles fallas que puedan presentar las propuestas de solución, se realiza el 25 de junio del 2020.

Control y seguimiento de las propuestas de mejora:

Para darle seguimiento a la solución que sea implementada es importante llevar un control del comportamiento que tiene el proceso de cambio de papel con respecto a los parámetros que se adjuntan en el cuadro No. 62.

Cuadro No. 62. Indicadores de medición de la mejora.

Indicadores de Mejora en el proceso
Tiempo de duración del cambio de papel
Disponibilidad de los equipos
Producción mensual

Fuente: Elaboración propia el 24 de junio del 2020.

Como indicador inmediato está el tiempo de duración del proceso, según la propuesta de mejora se establece el ideal, es decir, si al medirlo a través de un muestreo por un periodo de tiempo establecido, el proceso tiene mayor tiempo de duración será importante revisar que está afectando o qué parte de la mejora no se está desarrollando de la manera correcta.

Otra forma de darle seguimiento al tiempo de duración del cambio de papel, es por medio de sistema Vorne de la compañía, el nuevo tiempo establecido se debe de setear en el sistema para que de esta forma cuando los técnicos de mantenimiento duren un periodo más extenso que el establecido en el reporte suministrado por medio de software aparezca como un tiempo de “cambio de papel extendido, por lo tanto, los encargados e interesados del proyecto pueden verificar que fue lo que sucedió durante ese cambio para corregir de inmediato la situación que se haya presentado.

Por otro lado, por medio de la verificación del OEE, se debe revisar el valor obtenido en la disponibilidad y las pérdidas asociadas a dicho parámetro, con el fin de verificar el impacto por paros en cambios de papel, se debe llevar este control en las reuniones del Focus Factory que se realizan durante las mañana de cada día.

Por último, la mejora debe de verse reflejada con mayor producción de cajas de producto terminado, métrica que se ve reflejada al final de cada mes.

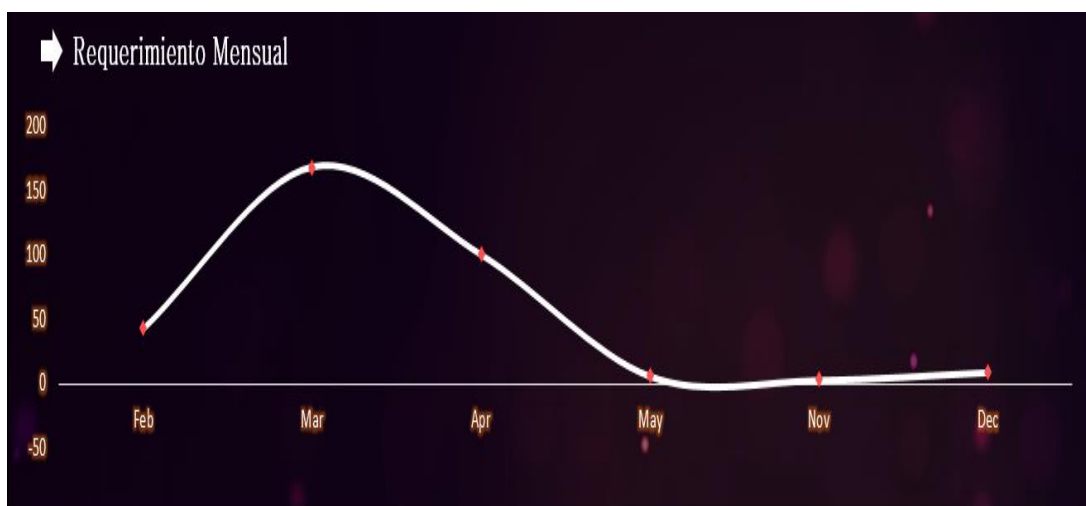
Además del seguimiento de los indicadores que con las mejoras son menos impactados, se procede a realizar la propuesta de las siguientes herramientas de control de las mejoras, por medio de las cuales se garantiza que las propuestas brinden resultados constantes durante el transcurso del tiempo.

1. Reporte suministrado por la herramienta de control de inventario.

En la herramienta de control de inventario se adjunta una pestaña para el control y realización de reportes, esta sección está conformada por gráficas que indican el estado actual de los materiales existentes, además también permite observar el gasto del material de acuerdo a cada uno de los equipos. El reporte deberá de ser enviado por los encargados de usar la herramienta el último día de cada semana, al encargado de darle seguimiento a la solución por parte del departamento de Opex.

A continuación, se explica la información que brindaría el reporte de inventario.

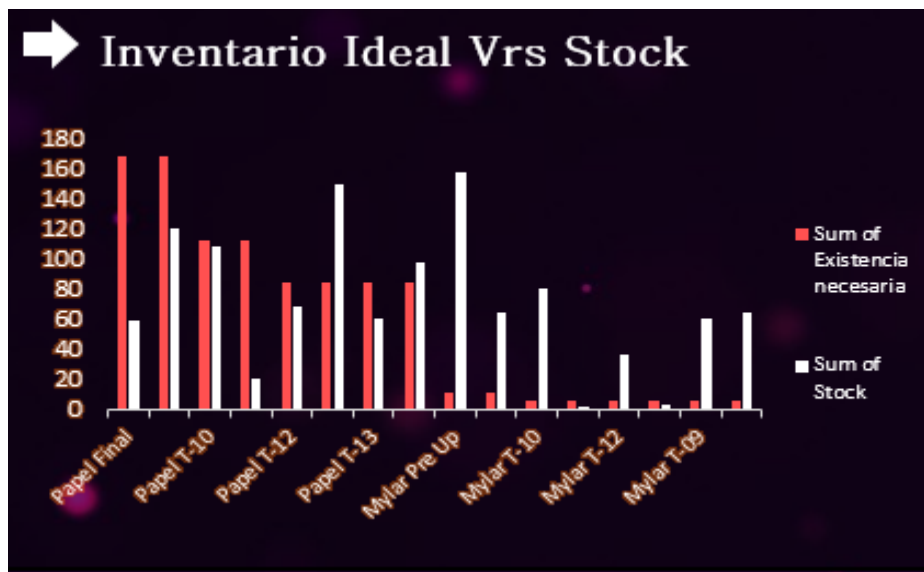
La primera gráfica permite observar la demanda de papel con respecto a cada uno de los meses del año.



Fuente: Elaboración propia tomado de la herramienta de control de inventario.

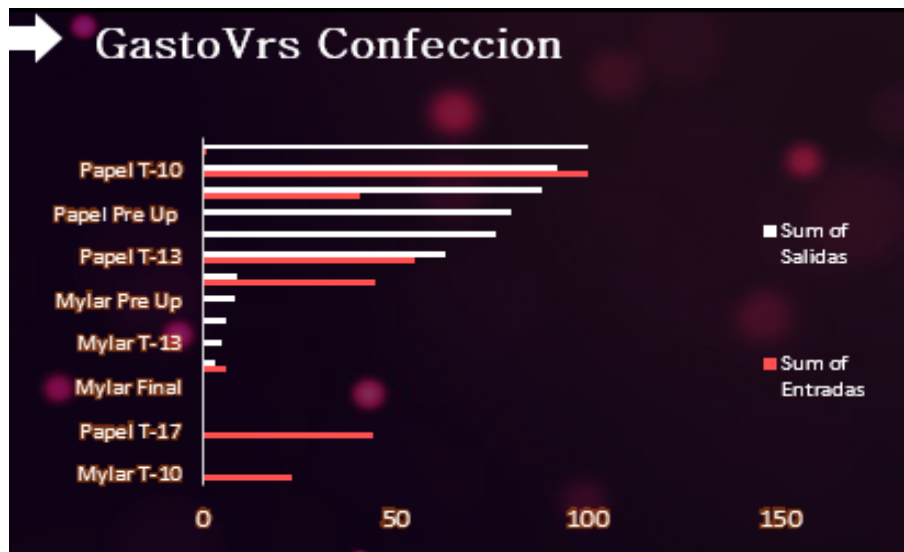
Figura No. 48. Gráfica de requerimiento mensual de papel.

La segunda figura muestra el comportamiento del inventario de papel con respecto al ideal o inventario máximo establecido por cada uno de los equipos.



Fuente: Elaboración propia tomado de la herramienta de control de inventario.

Figura No. 49. Gráfica de comparación de inventario requerido vrs el real.



Fuente: Elaboración propia tomado de la herramienta de control de inventario.

Figura No. 50. Gráfica de comparación del gasto de papel con respecto a su diseño.

Con el gráfico de gasto vrs confección se muestra el papel que se ha utilizado con respecto a la confección del mismo, lo ideal es que las barras tengan un comportamiento por equipo muy semejante, para asegurar que se está abasteciendo el inventario de acuerdo a su requerimiento.

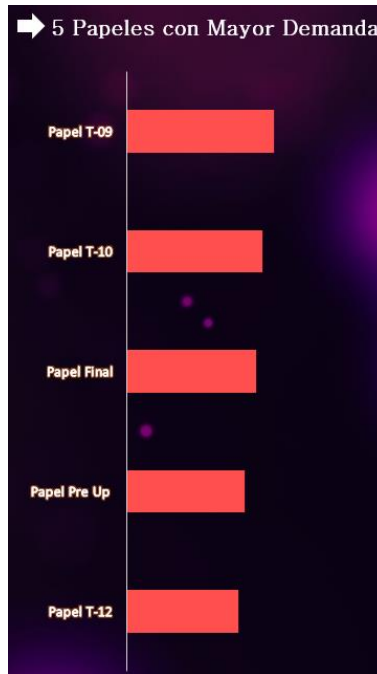
Por otro lado, con una gráfica estilo velocímetro se puede controlar que el inventario se encuentre en los números adecuados, si la barrita se encuentra por encima del 60% es adecuado, de lo contrario, se debe de generar inmediatamente el inventario necesario.



Fuente: Elaboración propia tomado de la herramienta de control de inventario.

Figura No. 51. Porcentaje de inventario existente.

Por último, la gráfica que se adjunta seguidamente va a mostrar los 5 materiales que tienen mayor demanda, es decir, se puede identificar cuáles equipos tienen mayor frecuencia en los cambios de papel.



Fuente: Elaboración propia tomado de la herramienta de control de inventario.

Figura No. 52. Materiales con mayor demanda.

2. Control de inventario en el Kanban.

Con el fin de verificar que la herramienta de control de inventario se está utilizando correctamente es importante comparar los datos que esta brinda con respecto a la existencia real y de paso asegurar que el Kanban del material está en buen estado y se utiliza de la mejor manera.

Se propone la utilización de un documento en el que se anote la existencia de material que indica la herramienta, para después de dirigirse hasta el Kanban para verificar este valor, se debe de contabilizar la cantidad de material y anotarlo, para entregar al encargo del seguimiento en OpEx.

Este proceso de revisión debe de ser realizado por el líder del turno correspondiente y lo ideal es que se haga al menos una vez al mes con el de asegurar la corrección de cualquier diferencia entre las partes que pueda ocasionar problemas en un futuro. Seguidamente, se adjunta el cuadro No. que corresponde al documento para realizar este control propuesto.

Cuadro No. 63. Control del inventario de papel de la herramienta y el Kanban.

Fecha de Revisión			
Encargado			
Producto	Cantidad Existente en Herramienta	Cantidad Existente en Kanban	Circunstancias Dadas
Papel Pre Up			
Papel Final			
Papel Pre Up			
Papel Final			
Papel T-09			
Papel T-10			
Papel T-12			
Papel T-13			
Papel T-16			
Papel T-17			
Mylar Pre Up			
Mylar Final			
Mylar Pre Up			
Mylar Final			
Mylar T-09			
Mylar T-10			
Mylar T-12			
Mylar T-13			
Mylar T-16			
Mylar T-17			

Firma Encargado

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta la necesidad de controlar la utilización de la herramienta de control de inventario el 6 de agosto del 2020.

3. Entrenamiento periódico en el uso de dispositivos de corte.

Se propone la realización de un entrenamiento al año para refrescar el procedimiento necesario para la utilización de los troqueles de corte, principalmente para asegurar que se realice tomando en cuenta las normas de seguridad

necesarias y la cantidad de papel máximo a cortar por cada vez que se utiliza el equipo de corte. Por otro lado, los operarios nuevos que ingresen a la compañía a la empresa deberán recibir el entrenamiento durante las primeras semanas y se debe asegurar que conoce completamente el proceso antes de que pueda ejecutarlo.

4. Lista de verificación del procedimiento para el cambio de papel.

Con el objetivo de asegurar que el procedimiento de cambio de papel se realiza correctamente, se propone realizar la lista de verificación que se adjunta a continuación, en esta lista se chequea que se cumpla con los pasos y con la utilización de los materiales correctos como los tornillos por ejemplo.

Es importante que se ejecute la verificación al menos una vez cada dos meses, por parte de la persona del departamento de OpEx encargada de dar seguimiento a la mejora implementada.

Cuadro No. 64. Lista de verificación para el procedimiento ejecutado en un cambio de papel.

<i>Lista de Verificación para el Procedimiento de Cambio de Papel</i>			
Fecha de realización			
Evaluador de la lista			
			
<i>Pasos a revisar</i>	<i>Cumple</i>		<i>Observaciones</i>
	<i>Si</i>	<i>No</i>	
El papel fue tomado del kanban de la máquina			
La prensa se baja con la ayuda de dos colaboradores			
Se reduce la velocidad de la máquina			
Los tornillos utilizados son con cabeza estilo mariposa			
La plancha tiene un marco general para el soporte			
Se utilizan 4 tornillos para el soporte del papel			
El papel colocado está previamente diseñado			
La prensa se sube con la ayuda de dos colaboradores			
Se realiza la inspección para verificar que la plancha queda bien montada			
Se normaliza la velocidad del equipo			
El procedimiento en general sigue los pasos establecidos			
			_____ Firma Evaluador

Fuente: Elaboración propia con el fin de controlar el procedimiento de cambio de papel el 6 de agosto del 2020.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El problema del estudio consiste en que la duración actual del proceso de cambio de papel está impactando mensualmente la disponibilidad de los equipos en un 1.60%, se pierde la producción de 1913 cajas y los costos asociados son de \$15,123.00.

Por medio del plan de recolección de datos, se concluye que las máquinas A-08 y la A-07 son las que realizan el proceso con mayor frecuencia e impactan mayormente con un costo asociado al proceso de \$8,251.00 mensuales. Por otro lado, se determina que el turno diurno tiene un mayor tiempo promedio de cambio de papel que el turno nocturno.

Las causas del problema identificadas son la falta de política de inventarios y de materiales adecuados, la mala distribución de los materiales, la falta de espacios de almacenamiento y por último, la falta de especificaciones claras y de un proceso estandarizado; dichas causas impactan en un 56.31% el problema.

Se plantean cinco propuestas de solución con las que se reduce el tiempo de duración del proceso en 59.41%, 3.38%, 5.95%, 59.40% y 71.24% respectivamente, por otro lado, se concluye que la propuesta cinco es la principal oportunidad de mejora a implementar en la empresa.

Se elabora un plan de implementación a seguir para desarrollar las propuestas de solución en la compañía, el plan comprende la formulación de un Gantt, una matriz RACI y un AMFE. El control de las mejoras se establece por medio del seguimiento del tiempo de duración del proceso, la disponibilidad de los equipos y la producción mensual.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa la implementación de la propuesta de mejora 5, debido a que al ser la unificación de todas las propuestas, permite la solución de las causas que están provocando el problema.

El procedimiento de estandarización del proceso debe de ir acompañado por un entrenamiento con todos los técnicos de mantenimiento involucrados en el proceso.

