



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE
FORMATO EN HORNOS DE PLANTA DE PISOS
Y PAREDES DE COLCERÁMICA S.A.S
UTILIZANDO HERRAMIENTAS SEIS SIGMA**

Carolina del Pilar Salazar Acosta

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Industrial
Medellín, Colombia
2020



Optimización del tiempo de cambio de formato en hornos de planta de Pisos y Paredes de Colcerámica S.A.S utilizando herramientas Seis Sigma.

Carolina del Pilar Salazar Acosta

Informe de práctica
como requisito para optar al título de:
Ingeniera Industrial.

Asesores (a)
Luz Marcela Restrepo Tamayo. Ingeniera Industrial

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial
Medellín, Colombia
2020.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE FORMATO EN HORNOS DE PLANTA DE PISOS Y PAREDES DE COLCERÁMICA S.A.S UTILIZANDO HERRAMIENTAS SEIS SIGMA.

Resumen

En el marco del desarrollo de este proyecto se llevó a cabo la implementación de herramientas pertenecientes a Seis Sigma conducidas mediante la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) con el fin de reducir los tiempos y actividades realizadas por los operarios/técnicos durante los cambios de formato en la entrada de los hornos de la planta de Pisos y Paredes, pues al revisar estos tiempos se encontró que estaban fuera de la meta establecida.

Así, se definió la problemática a través de un diagrama de procesos general de la planta, en el cual se mencionan cada una de las áreas que hacen parte de Pisos y Paredes, seguido esto, se revisó los datos históricos de los tiempos de cambio y se enlistó cada una de las actividades del cambio; luego, en la etapa de medición se grabó la operación y se diseñó el diagrama de recorrido de cada operario, encontrando que el método no estaba estandarizado. En el análisis se hallaron las causas principales por las que los tiempos de cambio están por encima de la meta, concluyendo de esto que se debe por razones asociadas a la falta de estandarización y de conocimiento del proceso; en adición, se aplicó la herramienta SMED, que es clave para la reducción de tiempos relacionadas con el utillaje o montaje al cambiar de referencia en la producción, de esta se logró obtener aquellas actividades que se realizan con máquina en marcha y las que no, además facilitó la identificación de las que podían ser eliminadas y simplificadas.

Finalmente, al aplicar las mejoras propuestas se logró una reducción significativa de los tiempos de cambio, ahora es de 6,40 minutos y se generó distintos documentos para la capacitación de los operarios/técnicos que realizan esta tarea y para garantizar la sostenibilidad de la optimización lograda, teniendo en cuenta que este proyecto seguirá en desarrollo y que aún faltan mejoras por implementar.

Introducción

En la actualidad, las empresas compiten por una cuota del mercado no solo a nivel nacional, sino internacional, haciendo que cada vez exista una mayor preocupación por transformar las operaciones tradicionales en procesos eficientes, con cero desperdicios, que garanticen la optimización tanto de recursos económicos, como de los materiales y equipos utilizados para cumplir el propósito de la organización, además de contar con un enfoque en el mejoramiento y en la gestión de los procesos a través de distintas herramientas, con el fin de generar, entre otras cosas, beneficios para la empresa y sus colaboradores, pues “empresas en América latina que realizan estudios de trabajo son competitivas, mientras que las empresas que operan empíricamente presentan multitud de problemas en su gestión productiva”(Bloom y Van reenen, 2010).

Hoy en día, el mercado actual demanda productos complejos, caracterizados por lotes pequeños de producción, con un menor tiempo de respuesta y costes reducidos. (Gisbert, Víctor. et al., 2018)

Objetivos

General

Hacer el proceso de cambio de formato de entrada de hornos de la planta Pisos y Paredes en 6 minutos o menos, optimizando el número de actividades realizadas durante este proceso y asegurando que se realice de forma correcta a la primera vez

Específicos

- Estandarizar actividades de cambio de operaciones mediante análisis de tiempo y operaciones, diagrama de recorrido y comparación entre operarios
- Adecuar listado con parámetros de las máquinas de descarga de secadero y de carga horno, para que siempre se trabajen con los mismos independientemente del técnico que realice el cambio.
- Reducir tiempo de cambio de formato en entrada hornos relacionados con ajustes de guías de transporte.

- Documentar áreas de difícil acceso y puntos de seguridad que pueden estar influyendo en el aumento de tiempos de cambio de formato para realizar propuestas de mejora que optimicen el tiempo.

Marco Teórico

OEE: Lo conforman tres parámetros: disponibilidad, desempeño y calidad (Operación Industrial, 2012), los cuales miden la productividad de un proceso o máquina; así mismo informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones (Toala y Zambrano, 2009).

Lean Manufacturing (LM): Posibilita la satisfacción de los clientes, el incremento del valor agregado a los productos, la participación de los empleados en los procesos de mejoramiento, aumento de ganancias para los inversionistas. A pesar de estos beneficios, dado el entorno dinámico y cambiante en el que deben moverse las empresas, viene la necesidad de que LM permanezca en continua evolución para el ámbito de las pymes, motivando la generación de nuevas herramientas de gestión orientadas a reducir las mudas de manufactura (aquellas actividades que no agregan valor para el cliente). (Perez, Et al., 2010)

Seis Sigma: Es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. (Gutiérrez y De la vara, 2009)

DMAIC: Es un procedimiento estructurado de resolución de problemas en cinco etapas que puede utilizarse para completar con éxito proyectos mediante la aplicación de soluciones diseñadas para resolver las causas fundamentales de la calidad y los problemas de proceso, y establecer las mejores prácticas para garantizar que las soluciones sean permanentes y puedan reproducirse en otras operaciones. (Montgomery, 2009)

Estudio Del trabajo: Se encarga de reducir la cantidad de trabajo, eliminando movimientos innecesarios del material o de los operarios, sustituyendo los métodos deficientes por métodos estandarizados y mejorados que garantizan mayor productividad. La medición del trabajo investiga, reduce y finalmente elimina el tiempo improductivo. (Oficina Internacional del Trabajo, 1992)

Diagrama de recorrido: Diagrama o modelo, más o menos a escala, que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ejecutarlas. (Oficina Internacional del Trabajo, 1992)

Diagrama de causa-efecto: Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. (Gutiérrez y De la vara, 2009)

SMED: Herramienta para reducir el tiempo perdido en muchos pasos de cambio realizando tantas actividades como sea posible mientras el equipo está funcionando y simplificar los pasos restantes, haciendo que la producción fluya más suavemente (Moxham y Greatbanks, 2001 ; Nicholas, 1998 ; Shingo, 1985).

El tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio, el SMED se utiliza cuando se necesita reducir los tiempo de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir utilizando menos tiempo para cambiar herramientas. (Luis Socconini, 2008)

Estandarización del trabajo: La estandarización es la herramienta eficiente más eficaz para la mejora continua. Registra las formas de trabajo actual y estándar y, cuando se actualiza, los nuevos estándares se mejorarán aún más. (Bicheno, 2004 ; Pavnascar y col. , 2003).