Es necesaria la implementación de un método que permita controlar el inventario de papel, por dicha razón, se genera una herramienta de Excel y una propuesta de diseño Kanban.

Es oportuno que los cambios de papel sean realizados durante los periodos de comidas de los operarios de producción, los equipos están detenidos y de esta forma no se afectaría la disponibilidad del proceso.

Se recomienda iniciar una capacitación del proceso a los operarios de producción, con el fin de que también puedan realizar el proceso.

Una vez que se implementen las soluciones es indispensable que se les dé seguimiento, se recomienda hacerlo por medio de los parámetros propuestos en este proyecto.

Realizar caminatas en el área de mantenimiento para conocer las posibles dudas o inquietudes que puedan tener los técnicos con respecto a la implementación de la solución o soluciones del problema.

Realizar un entrenamiento adecuado con cada una de las propuestas de solución, para asegurar que al ponerlas en marcha los operarios y técnicos se encuentren seguros del proceso que deben realizar.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, A. J. (2012). Control de Calidad un Enfoque Integral y Estadístico. Costa Rica: Editorial Tecnológico de Costa Rica

Aiken, L. R. (2003). Tests Psicológicos y Evaluación. México: Pearson Education.

Astronautics, A. I. (2016). 52nd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, Salt Lake City, UT, July 25-27, 2016. Salt Lake City: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Badilla-Murillo, F.; Vargas-Vargas, B.; Viquez-Acuña, O.; García-Sanz-Calcedo, J. Analysis of the Installed Productive Capacity in a Medical Angiography Room through Discrete Event Simulation. *Processes* **2020**, *8*, 660.

Báez, Yolanda A, Limón, Jorge, Tlapa, Diego A, & Rodríguez, Manuel A. (2010). Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz. *Información tecnológica*, *21*(1), 63-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000100011>

Barrera García, Aníbal, Cambra Díaz, Adrian, & González González, Javier Antonio. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA GESTIÓN DE LAS MEDICIONES. *Revista Universidad y Sociedad*, *9*(2), 8-17. Recuperado en 01 de marzo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000200001&lng=es&tlng=es.

Bruns, K., & Johnson, B. (2019). Mastering Business Analysis Standard Practices – Seven Steps to the Next Level of Competency. J. Ross Publishing, Inc.

Bullen, G. N. (2013). Automated/Mechanized Drilling and Countersinking of Airframes. Warrendale: SAE International.

Chaveco Salabarría, Yaritza. (2014). La documentación como un requisito para la calidad de los equipos médicos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, *18*(71), 27-37. Recuperado en 29 de febrero de 2020, de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000200003&lng=es&tlng=es.

Criollo, R. G. (s.f). Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. Monterrey: Mc Graw Hill.

Delisle, D. R. (2015). Executing Lean Improvements - A Practical Guide with Real-World Healthcare Case Studies. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Dionisio, C. S. (2018). Project Manager's Book of Tools and Techniques - A Companion to the PMBOK® Guide (6th Edition). New Jersey: John Wiley & Sons.

Montgomery, D. C. (s.a). Diseño y Análisis de Experimentos. Mexico, DF : Editorial Limusa S.A.

Felizzola Jiménez, Heriberto, & Luna Amaya, Carmenza. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>

Fiedler, B. A. (2017). Managing Medical Devices within a Regulatory Framework. United States: Elsevier.

Freivalds, B. W. (2009). Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México, D.F: Mc Graw Hill Educación.

Garza Ríos, Rosario C., & González Sánchez, Caridad N., & Rodríguez González, Ernesto L., & Hernández Asco, Caridad M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22(),19-35.[fecha de Consulta 1 de Marzo de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2331/233148815002>

Greeff, G., & Ghoshal, R. (2004). Practical E-Manufacturing and Supply Chain Management. Amsterdam: Elsevier.

Howell, M., & Alshakhshir, F. S. (2017). Energy Centered Maintenance - A Green Maintenance System. Lilburn: Fairmont Press, Inc.

Kubiak, T. M., & Benbow, D. W. (2017). Certified Six Sigma Black Belt Handbook (3rd Edit Magoon, O. T., Noble, R. M., Treadwell, D. D., & Kim, Y. C. (2011). Coastal Engineering Practice - Proceedings of the 2011 Conference on Coastal Engineering Practice. San Diego, California: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Magoon, O. T., Noble, R. M., Treadwell, D. D., & Kim, Y. C. (2011). Coastal Engineering Practice - Proceedings of the 2011 Conference on Coastal Engineering Practice. San Diego, California: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Matthews, K., Kniel, K. E., & Montville, T. J. (2017). Food Microbiology - An Introduction (4th Edition). Washington, DC: American Society for Microbiology (ASM). Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Milosevic, D. Z. (2003). Project Management Toolbox - Tools and Techniques for the Practicing Project Manager. New Jersey: John Wiley & Sons.

Mokhatab, S., Poe, W. A., & Mak, J. Y. (2019). Handbook of Natural Gas Transmission and Processing - Principles and Practices (4th Edition). United States: Elsevier.

Munro, R. A., Ramu, G., & Zrymiak, D. J. (2015). Certified Six Sigma Green Belt Handbook (2nd Edition). Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Peralta, J. L., & Pérez, E. a. (2014). Estudio del Trabajo. Una Nueva Visión. México, D.F: Patria S.A.

Poveda Catalán, J. y Guardiola Aparisi, M. (2019). Análisis de causa y raíz. Técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades. 3C Tecnología.

Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 8(2), pp. 84-97. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.84-97>

Ramu, G. (2017). Certified Six Sigma Yellow Belt Handbook. Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

R. Keith Mobley, MBB, CMRP, Maintenance Engineering Handbook, Eighth Edition (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto, 2014). <https://www-accessengineeringlibrary-com.ezproxy.itcr.ac.cr/content/book/9780071826617>

Romero Bermúdez, Erika, & Díaz Camacho, Jacqueline (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), XL (3-4),127-142.[fecha de Consulta 6 de Marzo de 2020]. ISSN: 0185-1284. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=270/27018888005>

Salud, O. M. (2012). DISPOSITIVOS MÉDICOS: LA GESTIÓN DE LADISCORDANCIA. Obtenido de <https://apps.who.int/medicinedocs/documents/s23211es/s23211es.pdf>

Schaschke, C. (2014). Dictionary of Chemical Engineering. United Kingdom: Oxford University Press.

Schoenfeldt, T. I. (2008). Practical Application of Supply Chain Management Principles. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Stamatis, D. (2003). Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution (2nd Edition Revised and Expanded). Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Vara, H. G. (2008). *Análisis y Diseño de experimentos*. Mexico: Mc Graw Hill.





Westcott, R. T., & Duffy, G. L. (2015). The Certified Quality Improvement Associate

Handbook. Wisconsin: American Society for Quality (ASQ).

Yam, K. L. (2009). Wiley Encyclopedia of Packaging Technology (3rd Edition). e
United States of America: John Wiley & Sons.



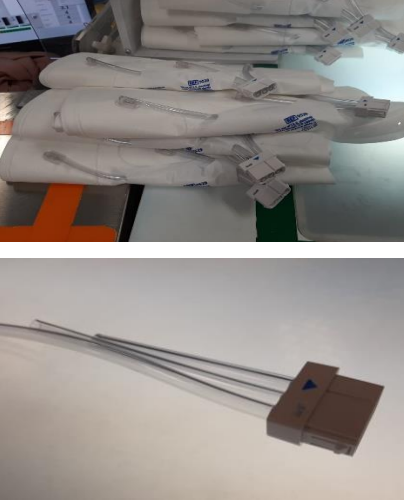
APÉNDICES

Apéndice 1. Partes utilizadas para la producción en el Focus Factory SCD

Nombre de la parte	Imagen
Puerto	
Loops	
Top	
Pre - Sellado	

Fuente: Elaboración propia con las imágenes tomadas por medio de las caminatas Gemba el 26 de mayo del 2020

Apéndice 2. (Continuación) Partes utilizadas para la producción en el Focus Factory SCD

Nombre de la parte	Imagen
Belcros	
Pieza sellada	
Tubos	

Fuente: Elaboración propia con las imágenes tomadas por medio de las caminatas Gemba el 26 de mayo del 2020

Apéndice 3. Multivotos ejecutados a los colaboradores de mantenimiento del Focus Factory SCD

Observación #1

Nombre del operario	Tecnico de mantenimiento 2					
Turno	1					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion					x	
Falta de política de inventarios			x			
Instrumentos de medicion adecuados				x		
Materiales						
Mala distribucion de los materiales			x			
Falta de materiales adecuados		x				
No hay espacios de almacenamiento		x				
Personal						
Falta de supervision					x	
Mala coordinacion				x		
Medio ambiente						
Poco espacio estatica				x		
Temperatura				x		
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras				x		
Falta de estandarizacion			x			
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas				x		

Observación #2

Nombre del operario	Tecnico de Mantenimiento 1					
Turno	1					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion					x	
Falta de política de inventarios			x			
Instrumentos de medicion adecuados				x		
Materiales						
Mala distribucion de los materiales		x				
Falta de materiales adecuados		x				
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision					x	Las planchas son muy pesadas
Mala coordinacion				x		
Medio ambiente						
Poco espacio estatica			x			
Temperatura				x		
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras				x		
Falta de estandarizacion		x				
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas				x		

Observación #3

Nombre del operario	Tecnico de mantenimiento 3					
Turno	2					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion				x		
Falta de politica de inventarios	x					
Instrumentos de medicion adecuados					x	
Materiales						
Mala distribucion de los materiales		x				
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision					x	
Mala coordinacion					x	
Medio ambiente						
Poco espacio estatica				x		
Temperatura	x				x	
Metodos						
Mala distribucion del area			x			
Sin especificaciones claras			x			
Falta de estandarizacion		x				
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas			x			

Observación #4

Nombre del operario	Tecnico de mantenimiento 4					
Turno	2					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion					x	
Falta de politica de inventarios				x		
Instrumentos de medicion adecuados				x		
Materiales						
Mala distribucion de los materiales		x				
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision				x		
Mala coordinacion			x			
Medio ambiente						
Poco espacio estatica				x		
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras	x					
Falta de estandarizacion	x					
Maquinas						
Poca coordinacion		x				
Vida util de las planchas				x		

Observación #5

Nombre del operario		Tecnico de Mantenimiento 5				
Turno		3				
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion				x		
Falta de politica de inventarios			x			
Instrumentos de medicion adecuados			x			
Materiales						
Mala distribucion de los materiales		x				
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision				x		Las planchas son muy pesadas
Mala coordinacion					x	
Medio ambiente						
Poco espacio					x	
estatica					x	
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area	x					
Sin especificaciones claras		x				
Falta de estandarizacion			x			
Maquinas						
Poca coordinacion					x	
Vida util de las planchas					x	

Observación #6

Nombre del operario		Tecnico de Mantenimiento 6				
Turno		3				
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion				x		
Falta de politica de inventarios		x				
Instrumentos de medicion adecuados					x	
Materiales						
Mala distribucion de los materiales			x			
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento		x				
Personal						
Falta de supervision					x	Genera dolor de espalda y cansancio
Mala coordinacion				x		
Medio ambiente						
Poco espacio				x		
estatica					x	
Temperatura				x		
Metodos						
Mala distribucion del area			x			
Sin especificaciones claras		x				
Falta de estandarizacion	x					
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas				x		

Observación #7

Nombre del operario		Tecnico de Mantenimiento 7				
Turno		4				
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion			x			
Falta de politica de inventarios	x					
Instrumentos de medicion adecuados				x		
Materiales						
Mala distribucion de los materiales			x			
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision					x	
Mala coordinacion					x	
Medio ambiente						
Poco espacio estatica				x		Dolor de espalda
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras		x				
Falta de estandarizacion	x					
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas					x	

Observación #8

Nombre del operario		Tecnico de Mantenimiento 8				
Turno		4				
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion				x		
Falta de politica de inventarios		x				
Instrumentos de medicion adecuados					x	
Materiales						
Mala distribucion de los materiales			x			
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento		x				
Personal						
Falta de supervision					x	
Mala coordinacion			x			
Medio ambiente						
Poco espacio estatica				x		
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras		x				
Falta de estandarizacion	x					
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas				x		

Observación #9

Supervisor de mantenimiento	Jose Perez					
Turno	-					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion					x	
Falta de politica de inventarios			x			
Instrumentos de medicion adecuados					x	
Materiales						
Mala distribucion de los materiales				x		
Falta de materiales adecuados			x			
No hay espacios de almacenamiento			x			
Personal						
Falta de supervision				x		
Mala coordinacion				x		
Medio ambiente						
Poco espacio				x		
estatica					x	
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area		x				
Sin especificaciones claras			x			
Falta de estandarizacion		x				
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas				x		

Observación #10

Superintendente	Jeffrey Quesada					
Turno	-					
Causa	Votacion					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Mediciones						
Sin inspeccion					x	
Falta de politica de inventarios	x					
Instrumentos de medicion adecuados				x		
Materiales						
Mala distribucion de los materiales				x		
Falta de materiales adecuados	x					
No hay espacios de almacenamiento		x				
Personal						
Falta de supervision					x	El peso de las planchas es mucho
Mala coordinacion					x	
Medio ambiente						
Poco espacio					x	
estatica					x	
Temperatura					x	
Metodos						
Mala distribucion del area			x			
Sin especificaciones claras	x					
Falta de estandarizacion	x					
Maquinas						
Poca coordinacion			x			
Vida util de las planchas					x	

Apéndice 4. Evaluación listas de chequeo.

Causas	Evaluacion
Inspeccion	Se realiza inspeccion para verificar el paso a paso correcto del proceso
Politica de inventarios	Se cuenta con un inventario de papel de donde se toma el material para realizar el cambio
Instrumentos de medicion adecuados	Se tienen instrumentos que proporcionen mediciones precisas en el diseno del papel
Distribucion de los materiales	Los materiales requeridos estan en un lugar ordenado, accesible y optimo para el proceso
Materiales adecuados	Cuentan con los materiales adecuados que faciliten el diseno y cambio de papel
Espacios de almacenamiento	Se cuenta con un espacio disponible para almacenar los materiales requeridos en el proceso
Supervision	El lider de mantenimiento fiscaliza el proceso o los resultados obtenidos
Coordinacion del personal	Se tienen que esperar ayuda de otro tecnico para poder bajar la plancha de la tecnopea
Espacio	Dificulto el proceso de cambio o diseno de papel el espacio disponible en el area de mantenimiento
Temperatura	Los operarios que realizan el cambio siente afectacion por la temperatura que presenta el area
Estatica	Tuvieron alguna descarga electrica durante la realizacion del proceso
Distribucion del area	Todos los materiales requeridos en el proceso se encuentran a la disposicion de los tecnicos en un
Especificaciones claras	El proceso se realiza con un seguimiento de pasos igual para todos
Proceso estandarizado	Los operarios cunetan con especificaciones en lagEl proceso se realiza con un seguimiento de pasos igual
Coordinacion de las maquinas	El cambio de papel es solicitado con una coordinacion previa o por medio de un horario establecido
Vida util de las planchas	La plancha presenta quemaduras, los diametros para los tornillos estan desgastados

Apéndice 5. Listas de chequeo del proceso.

Las listas de chequeo se encuentran adjuntas en el archivo con el nombre de “Listas de chequeo proceso cambio de papel”.

Apéndice 6. Datos utilizados para las pruebas de hipótesis.

Los datos se encuentran en el documento adjunto al proyecto con el nombre “Datos de las pruebas de hipótesis”.

Apéndice 7. Pruebas de hipótesis turno día (1 y 2)

Prueba T e IC de dos muestras: A-07 Turno 1; A-07 Turno 2				Prueba T e IC de dos muestras: A-08 Turno 1; A-08 Turno 2																																	
<p>Método</p> μ_1 : media de A-07 Turno 1 μ_2 : media de A-07 Turno 2 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <p><i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i></p>				<p>Método</p> μ_1 : media de A-08 Turno 1 μ_2 : media de A-08 Turno 2 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <p><i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i></p>																																	
<p>Estadísticas descriptivas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Desv.Est.</th> <th>Error estándar de la media</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-07 Turno 1</td> <td>20</td> <td>11,60</td> <td>2,18</td> <td>0,49</td> </tr> <tr> <td>A-07 Turno 2</td> <td>20</td> <td>10,65</td> <td>1,68</td> <td>0,38</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	A-07 Turno 1	20	11,60	2,18	0,49	A-07 Turno 2	20	10,65	1,68	0,38	<p>Estadísticas descriptivas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Desv.Est.</th> <th>Error estándar de la media</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-08 Turno 1</td> <td>20</td> <td>9,61</td> <td>2,02</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>A-08 Turno 2</td> <td>20</td> <td>9,17</td> <td>2,21</td> <td>0,49</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	A-08 Turno 1	20	9,61	2,02	0,45	A-08 Turno 2	20	9,17	2,21	0,49
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media																																	
A-07 Turno 1	20	11,60	2,18	0,49																																	
A-07 Turno 2	20	10,65	1,68	0,38																																	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media																																	
A-08 Turno 1	20	9,61	2,02	0,45																																	
A-08 Turno 2	20	9,17	2,21	0,49																																	
<p>Estimación de la diferencia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencia</th> <th>Desv.Est. agrupada</th> <th>IC de 95% para la diferencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,947</td> <td>1,947</td> <td>(-0,299; 2,193)</td> </tr> </tbody> </table>				Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia	0,947	1,947	(-0,299; 2,193)	<p>Estimación de la diferencia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencia</th> <th>Desv.Est. agrupada</th> <th>IC de 95% para la diferencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,444</td> <td>2,117</td> <td>(-0,911; 1,799)</td> </tr> </tbody> </table>				Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia	0,444	2,117	(-0,911; 1,799)																		
Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia																																			
0,947	1,947	(-0,299; 2,193)																																			
Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia																																			
0,444	2,117	(-0,911; 1,799)																																			
<p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor T</th> <th>GL</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,54</td> <td>38</td> <td>0,132</td> </tr> </tbody> </table>				Valor T	GL	Valor p	1,54	38	0,132	<p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor T</th> <th>GL</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,66</td> <td>38</td> <td>0,511</td> </tr> </tbody> </table>				Valor T	GL	Valor p	0,66	38	0,511																		
Valor T	GL	Valor p																																			
1,54	38	0,132																																			
Valor T	GL	Valor p																																			
0,66	38	0,511																																			

Prueba T e IC de dos muestras: T-10 Turno 1; T-10 Turno 2				Prueba T e IC de dos muestras: T-09 Turno 1; T-09 Turno 2																																	
<p>Método</p> μ_1 : media de T-10 Turno 1 μ_2 : media de T-10 Turno 2 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <p><i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i></p>				<p>Método</p> μ_1 : media de T-09 Turno 1 μ_2 : media de T-09 Turno 2 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <p><i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i></p>																																	
<p>Estadísticas descriptivas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Desv.Est.</th> <th>Error estándar de la media</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T-10 Turno 1</td> <td>20</td> <td>10,27</td> <td>2,64</td> <td>0,59</td> </tr> <tr> <td>T-10 Turno 2</td> <td>20</td> <td>10,49</td> <td>1,76</td> <td>0,39</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	T-10 Turno 1	20	10,27	2,64	0,59	T-10 Turno 2	20	10,49	1,76	0,39	<p>Estadísticas descriptivas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Desv.Est.</th> <th>Error estándar de la media</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T-09 Turno 1</td> <td>20</td> <td>11,18</td> <td>1,83</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>T-09 Turno 2</td> <td>20</td> <td>10,72</td> <td>1,47</td> <td>0,33</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	T-09 Turno 1	20	11,18	1,83	0,41	T-09 Turno 2	20	10,72	1,47	0,33
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media																																	
T-10 Turno 1	20	10,27	2,64	0,59																																	
T-10 Turno 2	20	10,49	1,76	0,39																																	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media																																	
T-09 Turno 1	20	11,18	1,83	0,41																																	
T-09 Turno 2	20	10,72	1,47	0,33																																	
<p>Estimación de la diferencia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencia</th> <th>Desv.Est. agrupada</th> <th>IC de 95% para la diferencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-0,229</td> <td>2,247</td> <td>(-1,668; 1,209)</td> </tr> </tbody> </table>				Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia	-0,229	2,247	(-1,668; 1,209)	<p>Estimación de la diferencia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencia</th> <th>Desv.Est. agrupada</th> <th>IC de 95% para la diferencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,462</td> <td>1,658</td> <td>(-0,599; 1,523)</td> </tr> </tbody> </table>				Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia	0,462	1,658	(-0,599; 1,523)																		
Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia																																			
-0,229	2,247	(-1,668; 1,209)																																			
Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia																																			
0,462	1,658	(-0,599; 1,523)																																			
<p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor T</th> <th>GL</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-0,32</td> <td>38</td> <td>0,749</td> </tr> </tbody> </table>				Valor T	GL	Valor p	-0,32	38	0,749	<p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor T</th> <th>GL</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,88</td> <td>38</td> <td>0,383</td> </tr> </tbody> </table>				Valor T	GL	Valor p	0,88	38	0,383																		
Valor T	GL	Valor p																																			
-0,32	38	0,749																																			
Valor T	GL	Valor p																																			
0,88	38	0,383																																			

Prueba T e IC de dos muestras: T-12 Turno 1; T-12 Turno 2

Método

μ_1 : media de T-12 Turno 1
 μ_2 : media de T-12 Turno 2
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-12 Turno 1	20	10,92	2,22	0,50
T-12 Turno 2	20	9,49	2,82	0,63

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
1,430	2,541	(-0,196; 3,057)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,78	38	0,083

Prueba T e IC de dos muestras: T-13 Turno 1; T-13 Turno 2

Método

μ_1 : media de T-13 Turno 1
 μ_2 : media de T-13 Turno 2
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-13 Turno 1	20	10,30	2,77	0,62
T-13 Turno 2	20	10,64	1,87	0,42

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-0,341	2,367	(-1,856; 1,174)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0,46	38	0,651

Prueba T e IC de dos muestras: T-17 Turno 1; T-17 Turno 2

Método

μ_1 : media de T-17 Turno 1
 μ_2 : media de T-17 Turno 2
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-17 Turno 1	20	9,69	1,53	0,34
T-17 Turno 2	20	9,33	1,81	0,41

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
0,358	1,680	(-0,718; 1,433)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,67	38	0,505

Prueba T e IC de dos muestras: T-16 Turno 1; T-16 Turno 2

Método

μ_1 : media de T-16 Turno 1
 μ_2 : media de T-16 Turno 2
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-16 Turno 1	20	10,81	1,59	0,36
T-16 Turno 2	20	9,99	2,16	0,48

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
0,819	1,898	(-0,396; 2,034)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,37	38	0,180

Apéndice 8. Pruebas de hipótesis tu turno noche (3 y 4)

Prueba T e IC de dos muestras: A-07 Turno 3; A-07 Turno 4					Prueba T e IC de dos muestras: A-08 Turno 3; A-08 Turno 4				
Método μ_1 : media de A-07 Turno 3 μ_2 : media de A-07 Turno 4 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>					Método μ_1 : media de A-08 Turno 3 μ_2 : media de A-08 Turno 4 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>				
Estadísticas descriptivas					Estadísticas descriptivas				
				Error estándar de la media				Error estándar de la media	
Muestra	N	Media	Desv.Est.		Muestra	N	Media	Desv.Est.	
A-07 Turno 3	20	10,12	2,51	0,56	A-08 Turno 3	20	8,85	2,54	0,57
A-07 Turno 4	20	10,20	1,71	0,38	A-08 Turno 4	20	7,54	2,07	0,46
Estimación de la diferencia					Estimación de la diferencia				
				IC de 95% para la diferencia					IC de 95% para la diferencia
Diferencia	Desv.Est. agrupada				Diferencia	Desv.Est. agrupada			
-0,078	2,151			(-1,455; 1,298)	1,314	2,320			(-0,171; 2,799)
Prueba					Prueba				
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$				Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$			
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$				Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$			
Valor T	GL	Valor p			Valor T	GL	Valor p		
-0,12	38	0,909			1,79	38	0,081		

Prueba T e IC de dos muestras: T-09 Turno 3; T-09 Turno 4					Prueba T e IC de dos muestras: T-10 Turno 3; T-10 Turno 4				
Método μ_1 : media de T-09 Turno 3 μ_2 : media de T-09 Turno 4 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>					Método μ_1 : media de T-10 Turno 3 μ_2 : media de T-10 Turno 4 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ <i>Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>				
Estadísticas descriptivas					Estadísticas descriptivas				
				Error estándar de la media				Error estándar de la media	
Muestra	N	Media	Desv.Est.		Muestra	N	Media	Desv.Est.	
T-09 Turno 3	20	11,27	2,84	0,63	T-10 Turno 3	20	10,38	2,93	0,65
T-09 Turno 4	20	11,03	1,86	0,42	T-10 Turno 4	20	8,99	2,73	0,61
Estimación de la diferencia					Estimación de la diferencia				
				IC de 95% para la diferencia					IC de 95% para la diferencia
Diferencia	Desv.Est. agrupada				Diferencia	Desv.Est. agrupada			
0,235	2,401			(-1,302; 1,771)	1,386	2,829			(-0,425; 3,197)
Prueba					Prueba				
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$				Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$			
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$				Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$			
Valor T	GL	Valor p			Valor T	GL	Valor p		
0,31	38	0,759			1,55	38	0,130		

Prueba T e IC de dos muestras: T-12 Turno 3; T-12 Turno 4

Método

μ_1 : media de T-12 Turno 3
 μ_2 : media de T-12 Turno 4
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-12 Turno 3	20	12,03	3,51	0,78
T-12 Turno 4	20	10,65	2,52	0,56

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
1,373	3,055	(-0,583; 3,328)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,42	38	0,164

Prueba T e IC de dos muestras: T-13 Turno 3; T-13 Turno 4

Método

μ_1 : media de T-13 Turno 3
 μ_2 : media de T-13 Turno 4
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-13 Turno 3	20	10,89	1,72	0,38
T-13 Turno 4	20	10,08	1,62	0,36

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
0,813	1,671	(-0,257; 1,883)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,54	38	0,132

Prueba T e IC de dos muestras: T-16 Turno 3; T-16 Turno 4

Método

μ_1 : media de T-16 Turno 3
 μ_2 : media de T-16 Turno 4
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-16 Turno 3	20	10,10	1,02	0,23
T-16 Turno 4	20	10,69	1,43	0,32

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-0,593	1,245	(-1,390; 0,204)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-1,51	38	0,140

Prueba T e IC de dos muestras: T-17 Turno 4; T-17 Turno 3

Método

μ_1 : media de T-17 Turno 4
 μ_2 : media de T-17 Turno 3
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T-17 Turno 4	20	10,235	0,842	0,19
T-17 Turno 3	20	10,59	1,26	0,28

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-0,353	1,070	(-1,038; 0,332)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-1,04	38	0,303

Apéndice. 9. Análisis estadístico de los datos obtenidos en el pre-muestreo del turno diurno

A-07		A-08	
Media	10.002	Media	9.069
Error típico	0.776	Error típico	0.598
Mediana	10.300	Mediana	8.808
Moda	5.450	Moda	#N/A
Desviación estándar	3.469	Desviación estándar	2.675
Varianza de la muestra	12.033	Varianza de la muestra	7.158
Curtosis	-1.400	Curtosis	-0.401
Coefficiente de asimetría	-0.041	Coefficiente de asimetría	0.628
Rango	9.933	Rango	9.700
Mínimo	5.067	Mínimo	5.300
Máximo	15.000	Máximo	15.000
Suma	200.033	Suma	181.383
Cuenta	20.000	Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.623	Nivel de confianza(95.0%)	1.252

T-09		T-10	
Media	10.383	Media	9.682
Error típico	0.747	Error típico	0.676
Mediana	9.642	Mediana	9.492
Moda	#N/A	Moda	11.933
Desviación estándar	3.341	Desviación estándar	3.024
Varianza de la muestra	11.164	Varianza de la muestra	9.147
Curtosis	-0.791	Curtosis	-1.201
Coefficiente de asimetría	0.084	Coefficiente de asimetría	-0.036
Rango	11.617	Rango	10.133
Mínimo	4.700	Mínimo	4.417
Máximo	16.317	Máximo	14.550
Suma	207.650	Suma	193.633
Cuenta	20.000	Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.564	Nivel de confianza(95.0%)	1.415

T-12		T-13	
Media	9.614	Media	10.068
Error típico	0.838	Error típico	0.740
Mediana	8.408	Mediana	9.517
Moda	#N/A	Moda	9.517
Desviación estándar	3.750	Desviación estándar	3.310
Varianza de la muestra	14.059	Varianza de la muestra	10.954
Curtosis	-1.433	Curtosis	0.051
Coefficiente de asimetría	0.330	Coefficiente de asimetría	0.580
Rango	11.650	Rango	12.867
Mínimo	4.617	Mínimo	4.800
Máximo	16.267	Máximo	17.667
Suma	192.283	Suma	201.350
Cuenta	20.000	Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.755	Nivel de confianza(95.0%)	1.549

T-16		T-17	
Media	9.623	Media	8.593
Error típico	0.743	Error típico	0.839
Mediana	9.300	Mediana	7.350
Moda	14.467	Moda	#N/A
Desviación estándar	3.322	Desviación estándar	3.750
Varianza de la muestra	11.038	Varianza de la muestra	14.062
Curtosis	-1.527	Curtosis	-0.023
Coefficiente de asimetría	0.095	Coefficiente de asimetría	0.867
Rango	9.433	Rango	13.817
Mínimo	5.033	Mínimo	2.967
Máximo	14.467	Máximo	16.783
Suma	192.467	Suma	171.850
Cuenta	20.000	Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.555	Nivel de confianza(95.0%)	1.755

Apéndice. 10. Análisis estadístico de los datos obtenidos en el pre-muestreo del turno nocturno

A-07		A-08	
Media	9.771	Media	8.761
Error típico	0.600	Error típico	0.515
Mediana	9.042	Mediana	8.558
Moda	#N/A	Moda	7.050
Desviación estándar	2.685	Desviación estándar	2.301
Varianza de la muestra	7.210	Varianza de la muestra	5.297
Curtosis	-0.888	Curtosis	-0.380
Coefficiente de asimetría	0.452	Coefficiente de asimetría	0.494
Rango	9.583	Rango	8.067
Mínimo	5.250	Mínimo	5.217
Máximo	14.833	Máximo	13.283
Suma	195.417	Suma	175.217
Cuenta	20.000	Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.257	Nivel de confianza(95.0%)	1.077

T-09	
Media	9.067
Error típico	0.422
Mediana	9.017
Moda	#N/A
Desviación estándar	1.886
Varianza de la muestra	3.556
Curtosis	0.060
Coefficiente de asimetría	0.040
Rango	7.750
Mínimo	5.233
Máximo	12.983
Suma	181.333
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	0.883