Control visual: son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. (Hernández y Vizán, 2013)

Metodología

Para asegurar proceso de cambio de formato en entrada de hornos de planta de Pisos y Paredes mediante su optimización, se utilizó la metodología DMAIC (*figura 1*), que consiste en definir el problema o la situación que se pretende mejorar, luego se procede a realizar mediciones para obtener datos e información clave del proceso, lo siguiente es analizar la

información recolectada, implementar las mejoras consideradas y finalmente diseñar controles que garanticen un comportamiento correcto del proceso y la sostenibilidad de las mejoras.

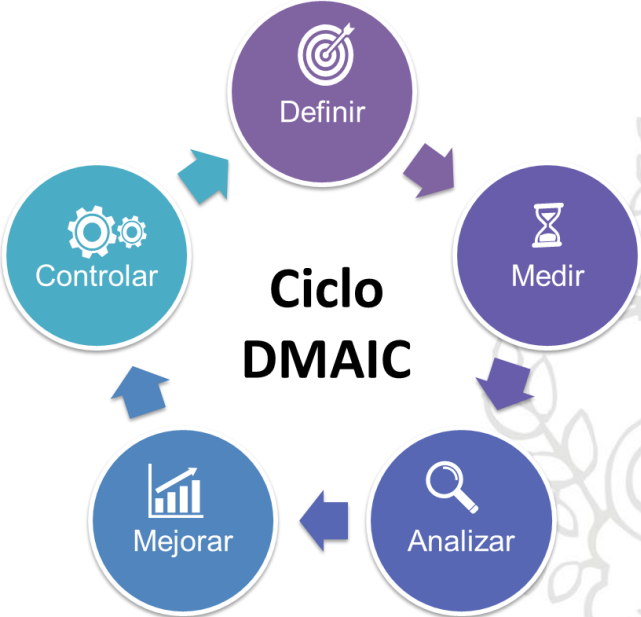


Figura 1. Metodología DMAIC

1. **Definir:** En esta fase se identifican los problemas del proceso que se va a intervenir, se hace un estudio del estado actual de este y los objetivos. El proceso de cambio de formatos en los hornos de Pisos y Paredes muy importante de la línea de producción de baldosas, pues al poseer 6 distintos tipos de formatos de productos se requieren cambios o ajustes en el transporte y máquinas que intervienen entre el área de secado y cocción de las piezas. Tal como se muestra en la *Figura 2*, el cambio de formatos en los hornos se realiza entre los dos procesos previamente mencionados, en el área denominada como “Movimentación”.

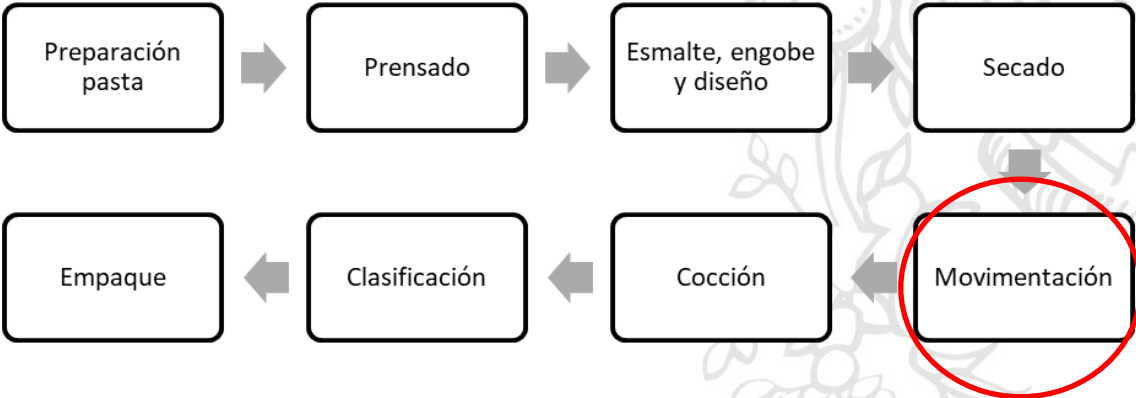


Figura 2. Proceso de fabricación en P&P. Elaboración propia

En los cambios de formato se han realizado toma de tiempos, y se ha detectado que hay tiempos perdidos asociados con la repetición de actividades y errores humanos por falta de estandarización del proceso, lo que conlleva al aumento del tiempo de cambio de formato, incumpliendo el objetivo de 6 minutos que se ha establecido para este proceso como se muestra en la *figura 3*, generando el incremento de vacíos en el horno, es decir, espacios dentro del horno en el que no hay producción dentro de él, lo cual es un problema grave, pues disminuye la productividad de la planta y aumenta los costos.

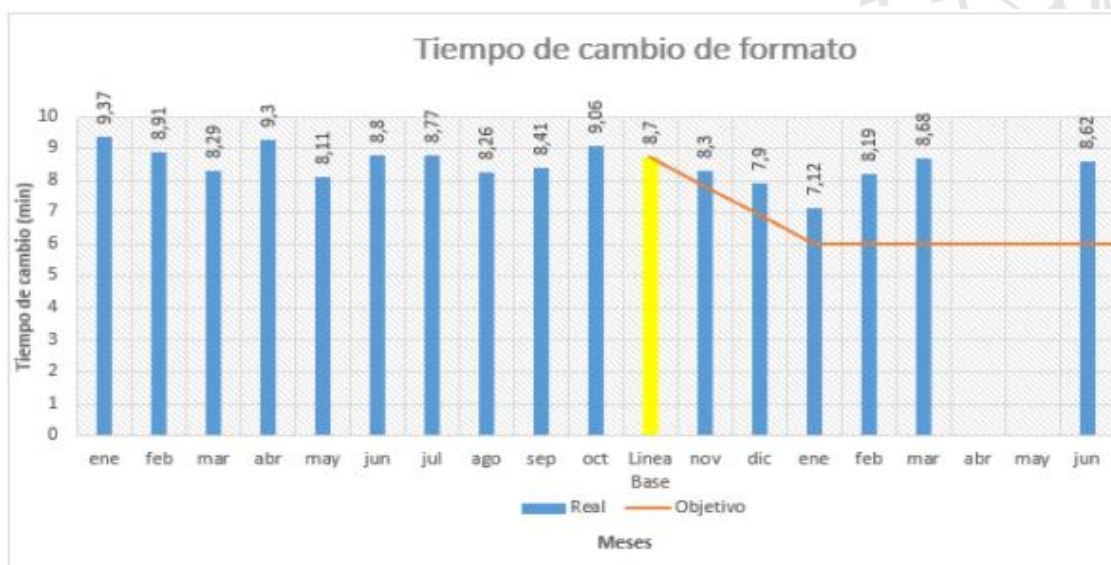


Figura 3. Histórico de métrica de tiempo de cambio de formato

Por este motivo se decidió enfocar el proyecto a la reducción del tiempo de cambio de formato con el objetivo de cumplir con los 6 minutos de duración y estandarizar dicha operación disminuyendo así la probabilidad de errores humanos.