T-10	
Media	9.233
Error típico	0.683
Mediana	9.208
Moda	13.183
Desviación estándar	3.053
Varianza de la muestra	9.321
Curtosis	-1.436
Coefficiente de asimetría	0.284
Rango	9.050
Mínimo	5.650
Máximo	14.700
Suma	184.667
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.429

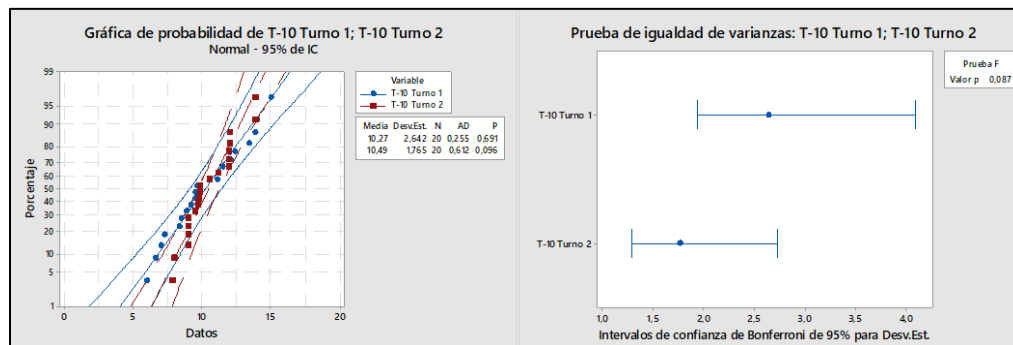
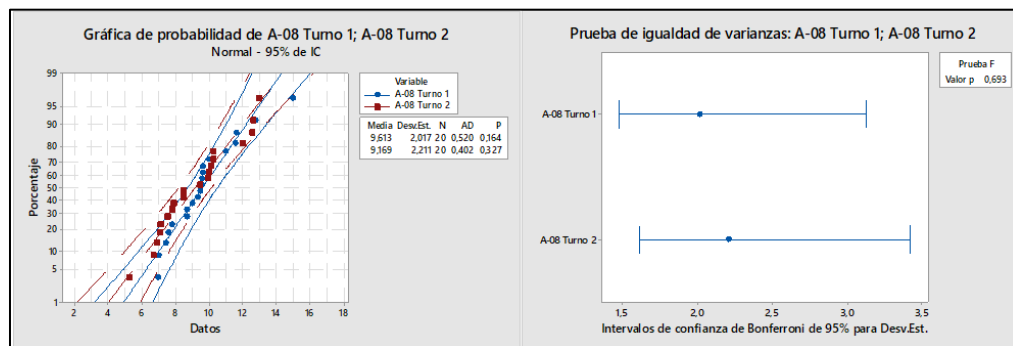
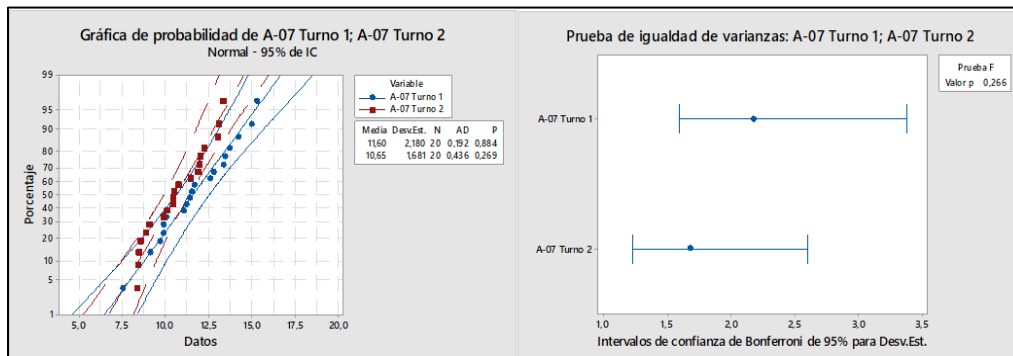
T-12	
Media	11.107
Error típico	0.607
Mediana	11.418
Moda	#N/A
Desviación estándar	2.715
Varianza de la muestra	7.369
Curtosis	0.239
Coefficiente de asimetría	-0.899
Rango	9.483
Mínimo	5.517
Máximo	15.000
Suma	222.133
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.270

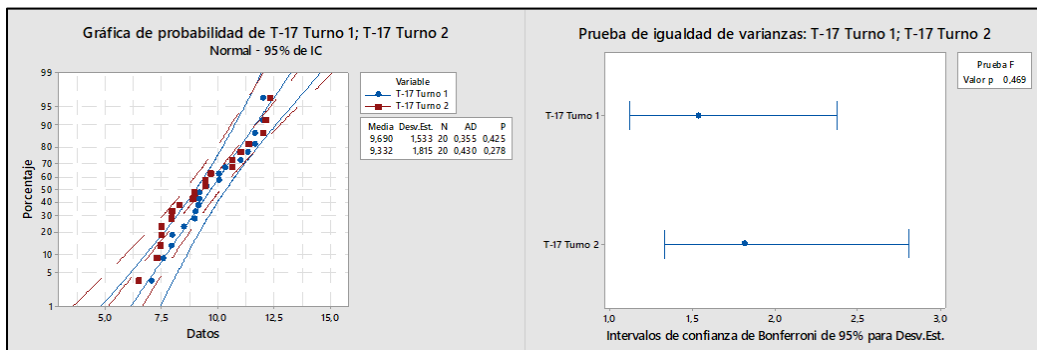
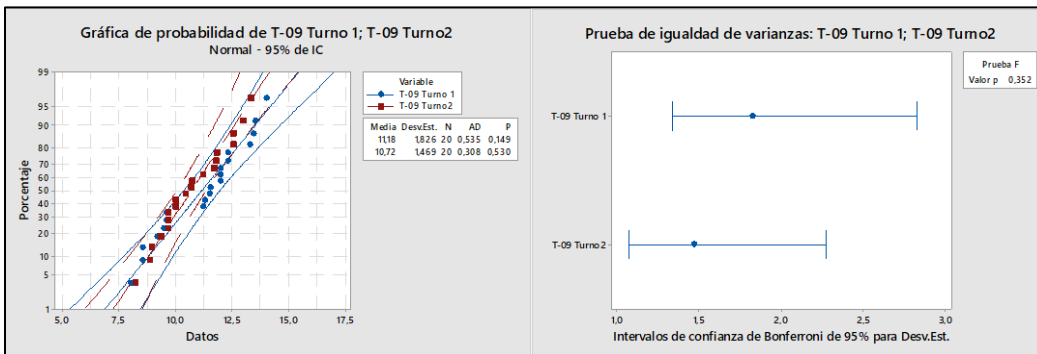
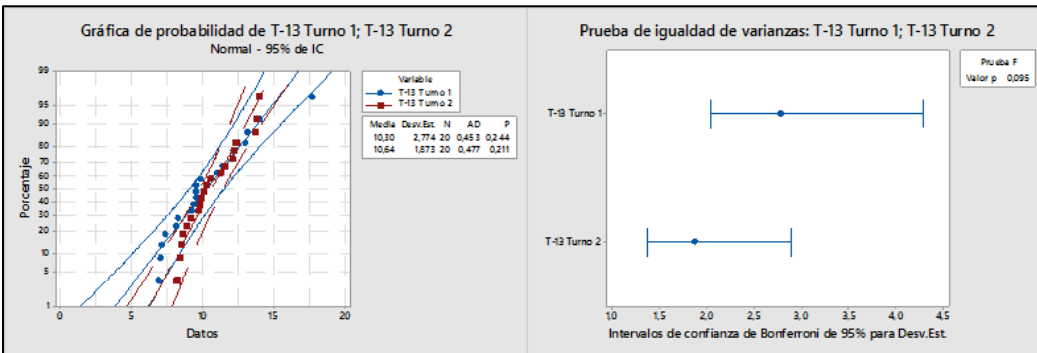
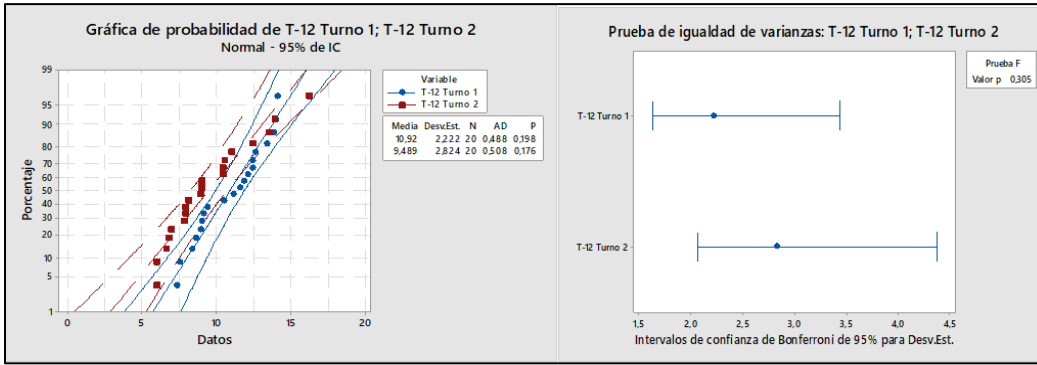
T-13	
Media	9.596
Error típico	0.710
Mediana	9.210
Moda	#N/A
Desviación estándar	3.174
Varianza de la muestra	10.071
Curtosis	0.349
Coefficiente de asimetría	1.027
Rango	11.350
Mínimo	5.700
Máximo	17.050
Suma	191.920
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.485

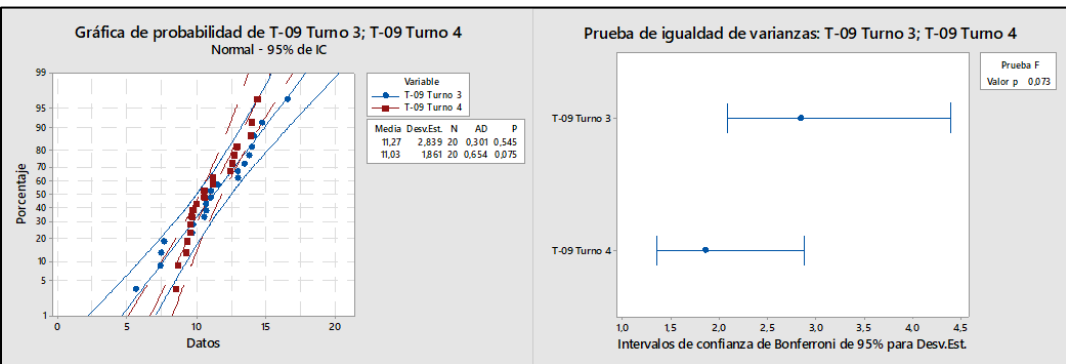
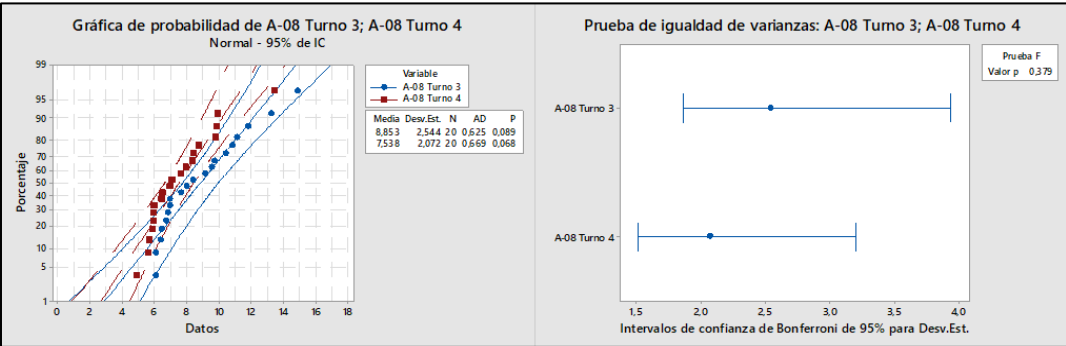
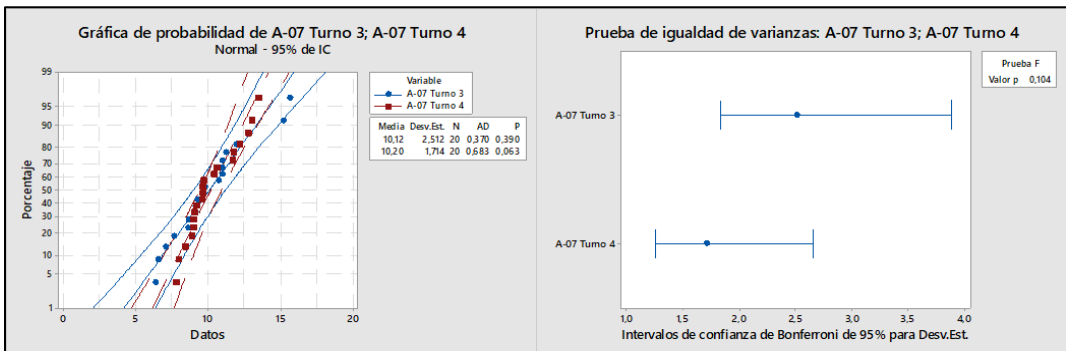
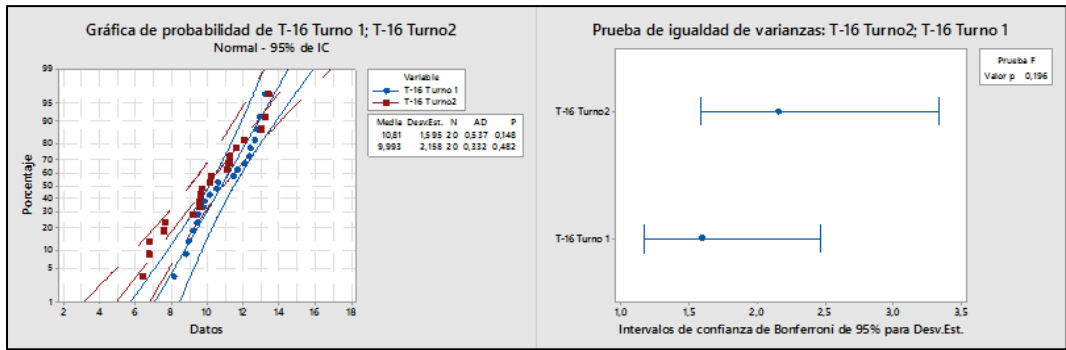
T-16	
Media	9.086
Error típico	0.735
Mediana	9.442
Moda	#N/A
Desviación estándar	3.287
Varianza de la muestra	10.806
Curtosis	-1.091
Coefficiente de asimetría	0.139
Rango	10.450
Mínimo	4.017
Máximo	14.467
Suma	181.717
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.538

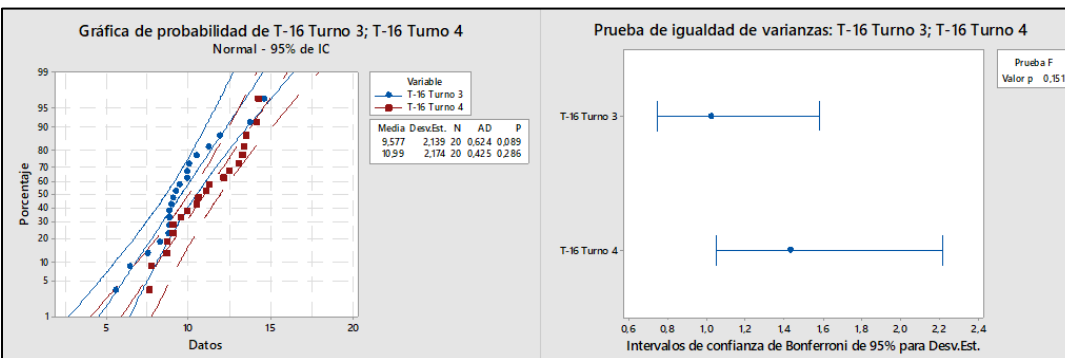
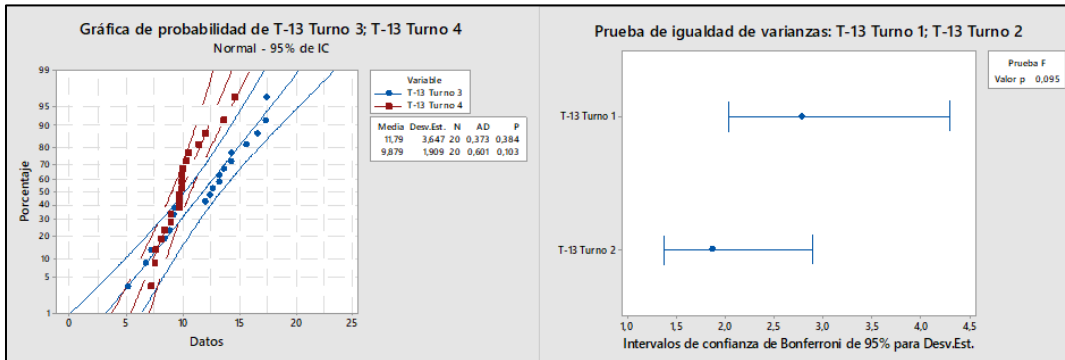
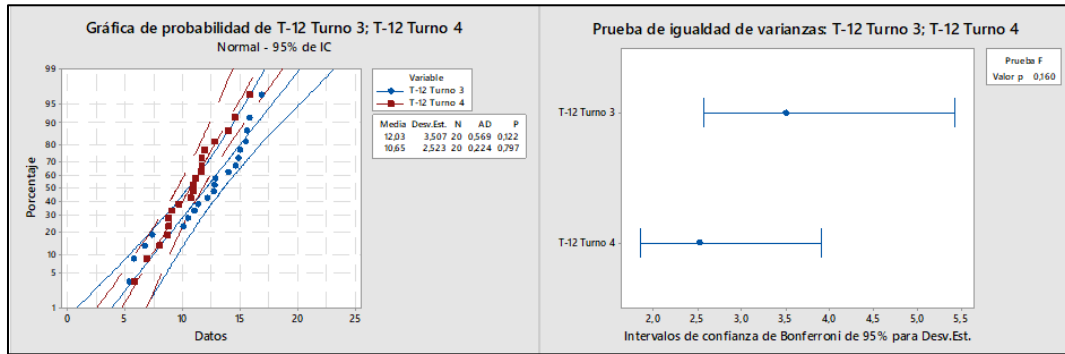
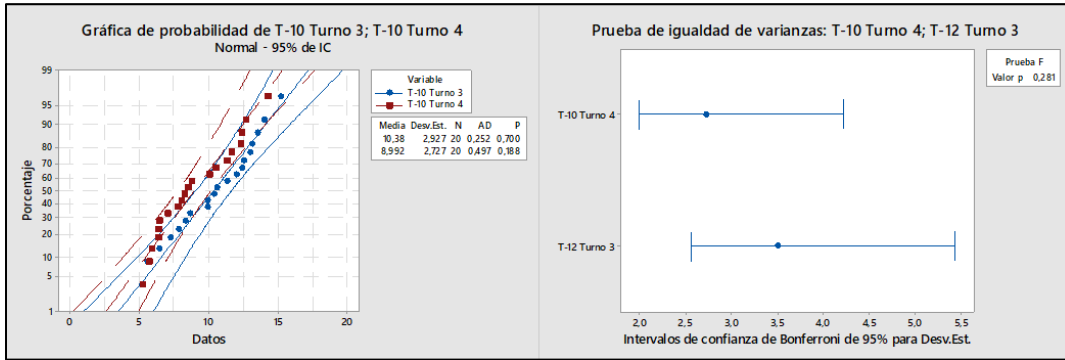
T-17	
Media	9.005
Error típico	0.604
Mediana	8.608
Moda	#N/A
Desviación estándar	2.699
Varianza de la muestra	7.285
Curtosis	0.745
Coefficiente de asimetría	0.877
Rango	10.000
Mínimo	5.000
Máximo	15.000
Suma	180.100
Cuenta	20.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.263

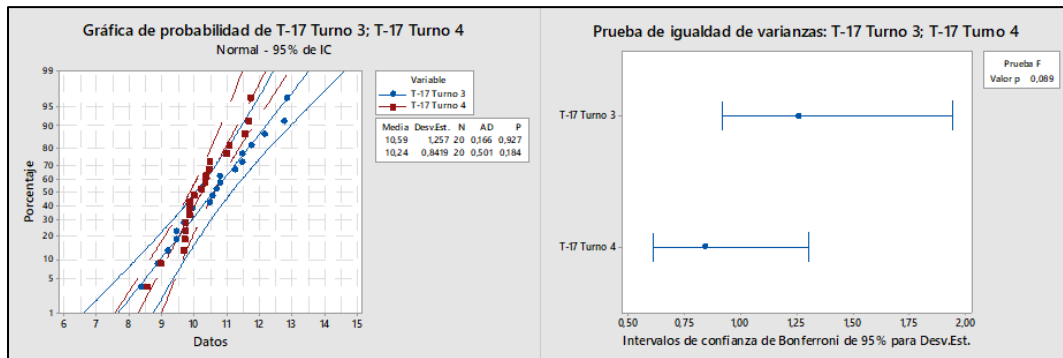
Apéndice 11. Pruebas de normalidad e igualdad de varianzas de los datos utilizados en las hipótesis











Apéndice 12. Datos de tiempos de cambios de papel del turno día recolectados durante el pre-muestreo.

Los datos se encuentran en el archivo que recibe el nombre de “Datos pre-muestreo turno diurno”.

Apéndice 13. Datos de tiempos de cambios de papel del turno nocturno recolectados durante el pre-muestreo.

Los datos se encuentran en el archivo que recibe el nombre de “Datos pre-muestreo turno nocturno”.

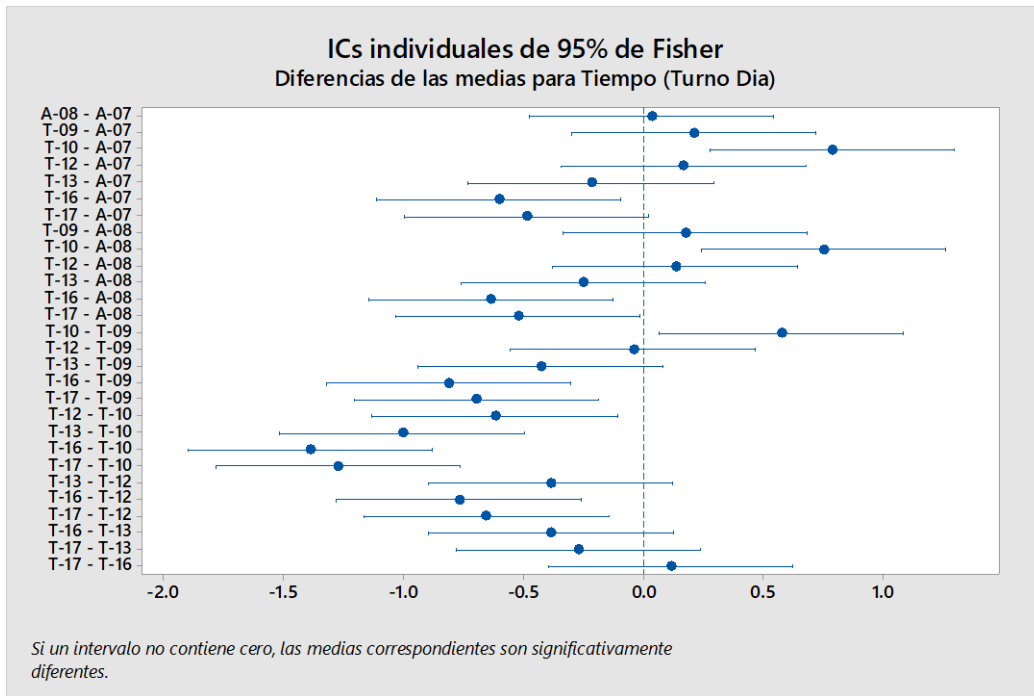
Apéndice 14. Datos de tiempos de cambios de papel del turno día recolectados durante el muestreo.

Los datos se encuentran en el archivo adjunto con el nombre “Datos recolectados durante muestreo”.

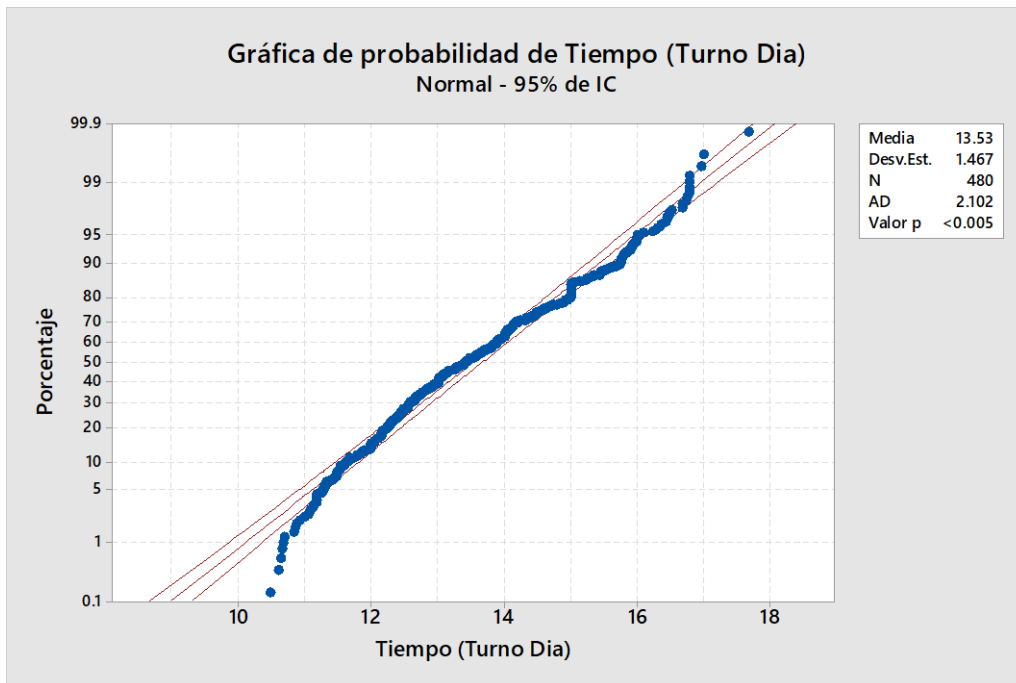
Apéndice 15. Datos de tiempos de cambios de papel del turno noche recolectados durante el muestreo.

Los datos se encuentran en el archivo que recibe el nombre de “Datos recolectados durante muestreo del turno nocturno”.

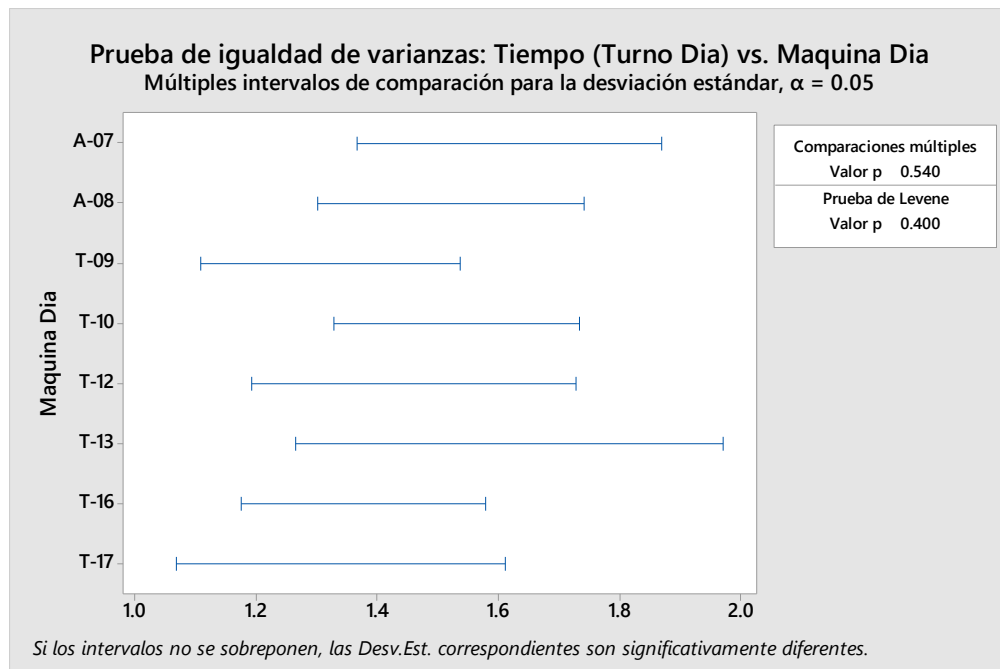
Apéndice 16. Gráfica de valores individuales de Fisher Anova turno diurno.



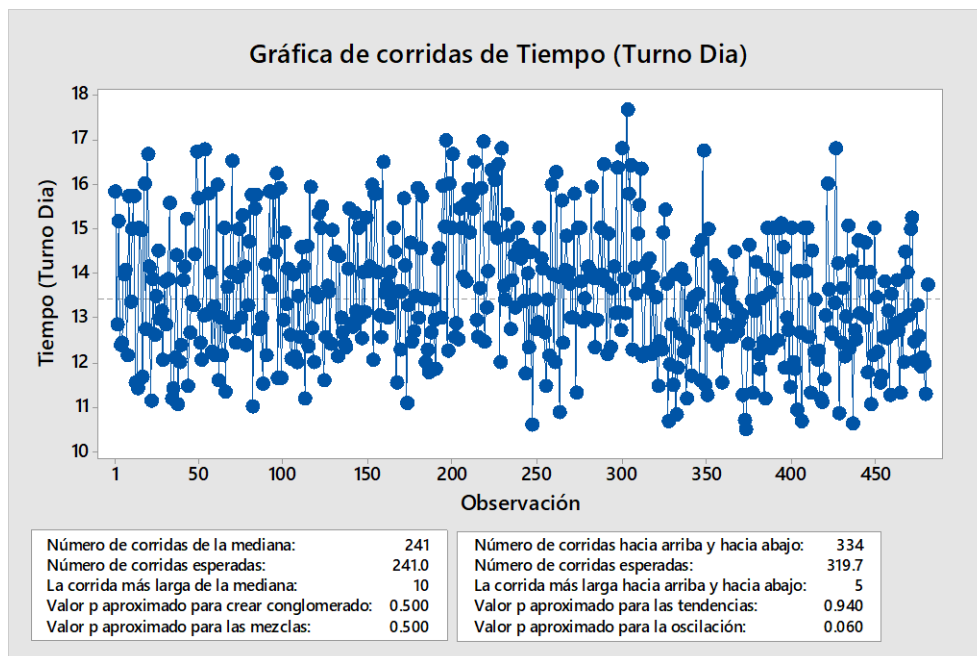
Apéndice 17. Gráfica de probabilidad para los datos puros en el turno día.