En primer lugar, mediante un estudio de métodos se identificaron las actividades que en general realizan los 3 técnicos encargados de esta operación, y se determinó que dentro de estas actividades hay dos que son clave, pues requieren conocimiento y habilidad con las máquinas de descarga del secado y de la carga de los hornos, ya que en estas se deben ingresar los parámetros correctos para su funcionamiento y estos dependen del formato al que se cambiará. A continuación, en la *tabla 1* se enlistan las actividades que comprenden el cambio de formato:

Tabla 1. Listado de actividades en cambio de formato

ACTIVIDAD
Recibir llamado de transfer (Secadero a operario entrada horno)
Avisar al mecánico # de pisos que faltan para el cambio (10 pisos máximo)
Avisar al controlador de horno el # de pisos que faltan
Buscar información del formato a cambiar
Colocar máquina en modo manual
Introducir parámetros en máquina de descarga
Aflojar perilla de guía tope derecha
Aflojar perilla de guía tope izquierda
Regular guía de tope 1 izquierda (salida hacia la línea)
Regular guía de tope 1 derecha (salida hacia la línea)
Apretar perillas de guía tope 1 izquierda (salida hacia la línea)
Apretar perillas de guía tope 1 derecha (salida hacia la línea)
Introducir/ retirar rodillo de mesa fija
Validación de producción con 1 sola pieza
Subir puente
Tomar 1 pieza para verificar ancho de guías
Regular guías de engobadora (izquierda)
Regular guías de engobadora (derecha)
Regular guías laterales banda izquierda
Regular guías laterales banda derecha
Regular perilla derecha del girador de la volante
Regular perilla izquierda del girador de la volante
Subir girador de la volante con manivela
Cambiar receta en máquina carga hornos
Introducir número de receta
Llamar formato
Poner máquina en automático
Activar girador desde perilla de panel de control
Bajar puente
Validar producción con 1 sola pieza
Subir puente
Ajuste de guías laterales banda izquierda
Bajar puente
Activar girador desde perilla
Poner máquina de descarga en automático
Validar producción en la línea
Ajustar sensor (Poka Yoke) contador de seguridad entrada horno (derecha)
Revisar producción en rodillos de entrada horno
Empezar a llenar compensador
Organizar manualmente piezas en rodillos entrada horno
Poner máquina en automático
Cambiar velocidad de variadores
Entrada manual de piezas al horno
Poner máquina en automático
Ajustar sensor soporte autoreflex
Cambiar velocidad de variadores
Revisar producción en rodillos de entrada horno
Búsqueda de herramienta (llave hexágona) en la cómoda

2. **Medir:** Esta fase consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave y se mide el proceso.

Para lo anterior, se realizó la identificación de actividades y tiempos invertidos en cada una de ellas durante el proceso de cambio con 3 diferentes operarios/técnicos encargados, representados con diagramas de recorrido utilizando el software SketchUp y toma de tiempos con cronómetro, de esta validar el problema, conocer el estado actual en el que se encuentra el tiempo de cambio con respecto a la meta.