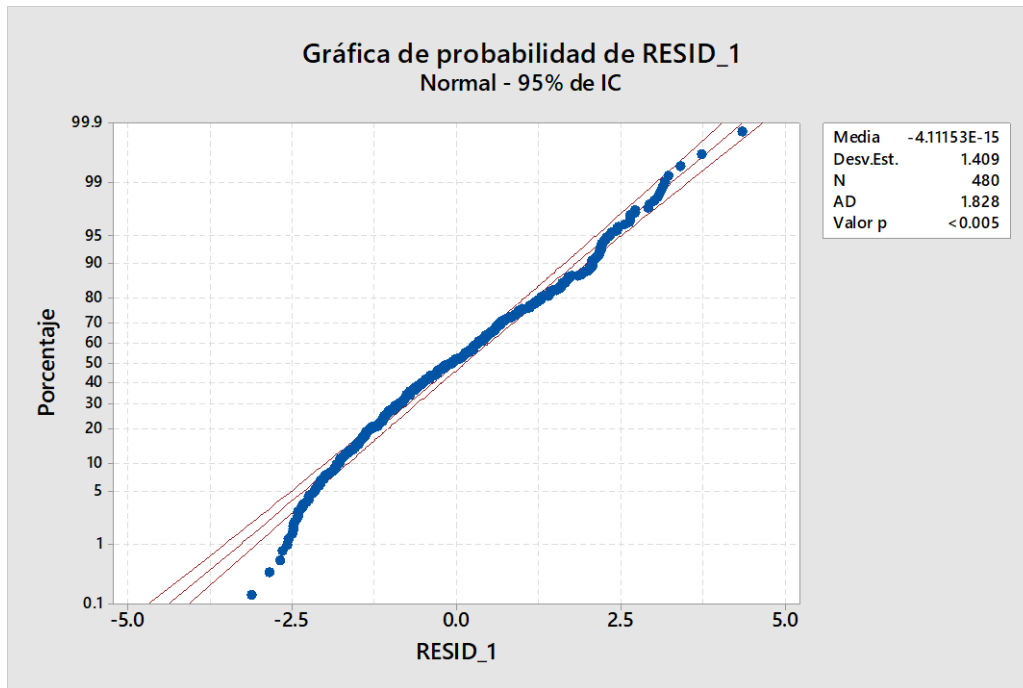
Apéndice 18. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas para los datos puros en el turno día.



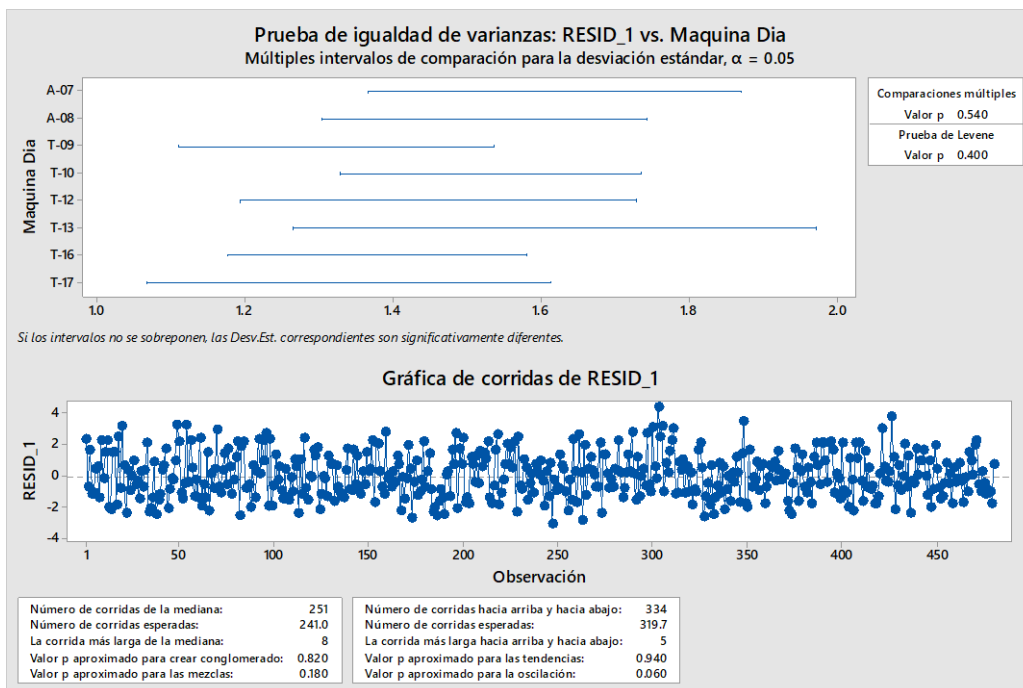
Apéndice 19. Gráfica de corridas para los datos puros en el turno día.



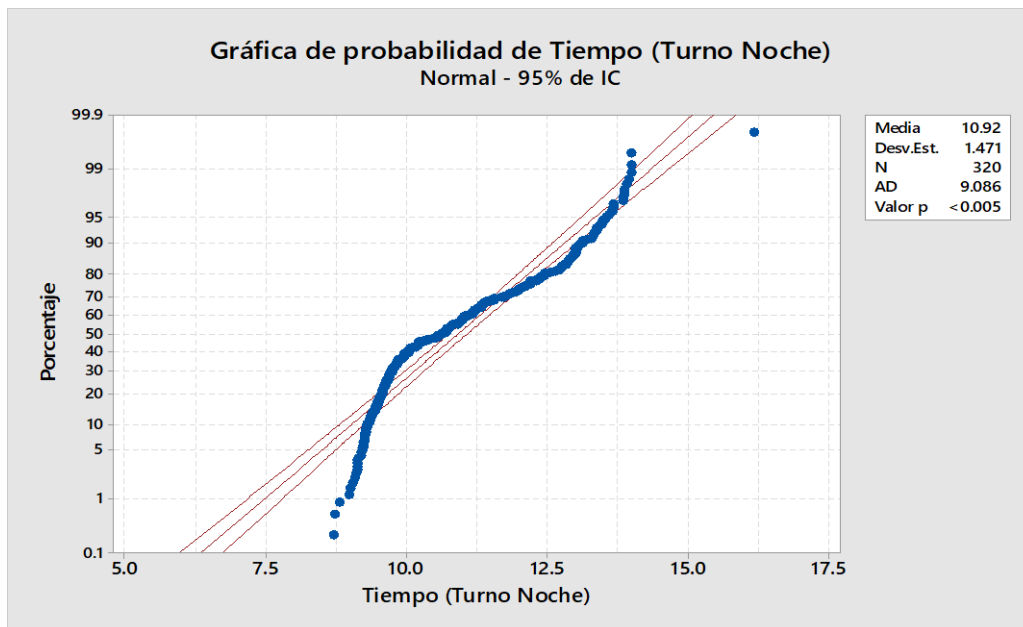
Apéndice 20. Gráfica de probabilidad de los residuos en el turno diurno.



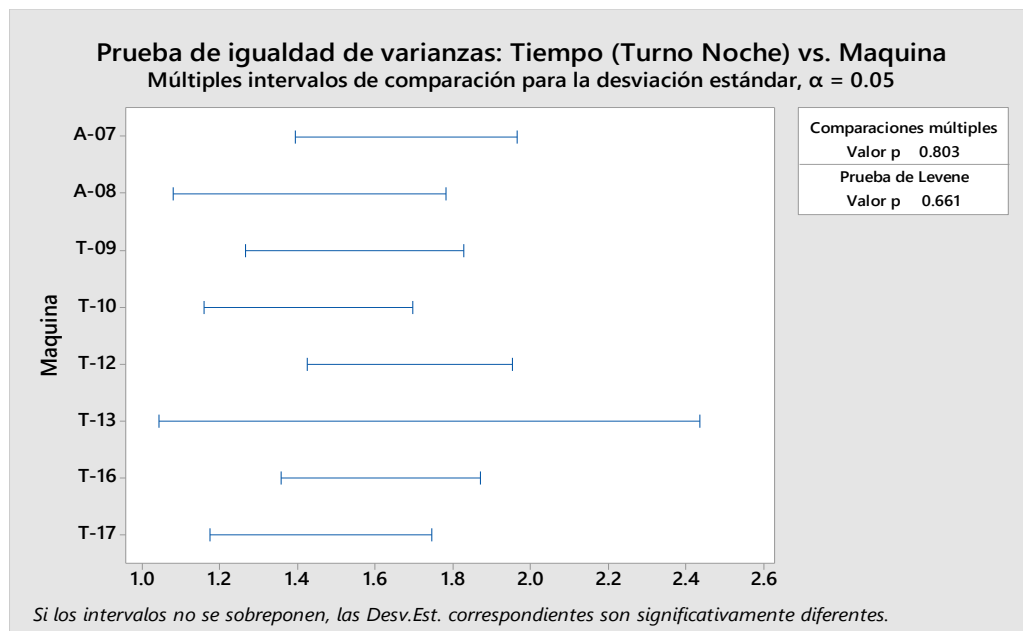
Apéndice 21. Gráfica de corridas e igualdad de varianzas de los residuos en el turno diurno.



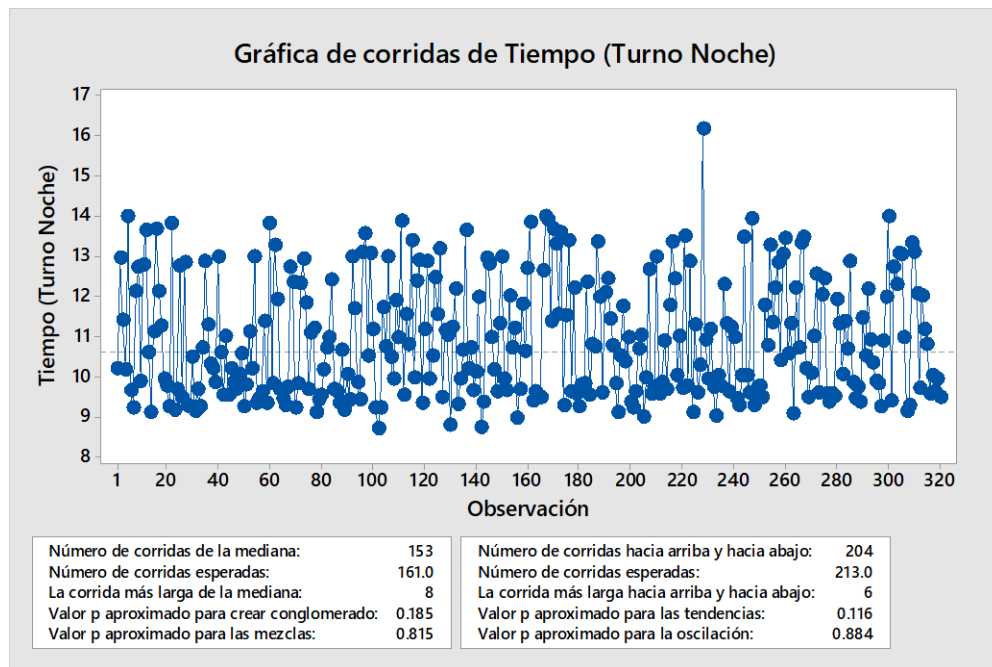
Apéndice 22. Gráfica de probabilidad del Anova para los datos puros en el turno nocturno.



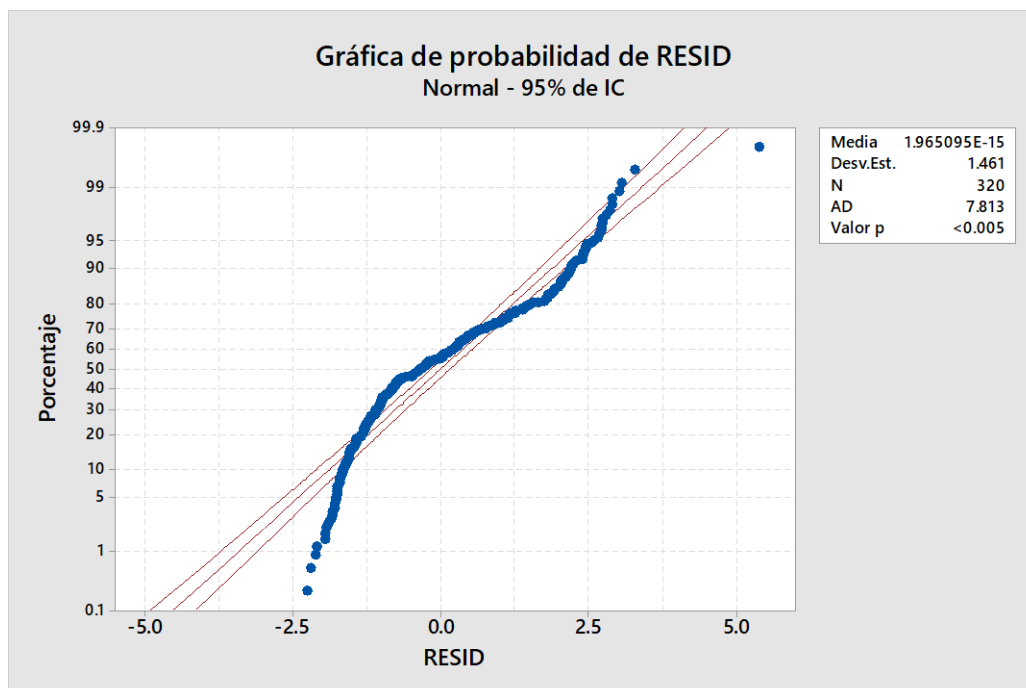
Apéndice 23. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas del Anova para los datos puros en el turno nocturno.



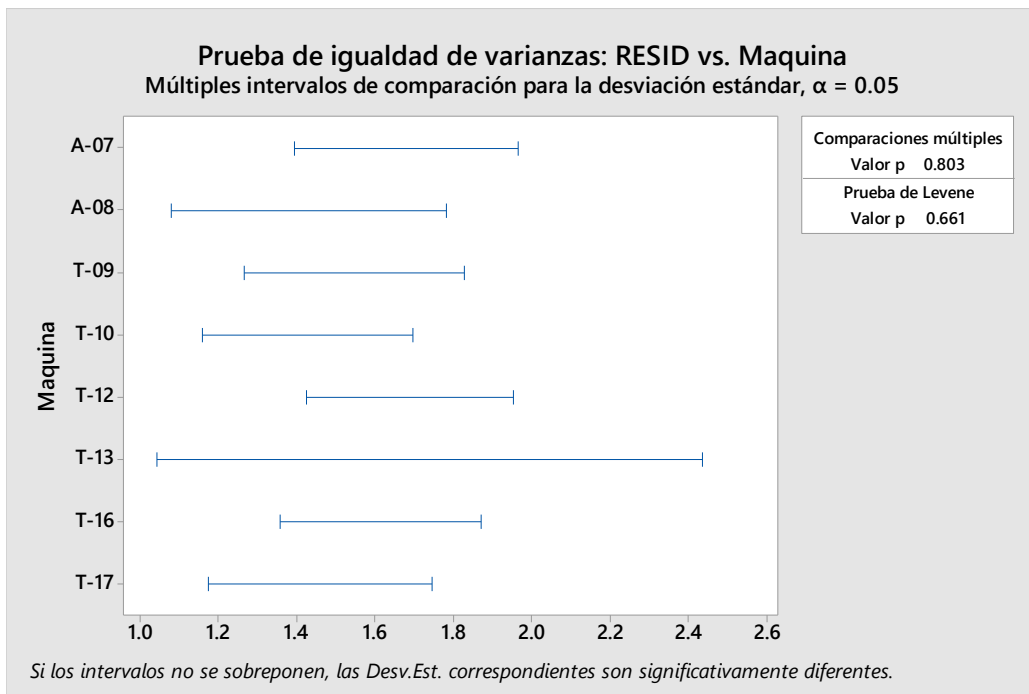
Apéndice 24. Gráfica de corridas del Anova para los datos puros en el turno nocturno.



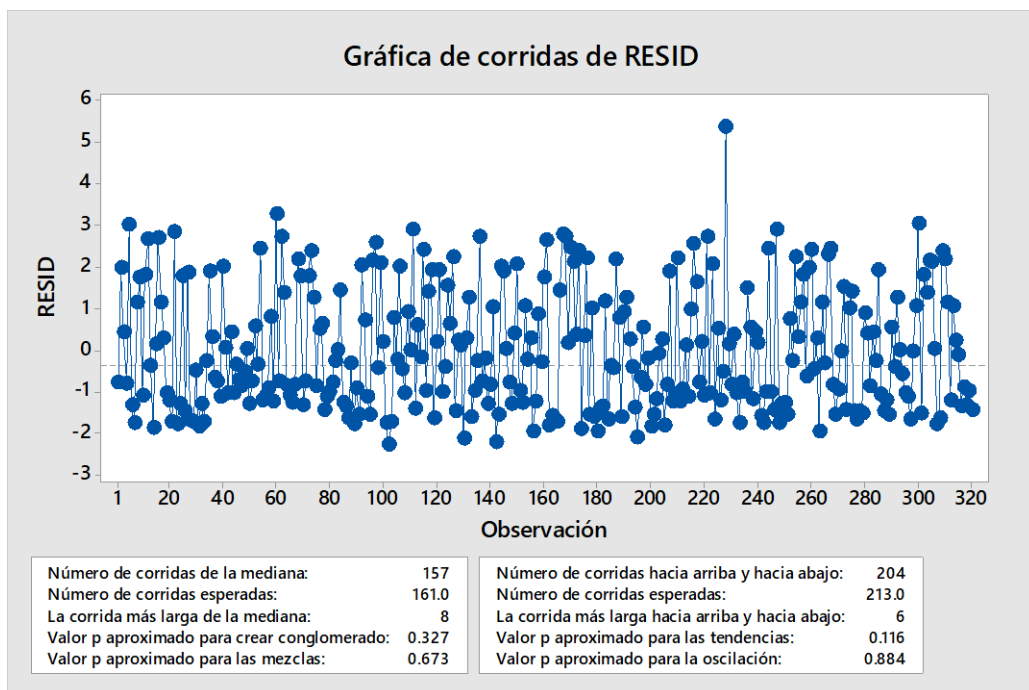
Apéndice 25. Gráfica de probabilidad del Anova para los residuos en el turno nocturno



Apéndice 26. Gráfica de la prueba de igualdad de varianzas del Anova para los residuos en el turno nocturno



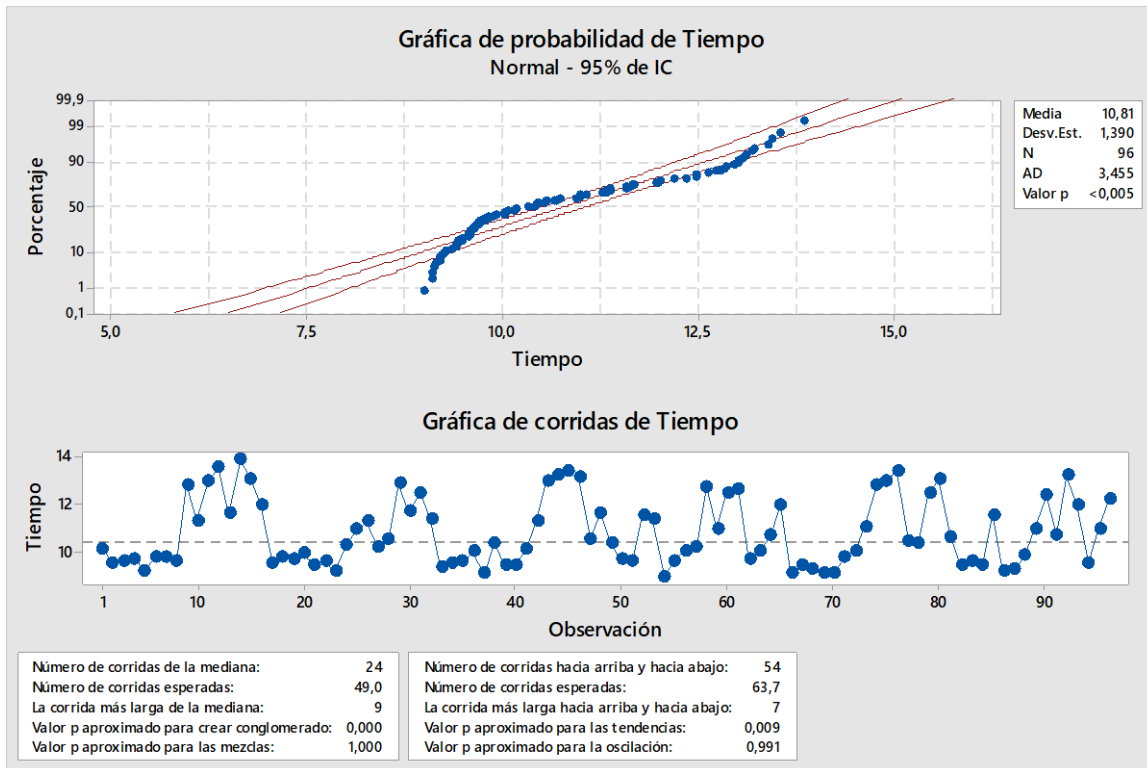
Apéndice 27. Gráfica de corridas del Anova para los residuos en el turno nocturno



Apéndice 28. Datos del diseño factorial.

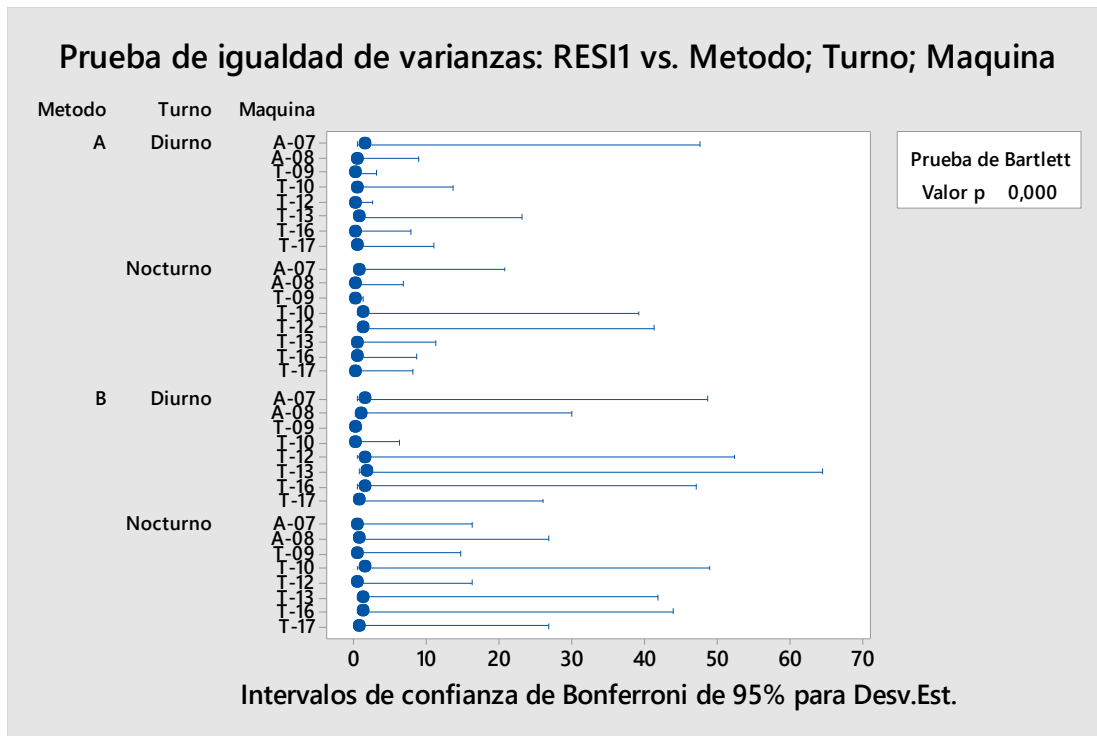
	Turno			
	Diurno		Nocturno	
	Método		Método	
	A	B	A	B
A-07	10.15	12.83	9.56	10.95
	9.37	10.15	10.40	10.07
	10.68	10.02	13.05	10.98
A-08	9.58	11.33	9.82	11.28
	9.58	11.33	9.70	10.18
	11.97	11.07	10.67	12.35
T-09	9.60	13.00	9.70	10.18
	9.60	13.00	9.63	12.73
	9.15	12.78	9.45	10.75
T-10	9.72	13.55	9.93	10.53
	10.03	13.20	11.57	10.98
	9.45	12.95	9.64	13.18
T-12	9.22	11.62	9.48	12.85
	9.10	13.38	11.37	12.48
	9.27	13.43	9.48	11.98
T-13	9.78	13.85	9.63	11.68
	10.42	13.10	9.00	12.63
	9.10	10.47	11.57	9.57
T-16	9.82	13.07	9.20	12.47
	9.42	10.55	9.23	9.73
	9.12	10.42	9.28	11.00
T-17	9.62	12.00	10.32	11.37
	9.42	11.65	9.66	10.03
	9.78	12.47	9.87	12.18

Apéndice 29. Pruebas realizadas a los datos puros y residuos del diseño factorial.

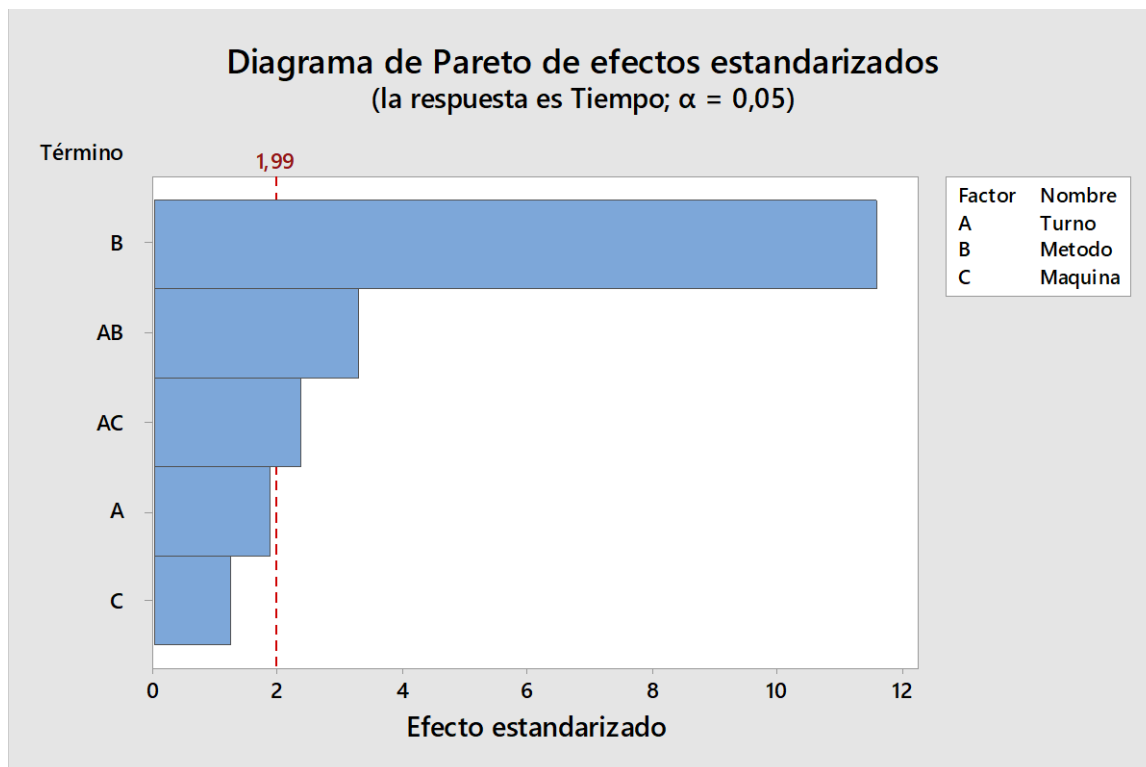


Pruebas

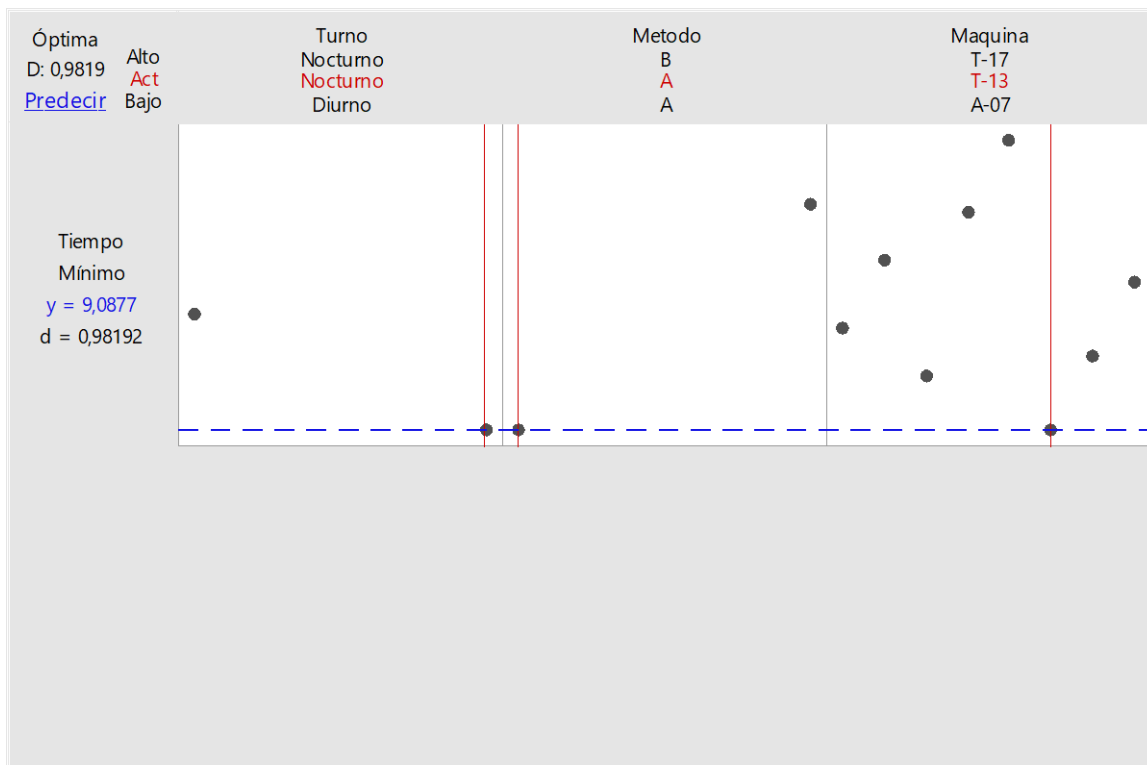
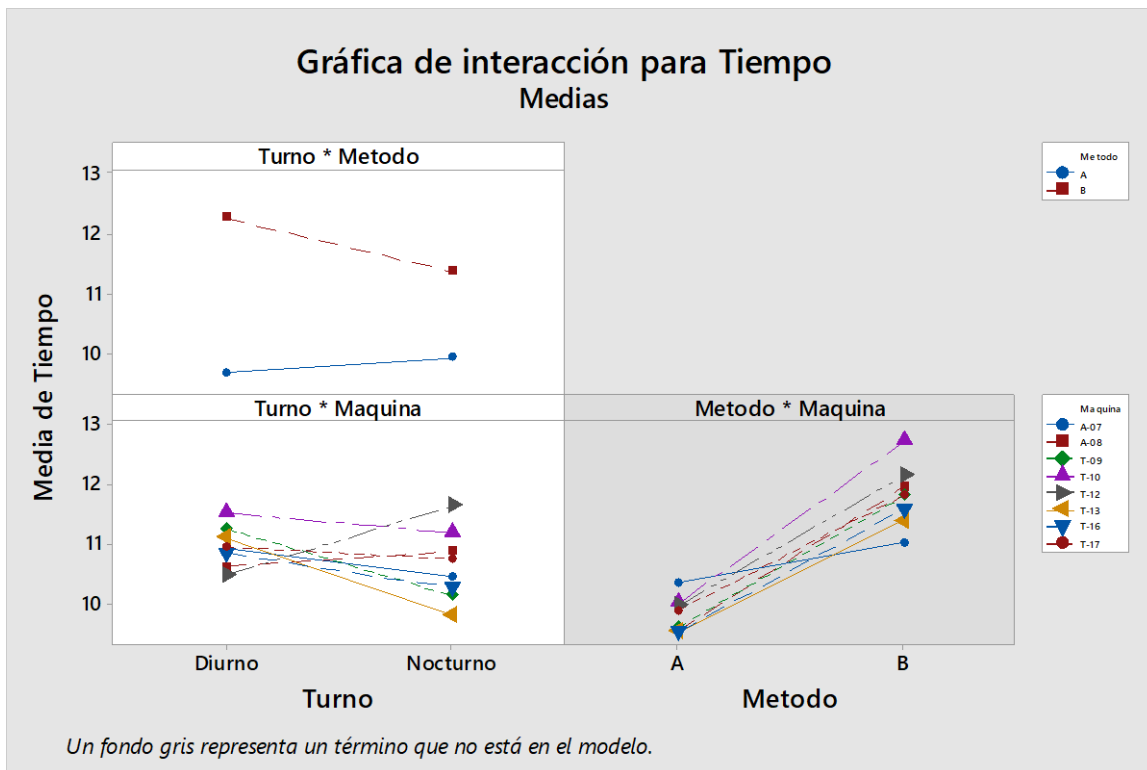
Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0,001
Levene	0,83	0,705