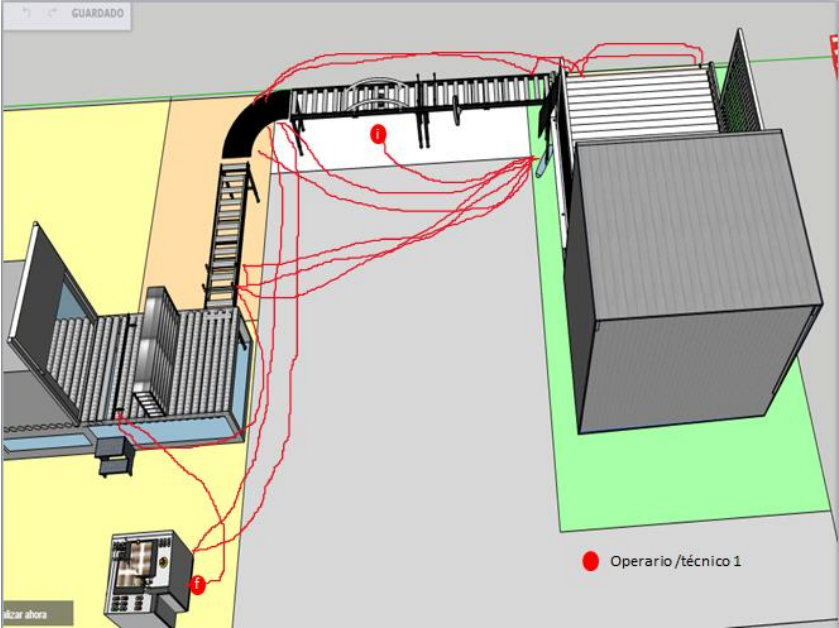


Figura 4. Recorrido de cambio de formato con operario/técnico 1

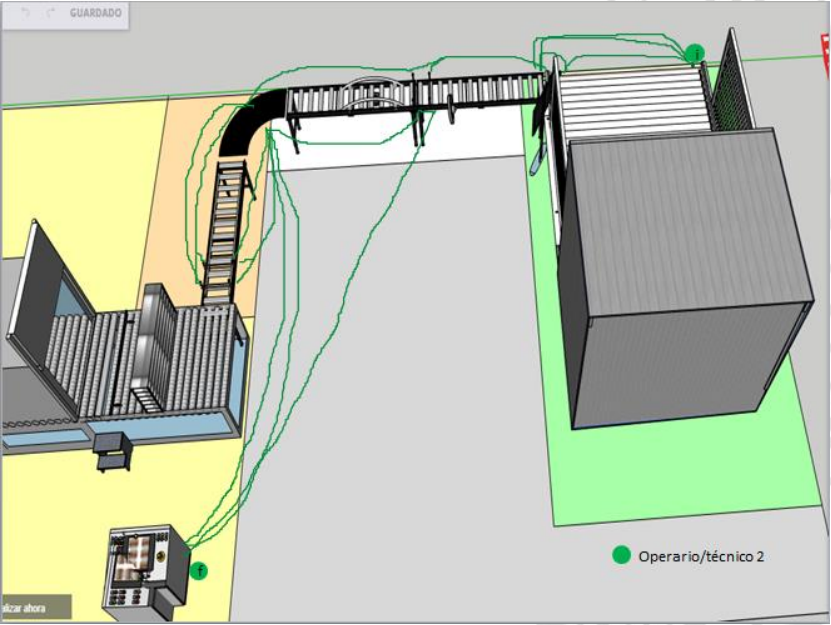


Figura 5. Recorrido de cambio de formato con operario/técnico 2

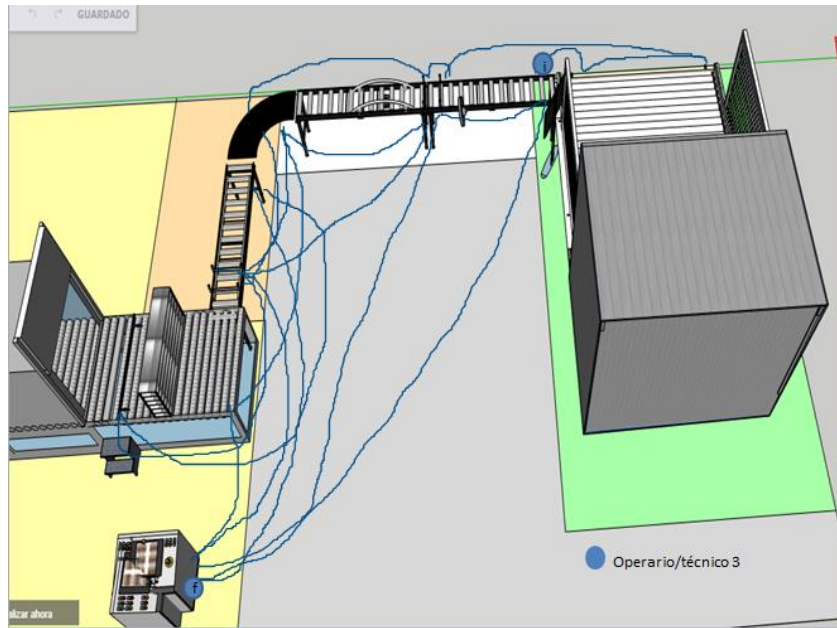


Figura 6. Recorrido de cambio de formato con operario/técnico 3

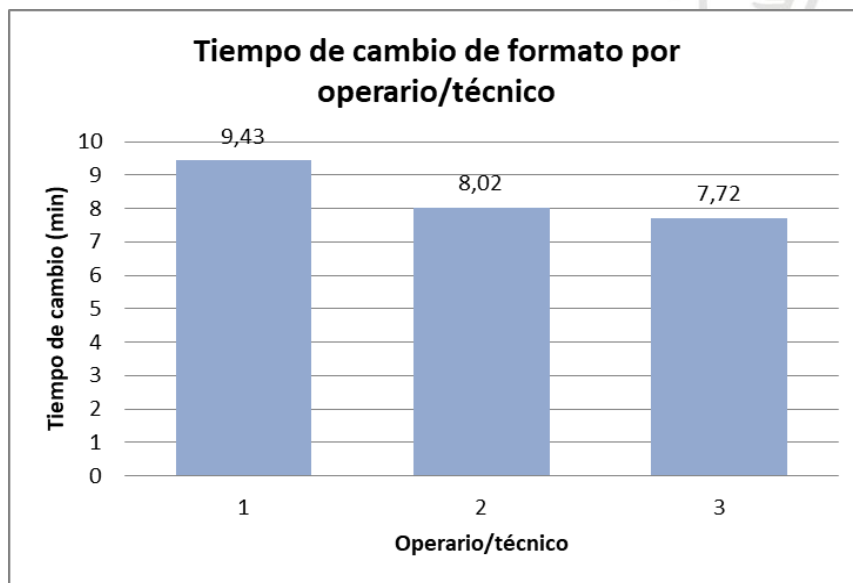


Figura 7. Tiempo de cambio por operario/técnico

Considerando lo observado en las figuras 4,5,6 y 7, se pudo observar que efectivamente el proceso de cambio no está estandarizado y que a través de la experiencia y habilidad de cada técnico han desarrollado su propia versión que incluye diferentes actividades que van aumentando el tiempo de cambio al ser repetitivas, representando movimientos u operaciones innecesarias, la mayoría de estas centradas en los lugares donde se realizan regulaciones de guías de transporte y donde se introducen los parámetros de cada formato, además se puede notar que ninguno de los operarios/técnicos cumple con el tiempo de cambio establecido.

3. **Análisis:** En esta etapa se analizan los datos de resultados actuales e históricos.

De esta forma, se realizó un diagrama causa-efecto con el fin de hallar las causas principales o raíces que afectan el comportamiento del tiempo del cambio de formato, confirmando los determinantes del proceso, es decir, las actividades clave (*Figura 8*)

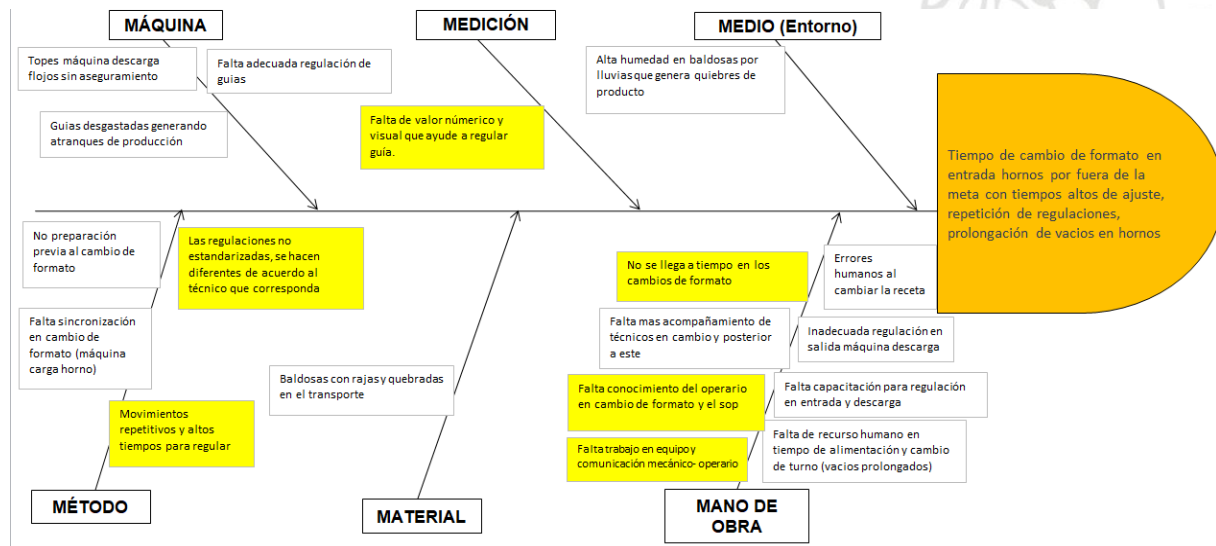


Figura 8. Diagrama causa-efecto del cambio de formato

Al evaluar las 6M de la *figura 8*, se encontró que hay 6 causas principales que incrementan los tiempos de cambio, 3 de ellas se relacionan con la mano de obra y la falta de conocimiento sobre este proceso, pues quienes se encargan del cambio no están capacitados, no tienen la habilidad o no están actualizados con variaciones que se han realizado, esto indica que es necesario hacer un despliegue del paso a paso para cambiar un formato y estandarizarlo, además, mejorar los canales de comunicación entre operarios y técnicos, de manera que se haga la preparación de herramientas necesarias previas al cambio y el encargado de realizarlo llegue con antelación y verifique las actividades que deberá hacer.

Otras 2 causas raíz se atribuyen al método utilizado, pues como se mencionó anteriormente, la falta de estandarización del trabajo provoca alteraciones en los recorridos, actividades que muchas veces son repetitivas y no agregar valor a la operación, aumentando los tiempos.

Por último, la causa raíz que se asocia con la medición se puede ligar a la falta de valores numéricos o un control visual en el que defina un rango en el cual se regulen las medidas de amplitud para las guías de transporte de las baldosas.

Luego de esto se revisó la duración de cada una de las actividades realizadas durante la operación del cambio de formato y se aplicó la herramienta SMED, en la cual se clasificaron las actividades en preparación, en esta el operario busca y trae las herramientas y verifica que estén funcionando correctamente; puesta a punto, en esta etapa se incluye la retirada de las piezas y herramientas después de concluir un lote y colocar lo necesario para el siguiente, en esta etapa las actividades se realizan con la máquina parada; finalmente, ajuste, regulaciones necesarias tras la realización de una pieza de prueba.

Tabla 2. Clasificación SMED

ACTIVIDAD	DURACIÓN (seg)	PREPARACION	PUESTA A PUNTO	AJUSTE
Recibir llamado de transfer (Secadero a operario entrada horno)	28	X		
Avisar al mecánico # de pisos que faltan para el cambio (10 pisos máximo)	20	X		
Avisar al controlador de horno el # de pisos que faltan	26	X		
Buscar información del formato a cambiar	18	X		
Colocar máquina en modo manual	18	X		
Introducir parámetros en máquina de descarga	46		X	
Aflojar perilla de guía tope derecha	4		X	
Aflojar perilla de guía tope izquierda	5		X	
Regular guía de tope 1 izquierda (salida hacia la línea)	12		X	
Regular guía de tope 1 derecha (salida hacia la línea)	7		X	
Apretar perillas de guía tope 1 izquierda (salida hacia la línea)	5		X	
Apretar perillas de guía tope 1 derecha (salida hacia la línea)	5		X	
Introducir/ retirar rodillo de mesa fija	8		X	
Validación de producción con 1 sola pieza	28		X	
Subir puente	3		X	
Tomar 1 pieza para verificar ancho de guías	9		X	
Regular guías de engobadora (izquierda)	16		X	
Regular guías de engobadora (derecha)	8		X	
Regular guías laterales banda izquierda	14		X	
Regular guías laterales banda derecha	15		X	
Regular perilla derecha del girador de la volante	10		X	
Regular perilla izquierda del girador de la volante	15		X	
Subir girador de la volante con manivela	20		X	
Llamar formato	5		X	
Poner máquina en automático	3		X	
Activar girador desde perilla de panel de control	4		X	
Bajar puente	4		X	
Validar producción con 1 sola pieza	11		X	
Subir puente	3		X	
Ajuste de guías laterales banda izquierda	11		X	
Bajar puente	3		X	
Activar girador desde perilla	5		X	
Poner máquina de descarga en automático	3		X	
Validar producción en la línea	26			X
Ajustar sensor (Poka Yoke) contador de seguridad entrada horno (derecha)	4			X
Revisar producción en rodillos de entrada horno	15			X
Empezar a llenar compensador	18			X
Organizar manualmente piezas en rodillos entrada horno	36			X
Poner máquina en automático	4			X
Cambiar velocidad de variadores	8			X
Entrada manual de piezas al horno	14			X
Poner máquina en automático	3			X
Ajustar sensor soporte autoreflex	6			X
Cambiar velocidad de variadores	7			X
Revisar producción en rodillos de entrada horno	20			X
Búsqueda de herramienta (llave hexágona) en la cómoda	44			X
TOTAL MIN	10,63			

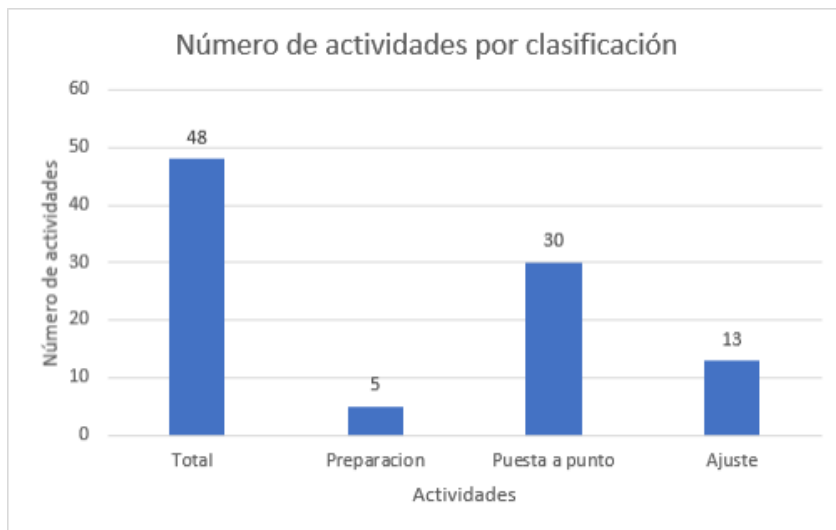


Figura 9. Número de actividades por clasificación SMED

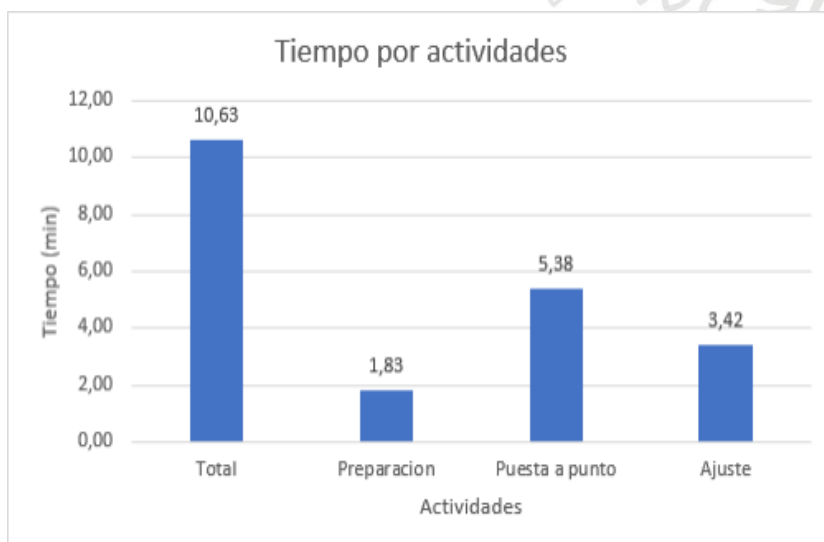


Figura 10. Tiempo por clasificación SMED

De la anterior clasificación de las 48 actividades que hacen parte de la operación del cambio de formato, se obtuvo que 5 son de preparación, 30 de puesta a punto y 13 de ajuste, es decir, la mayoría de las actividades se hacen con la máquina parada y representan 5,38 minutos de los 10,63 minutos que toma el cambio, el 50,61%.

4. **Mejora:** En esta fase se determina la relación causa-efecto para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso.

Ahora, teniendo claro qué actividades generan mayores retrasos en el cambio de formato se debe tratar de convertir dichas actividades en unas que se puedan realizar con la máquina en marcha o disminuir el tiempo que se invierte en ellas ya sea simplificándolas o eliminándolas, para esto se utilizaron las clasificaciones Simplificar-Eliminar-Número de operaciones-Distancia y Eliminar-Combinar-Reubicar-Simplificar.

Tabla 3. Clasificación SEND y ECRS

ACTIVIDAD	DURACIÓN (seg)	S	E	N	D	E	C	R	S
Recibir llamado de transfer (Secadero a operario entrada horno)	28								
Avisar al mecánico # de pisos que faltan para el cambio (10 pisos máximo)	20								
Avisar al controlador de horno el # de pisos que faltan	26								
Buscar información del formato a cambiar	18								
Colocar máquina en modo manual	18								
Introducir parámetros en máquina de descarga	46				X				
Añojar perilla de guía tope derecha	4								
Añojar perilla de guía tope izquierda	5								
Regular guía de tope 1 izquierda (salida hacia la línea)	12	X							X
Regular guía de tope 1 derecha (salida hacia la línea)	7	X							X
Apretar perillas de guía tope 1 izquierda (salida hacia la línea)	5								
Apretar perillas de guía tope 1 derecha (salida hacia la línea)	5								
Introducir/ retirar rodillo de mesa fija	8		X			X			
Validación de producción con 1 sola pieza	28								
Subir puente	3								
Tomar 1 pieza para verificar ancho de guías	9								
Regular guías de engobadora (izquierda)	16								
Regular guías de engobadora (derecha)	8								
Regular guías laterales banda izquierda	14	X							X
Regular guías laterales banda derecha	15								
Regular perilla derecha del girador de la volante	10	X							X
Regular perilla izquierda del girador de la volante	15	X							X
Subir girador de la volante con manivela	20	X							X
Cambiar receta en máquina carga hornos	23			X					
Introducir número de receta	18								
Poner máquina en automático	3								
Activar girador desde perilla de panel de control	4								
Bajar puente	4								
Validar producción con 1 sola pieza	11								
Subir puente	3								
Ajuste de guías laterales banda izquierda	11								
Bajar puente	3								
Activar girador desde perilla	5								
Poner máquina de descarga en automático	3								
Validar producción en la línea	26								
Ajustar sensor (Poka Yoke) contador de seguridad entrada horno (derecha)	4								
Revisar producción en rodillos de entrada horno	15								
Empezar a llenar compensador	18								
Organizar manualmente piezas en rodillos entrada horno	36								
Poner máquina en automático	4								
Cambiar velocidad de variadores	8								
Entrada manual de piezas al horno	14								
Poner máquina en automático	3								
Ajustar sensor soporte autoreflex	6								
Cambiar velocidad de variadores	7								
Revisar producción en rodillos de entrada horno	20								
Búsqueda de herramienta (llave hexágona) en la cómoda	44								
TOTAL MIN	10,63								

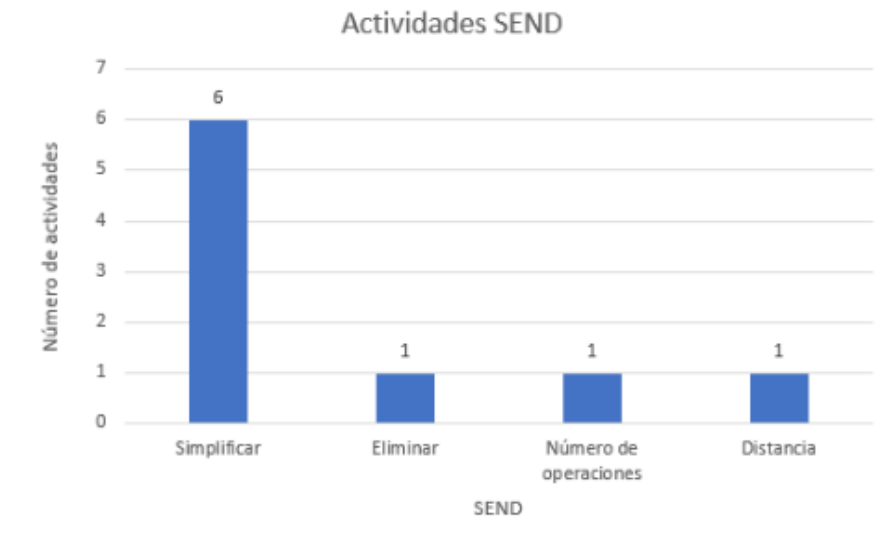


Figura 11. Clasificación SEND

Se aplicó la clasificación SEND a las actividades que se realizan en el cambio de formato, de esto se obtiene que 6 se pueden simplificar, estas están relacionadas con el girador y la regulación de la guía lateral banda izquierda y de las perillas de la guía tope en la descarga. Se considera que 1 se puede eliminar que es la introducción/retiro de rodillo; otra actividad que se puede intervenir es la de introducción de los parámetros en la máquina carga hornos, esta se le puede reducir el número de operaciones estableciendo una receta por formato. Por último, 1 actividad se le puede reducir la distancia recorrida para realizarla, lo anterior se evidencia en la *figura 11*.

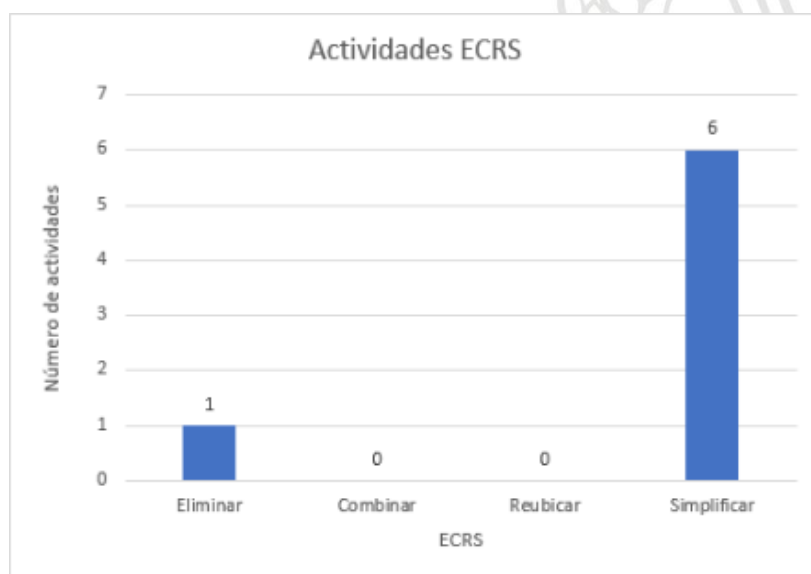


Figura 12. Clasificación ECRS

Con la clasificación ECRS observada en la *figura 12*, se observa que se puede eliminar la acción de introducir/retirar rodillo al cambiar a cualquier formato y se pueden simplificar 6 actividades que son de regulaciones de guías y subida/bajada del girador al utilizar herramientas más sencillas, este resultado coincide con el de la clasificación SEND.

De acuerdo con esta clasificación se determinaron los puntos u oportunidades de mejora dentro de la zona de descarga de secado y carga de hornos que son claves, en los cuales es necesario implementar mejoras, documentar actividades que tienen un riesgo para la seguridad del operario o técnico y lugares en los que deben tener mayor cuidado o inspección para no afectar la calidad como se observa en la *figura 13* y se detalla más adelante.

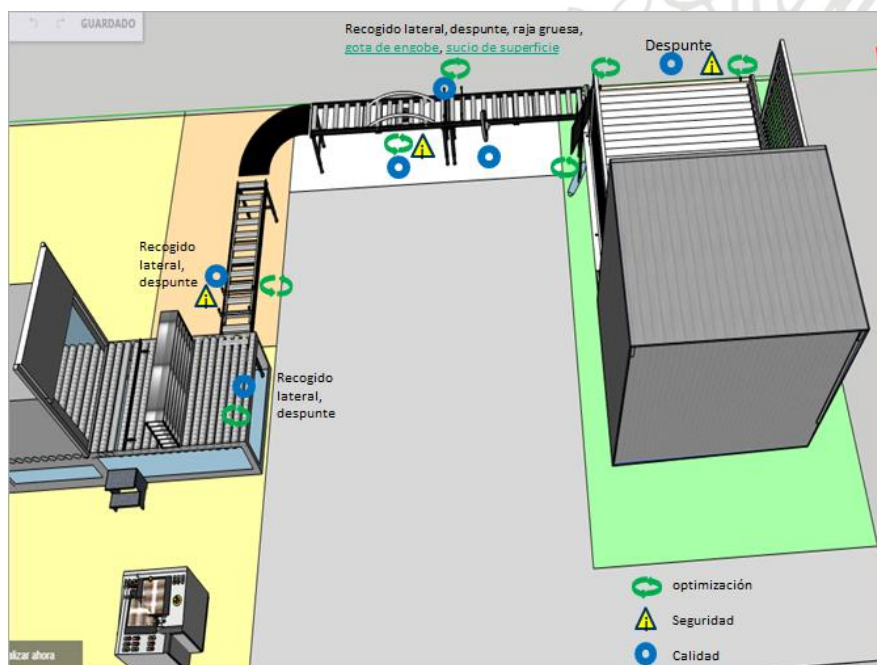


Figura 13. Puntos de optimización, seguridad y calidad identificados

- **Optimización:** Son puntos del proceso que se pueden intervenir para reducir la cantidad de actividades realizadas o el tiempo invertido, estos se aplicaron en la guía tope de la máquina de descarga, guías de descarga, girador, guía de bandas laterales en la entrada de los hornos y el soporte autoreflex.
- **Seguridad:** Son puntos que representan riesgos de accidentalidad para el operario/técnico que se encarga de realizar el cambio, estos puntos están en las perillas

de regulación de la guía tope por la dificultad en su manipulación, el girador por ser un área de difícil acceso

- **Calidad:** Son puntos que en el proceso requieren mayor atención o inspección por parte del operario/técnico ya que en estos se pueden presentar defectos de calidad como el recogido lateral, despunte, raja gruesa.

Los puntos en color verde indican que en estos lugares se plantearon mejoras a saber:

- **Rediseño de girador:** Se realizó una adaptación en el girador, de manera que se facilite regulación de este, debido que el lugar donde está ubicado este elemento es debajo de las guías de transporte, convirtiéndose en un área de difícil acceso propiciando tanto al aumento de tiempos como a un riesgo de seguridad para el operario o técnico.
- **Rediseño de perillas:** Se cambió las perillas utilizadas para mover la guía tope en la salida de la máquina de descarga de secadero, ya que las que se encontraban eran muy pequeñas, lo que dificultaba su manipulación y el ajuste de esta guía se realiza en cualquier cambio de formato, pues allí se ajusta una barrera que cumple la función de alinear las baldosas al final de la descarga y de evitar que éstas caigan, por lo que según las medidas del formato se debe ampliar o disminuir la distancia de esta barrera y en caso de que no queden correctamente se genera daño en las piezas o un atascamiento.
- **Soporte autoreflex:** Se fijó el soporte autoreflex que es un sensor encargado de verificar el paso de las baldosas de manera que este no se gire en ningún momento y los operarios o técnicos no deban corregir su posición, pues la lectura de este sensor es independiente del formato, por lo tanto, cambiar la posición de este es una operación que no agrega valor y que aumenta los tiempos.
- **Control visual en guía centrada:** Debido a que las guías de transporte son necesarias en los puntos donde se encuentran, se decidió implementar un control visual sobre las guías, en el cual se marque con colores distintivos el ancho al cual debe quedar cada guía dependiendo del formato, de esta manera se reducen las operaciones repetitivas de ajuste y todos los operarios o técnicos encargados del cambio utilizarán las mismas medidas que garantizan reducción de errores humanos en este proceso.
- **Pantalla de máquina de descarga giratoria:** Se propone hacer uso de la pantalla giratoria para ingresar al panel de control de la máquina de descarga, esto con el fin de

evitar desplazamientos innecesarios y aprovechar las herramientas que se tienen disponibles.

- **Guía centradora:** Se plantea cambiar un juego o par de guías de las bandas laterales en la entrada del horno por una sola que esté centrada y cumpla las mismas funciones de la anterior, con el beneficio de solo hacer la regulación de una sola, disminuyendo tiempos y actividades repetitivas

Basados en los puntos anteriormente identificados y la clasificación de las actividades SEND y ECRS, se definió una ruta simplificada y sencilla en la cual se incluyen todas las mejoras mencionadas anteriormente, este recorrido disminuye las distancias, actividades y tiempos del cambio de formato, en esta el punto de inicio es la regulación de las perillas de la guía tope, además utilizando el monitor donde se introducen los parámetros desde la parte exterior un tramo del recorrido se elimina, este proceso finaliza con la introducción de parámetros en la máquina de carga hornos.

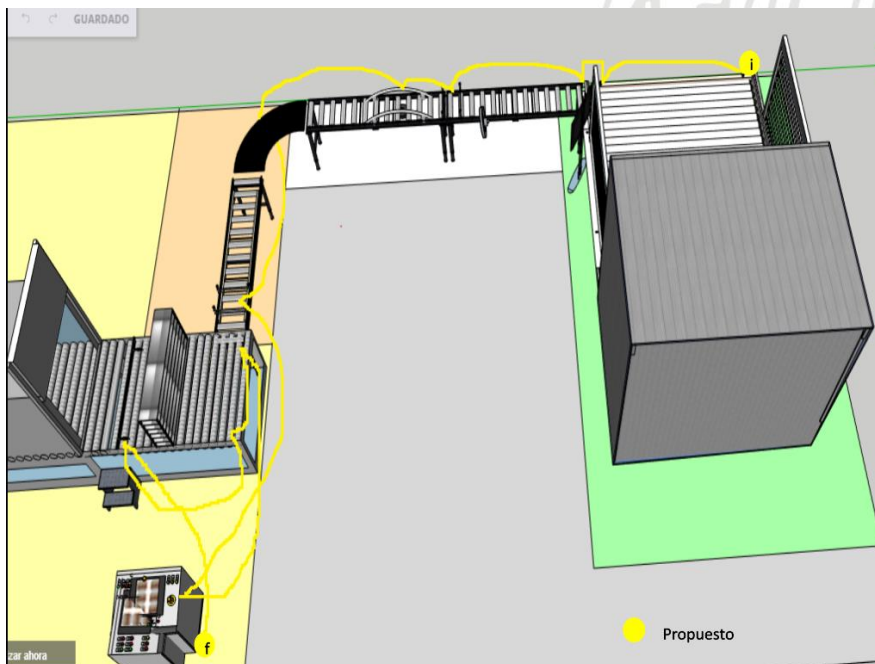


Figura 14. Diagrama de recorrido de cambio de formato propuesto

5. **Control:** Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios.

Para esta etapa se construyó un libro de recetas que contiene los parámetros de descarga del secadero y de carga de los hornos, en este se observa el paso a paso para introducir los datos y cambiar entre recetas según los formatos, de esta manera se asegura que siempre se tenga la misma receta para el formato, evitando así que el panel de control se sature con diferentes mediciones generadas por los operarios o técnicos, además este libro se utilizará para capacitar a nuevo encargados del cambio de formato o a quienes tienen falencias en este proceso y así homologar el conocimiento y estandarizar esta actividad, en adición se realizó un video explicativo y gráfico de las máquinas durante el cambio para lograr mayor ilustración para quienes estén aprendiendo este proceso como se muestra a continuación en la *figura 15*.



Figura 15. Video de capacitación cambio de formato

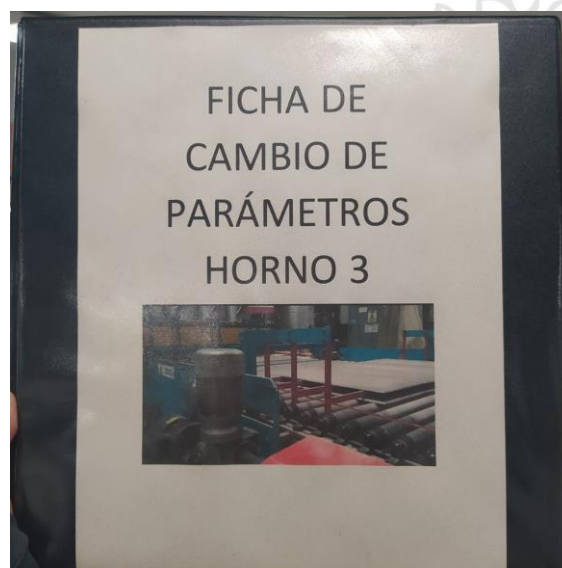


Figura 16. Libro de recetas

Resultados y análisis

La metodología DMAIC sirvió de hoja de ruta para que la planta de Pisos y Paredes resolviera el problema de tiempos de cambio de formato fuera de la meta de 6 minutos, esto gracias las 5 fases que comprende.

Con la aplicación de esta metodología, en la primera fase que se refiere a “definir”, se hace evidente la problemática al observar el proceso dividiéndolo por actividades específicas y revisando los datos históricos que se tienen de este, donde se refleja que los tiempos promedio de cambio están por encima de la meta.

Con la segunda etapa se realiza un estudio del trabajo y del tiempo invertido en cada actividad por operario/técnico, donde se verifica que hay reprocesos, repetición de actividades y sobretodo una diferencia marcada entre el método de quienes fueron evaluados.

Por lo encontrado anteriormente, en la tercera fase se analizan las causas que afectan los tiempos de cambio y se encuentra que las principales falencias en el proceso del cambio de formato, están asociadas con el método y la mano de obra, por lo que se hace importante que se estandarice la operación y se realice un entrenamiento o capacitación que nivele el conocimiento entre todos los operarios/técnicos; además al implementar la herramienta SMED también se halló que actividades como las regulaciones de guías de transporte en los diferentes puntos de las bandas de movimiento y del elemento conocido como el girador, generan repetición de actividades y aumento en las distancias recorridas y a su vez puntos de riesgo en cuanto a seguridad para el operario y calidad para el producto, para esto se planteó eliminar algunas guías, simplificar otras y rediseñar el girador y las perillas de sujeción, de tal manera que se reduzcan los tiempos de cambio al facilitar esta operación, como se muestra en detalle dentro de la fase cuatro.

Finalmente, durante la etapa cinco se diseñó un video que sirva de entrenamiento para aquellos operarios/técnicos que se encargan del cambio, principalmente del manejo de las máquinas de descarga y carga que anteriormente fueron identificadas como claves o críticas pues requieren conocimiento del funcionamiento de las máquinas; en este video se ejemplifica y explica el paso a paso para cambiar el formato en cada una. Otra medida de control establecida fue el libro de recetas, en el que se enlistan los parámetros que deben ingresarse para cada cambio según el horno y las medidas del formato que entrará.

Después de implementadas las mejoras propuestas, se realiza un nuevo estudio del método de los operarios/técnicos que realizan el cambio de formato, esto con el fin de verificar que las

mejoras hayan impactado de forma correcta el problema que se presentaba, es decir, que las mejoras implementadas a la fecha hayan logrado disminuir el tiempo de cambio de formato y dar pie para poner en marcha las demás acciones.

De este nuevo estudio se obtuvo la tabla 4, de la cual se puede observar que se disminuyó la cantidad de actividades, se pasa de 48 a 40 actividades y 6 de ellas se han simplificado para reducir sus tiempos.

Tabla 4. Lista nueva de actividades

ACTIVIDAD
Recibir llamado de transfer (Secadero a operario entrada horno)
Avisar al mecánico # de pisos que faltan para el cambio (10 pisos máximo)
Avisar al controlador de horno el # de pisos que faltan
Buscar información del formato a cambiar
Colocar máquina en modo manual
Introducir parámetros en máquina de descarga
Aflojar perilla de guía tope derecha
Aflojar perilla de guía tope izquierda
Regular guía de tope 1 izquierda (salida hacia la línea)
Regular guía de tope 1 derecha (salida hacia la línea)
Apretar perillas de guía tope 1 izquierda (salida hacia la línea)
Apretar perillas de guía tope 1 derecha (salida hacia la línea)
Validación de producción con 1 sola pieza
Subir puente
Tomar 1 pieza para verificar ancho de guías
Regular guías de engobadora (izquierda)
Regular guías de engobadora (derecha)
Regular guías centradora entrada horno
Regular girador de la volante
Subir girador de la volante
Cambiar receta en máquina carga hornos
Introducir número de receta
Poner máquina en automático
Activar girador desde perilla de panel de control
Bajar puente
Validar producción con 1 sola pieza
Subir puente
Bajar puente
Activar girador desde perilla
Poner máquina de descarga en automático
Validar producción en la línea
Ajustar sensor (Poka Yoke) contador de seguridad entrada horno (derecha)
Revisar producción en rodillos de entrada horno
Empezar a llenar compensador
Organizar manualmente piezas en rodillos entrada horno
Poner máquina en automático
Cambiar velocidad de variadores
Poner máquina en automático
Revisar producción en rodillos de entrada horno
Búsqueda de herramienta (llave hexágona) en la cómoda

Con este nuevo método el tiempo de cambio es de en promedio 6,40 minutos, esto teniendo en cuenta que aún se está capacitando los operarios/técnicos y que el rediseño del girador y guía centradora están en desarrollo, por lo que se ha notado una gran reducción del tiempo y se espera que este siga ese comportamiento al terminar la implementación de las mejoras planteadas.

Conclusiones

La aplicación de herramientas Seis Sigma dentro de este proyecto facilitaron la identificación del problema y las causas que lo generaban, además de que ayudan a centrar los esfuerzos para la solución o mitigación de la problemática al delimitar las causas raíz, pues para lograr con éxito la meta planteada, es sumamente importante estudiar a fondo en este caso los métodos y la mano de obra que fueron tipificados como los responsables de los aumentos en los tiempos de cambio. A través de las herramientas y el análisis de estas se llegaron a varias propuestas de mejora que hasta el momento algunas siguen en desarrollo, pero con las implementadas se ha logrado recortar los tiempos hasta llegar a 6,40 minutos, lo cual indica que después de completar las oportunidades de mejora planteadas se logrará cumplir con el tiempo de 6 minutos.

Para mejorar de forma efectiva y sostenible el proceso de cambio de formato se debía estandarizar el método con el que este se realiza, pues esto contribuye a que se disminuya la variabilidad de los tiempos, además que al estar estandarizada resulta más fácil a la hora de transmitir ese conocimiento a nuevas personas y capacitarlas para que apoyen este proceso que es de gran importancia para la producción, en adición, es necesario que se proporcione una actualización del funcionamiento y método de cambio de formato con cada modificación que se aplique a cada operario/técnico, pues de esta manera se garantiza que todos posean la misma información y no se pierda en ningún momento la estandarización.

Referencias