Apéndice 30. Paretograma del diseño factorial del estudio.



Apéndice 31. Gráficas factoriales del estudio.



Apéndice 32. Bitácoras del desarrollo del proyecto

Bitacora seguimiento de reuniones

Reunion No. 1
Lugar FF SCD

Fecha 29/11/2019

Puntos analizados

• Se realiza caminata Gemba para conocer el proceso de producción del área.
• Se observa el proceso de cambio de papel.

Asistentes


Nehemías Venegas

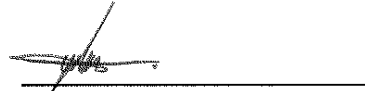
Cargo en la empresa

Supervisor SCD

Observaciones

→ El proceso de cambio de papel se revisa más detalladamente en la siguientes semanas con ayuda de los técnicos.


Firma asesor Industrial


Firma estudiante

Bitacora seguimiento de reuniones

Reunion No. 2

Fecha 9/12/2019

Lugar Opex

Puntos analizados

- Se comentan las pérdidas del piso, posibles causas, importancia de aumentar el OEE.
- Se busca enfocar el proyecto a una pérdida en específico.
- Se realiza una lluvia de ideas.

Asistentes


Jose Arias
Jeffry Quesada
Enrique Moya
Jose Perez
Vivian Aguilar
Andres Atpizar

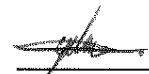
Cargo en la empresa

Gerente OpEx
Superintendente SCD
Ing Manufactura
Ing y Supervisor Mantenimiento
Gerente Mantenimiento

Observaciones

→ Consistió en un seguimiento del OEE principalmente, donde se logró aclarar dudas y conocer el proceso.


Firma asesor Industrial


Firma estudiante

Bitacora seguimiento de reuniones

Reunion No. 3

Fecha 30/01/2020

Lugar Oficina SCD

Puntos analizados

- Presentación de posibles ideas.
- Presentación de la sit. Actual del proceso con los datos y análisis estadístico.

Asistentes


Jeffry Quesada
Jose Arias
Jose Perez
Enrique Moya
Andrés Alpizar


Cargo en la empresa

Superintendente SCD
Gerente Opex
Supervisor Mantenimiento.
Ing. Manufactura.
Gerente Mantenimiento

Observaciones

- Priorizar el diseño de los planos para los dados, principalmente para A-07 y A-08.


Firma asesor Industrial


Firma estudiante

Bitacora seguimiento de reuniones

Reunion No. 4

Fecha 13/01/2020

Lugar Oficina Gerente Opex.


Puntos analizados

→ Reunión de seguimiento del proyecto.
→ se aclaran dudas sobre los datos en el sistema.
→ se solicita ayuda para proceder con toma de tiempos en el proceso (informe al piso).


Asistentes
Jose Arias

Cargo en la empresa
Gerente OpEx

Observaciones



Firma asesor Industrial



Firma estudiante

Bitacora seguimiento de reuniones

Reunion No. 5

Fecha 22/04/2019

Lugar OpEx

Puntos analizados

→ se comentan los puntos relacionados con la prueba de potencia.
→ Error máximo permitido en el muestreo.

Asistentes

Jose Arias

Cargo en la empresa

Gerente OpEx

Observaciones

→ Estos resultados son definidos tomando en cuenta el tipo de proceso en estudio y su variabilidad actual.



Firma asesor Industrial



Firma estudiante

Apéndice 33. Planos de las planchas de cada equipo.

Se adjuntan en el archivo con el nombre de “Planos Planchas Proyecto de Graduación”.

Apéndice 34. Planos de los marcos de la propuesta de mejora 2.

Se encuentra en el archivo adjunto con el nombre de “Planos Marcos Proyecto de Graduación”.

Apéndice 35. Tiempo reducido con las propuestas de mejora.

Máquina	Ganancia Propuesta 1 (Hrs)
A-07	10.04
A-08	5.85
T-09	4.95
T-10	4.45
T-12	3.94
T-13	3.81
T-16	3.05
T-17	2.29
Total	38.38

Máquina	Ganancia Propuesta 2 (Hrs)
A-07	0.54
A-08	0.31
T-09	0.26
T-10	0.24
T-12	0.21
T-13	0.2
T-16	0.16
T-17	0.12
Total	2.04

Máquina	Ganancia propuesta 3 (Hrs)
A-07	0.94
A-08	0.55
T-09	0.46
T-10	0.42
T-12	0.37
T-13	0.36
T-16	0.29
T-17	0.22
Total	3.61

Máquina	Ganancia Propuesta 4 (Hrs)
A-07	9.82
A-08	5.72
T-09	4.85
T-10	4.35
T-12	3.85
T-13	3.72
T-16	2.98
T-17	2.24
Total	37.53

Máquina	Ganancia propuesta 5 (Hrs)
A-07	12.48
A-08	7.27
T-09	6.16
T-10	5.53
T-12	4.9
T-13	4.74
T-16	3.79
T-17	2.84
Total	47.71

Apéndice 36. Herramienta de control de inventarios y Manual de utilización.

La herramienta y su respectivo manual se adjunta en el archivo con el nombre “Herramienta Propuesta 4 Proyecto de Graduación”.

Apéndice 37. Estándar de Trabajo.

El documento se adjunta en la el archivo que recibe el nombre de “Estándar de trabajo de la propuesta de mejora 4”.

Apéndice 38. Cotizaciones para materiales requeridos para las propuestas de solución.

Las cotizaciones están adjuntas al archivo con el nombre “Cotizaciones Proyecto de Graduación”.

Apéndice 39. Capacidad de producción por hora en cada máquina tomada entre los alcances del estudio.

Tiempo Estimado por Unidad	
Máquina	Unidades producidas por Hora
A-07	52.5
A-08	54.2
T-09	13.3
T-10	16.7
T-12	12.5
T-13	22.5
T-16	14.2
T-17	13.3

Apéndice 40. Tasa de inflación de los últimos 5 años en Costa Rica.

Proyección tasa de inflación anual en C.R				
2015	2016	2017	2018	2019
-0.81%	0.77%	2.57%	2.03%	1.52%

Apéndice 41. Reporte A3 Proyecto de Mejora.

TITLE	Propuestas de mejoras para la reducción del tiempo de cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 y T's ubicadas en el Focus Factory SCD			REV	1	OWNER	Adriana Gamboa Miranda	DATE	29/06/2020
CHAMPION	Jose Arias	COACH	Jose Arias						

D DEFINE

Antecedentes:

En la actualidad en el Focus Factory SCD se realizan 302 cambios de papel mensualmente y cada uno de estos cambios tiene una duración de 12.221 minutos. El tiempo invertido, implica la no realización de un total de 1913 cajas, la cantidad de producto que puede generar un ingreso de \$15,123.00 a la compañía, por otro lado, la disponibilidad del OEE se ve afectado en un 1.60% al mes.

Planteamiento del problema:

Alta duración y variabilidad en los tiempos del proceso de cambio de papel, lo que genera pérdidas en la disponibilidad de los equipos.

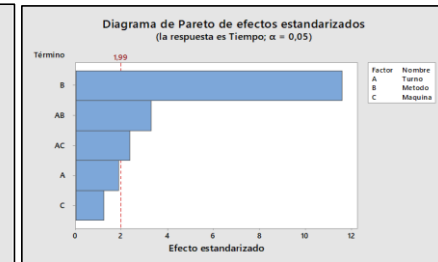
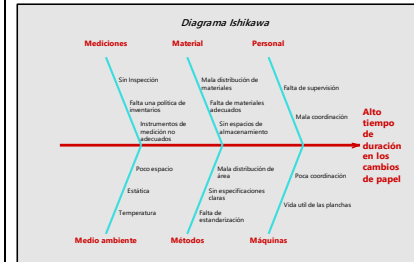
Meta:

Reducir los tiempos de duración del proceso de cambio de papel en las maquinas sometidas al estudio en al menos un 30%ad del OEE y en la capacidad de producción de los equipos.

Alcance:

Máquinas A-07, A-08 y T's en el Focus Factory SCD

A ANALIZE



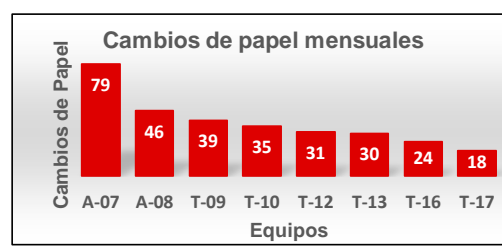
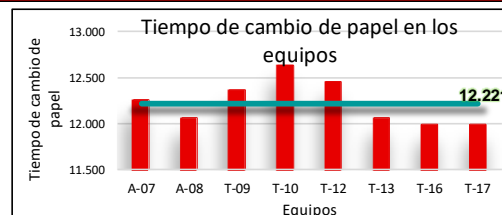
Causa	Ocurrencia	% de Impacto	% de Impacto General Acumulado
Política de inventarios	55	100.0%	9.39%
Distribución de los materiales	55	100.0%	18.77%
Materiales adecuados	55	100.0%	28.16%
Espacios de almacenamiento	55	100.0%	37.54%
Especificaciones claras	55	100.0%	46.93%
Proceso estandarizado	55	100.0%	56.31%
Instrumentos de medición adecuados	45	81.8%	63.09%
Distribución del área	43	78.2%	71.33%
Coordinación en las máquinas	40	72.7%	78.16%
Coordinación del personal	28	50.9%	82.94%

Resultados obtenidos con el DOE:

Se concluye con un 69.26% que los factores significativos en el impacto a la variabilidad de los tiempos de cambio de papel son el método y las interacciones Turno*Método y Turno*Máquina.

M MEASURE

5W2H	
¿Qué?	Se desarrolla un proyecto de mejora que elimine o reduzca las causas del problema encontrado.
¿Por qué?	Porque en la actualidad el proceso está teniendo tiempos de duración extensos que impactan los resultados de la empresa, entre estos resultados están: La producción, La disponibilidad de los equipos y el ingreso de dinero.
¿Dónde?	En la empresa Medical Industries en el Focus Factory SCD, específicamente en el proceso de cambio de papel.
¿Cuándo?	Durante el periodo comprendido de diciembre del año 2019 a junio del año 2020.
¿Quién?	Estudiante de proyecto de graduación con ayuda y supervisión de un asesor industrial y un asesor universitario.
¿Cómo?	Por medio de la metodología DMAIC, se siguen una serie de pasos para cumplir con el objetivo del proyecto.
¿Cuánto?	La empresa no establece un presupuesto mínimo o máximo, por lo tanto, se deben de analizar las posibles propuestas para determinar su factibilidad



I IMPROVE

Resultados planteados con la implementación:

Se propone el plan de implementación para la propuesta de mejora seleccionada, con la implementación se puede lograr una reducción del 71.24% en el tiempo de cambio de papel.

Actividad	Inicio	Final	Responsable	Duración (Días)
Reunión para hacer las propuestas oficiales de mejora	1/6/2020	1/6/2020	Opex	1
Reunión para presentar el plan de implementación de las mejoras	8/6/2020	8/6/2020	Opex	1
Revisión del procedimiento	9/6/2020	29/6/2020	Opex	20
Compra de materiales (Tornillos, mariposas)	10/6/2020	19/6/2020	Opex	9
Compra de materiales (Tubo pvc, tapas planas pvc)	10/6/2020	19/6/2020	Opex	9
Compra de materiales (Barras de Aluminio)	10/6/2020	2/7/2020	Opex	22
Compra de troqueles de corte	10/6/2020	27/7/2020	Opex	47
Confección de cilindros para Kanban	20/6/2020	22/6/2020	Opex	2
Confección de tornillos	21/6/2020	23/6/2020	Opex	2
Ingreso de información base de la herramienta	21/6/2020	26/6/2020	Opex	5
Pruebas en la máquina con los tornillos	24/6/2020	4/7/2020	Manufactura	10
Revisión del procedimiento	28/6/2020	9/7/2020	Opex	11
Someter procedimiento al sistema de la empresa	30/6/2020	2/7/2020	Opex	2
Confección de marcos	5/7/2020	9/7/2020	Opex	4
Pruebas ergonómicas a los tornillos con los técnicos	5/7/2020	13/7/2020	EHS	8
Verificar dimensiones de los marcos	9/7/2020	18/7/2020	Opex	9
Subir el quiz al sistema de mantenimiento	16/7/2020	24/7/2020	Opex	8
Evaluación de la satisfacción de los técnicos con respecto a los marcos	20/7/2020	25/7/2020	EHS	5
Someter el cambio oficialmente al sistema	26/7/2020	27/7/2020	Opex	1
Pruebas piloto con los troqueles y los operarios de producción	29/7/2020	5/8/2020	Manufactura	6

ANEXOS

Anexo 1. Troquel de corte existente en la empresa.



Anexo 2. Resultados del corte de Troquel en PVC.



Anexo 3. Máquina Schoen de la compañía.



Anexo 4. Muestra de los tornillos propuestos de la solución 3.

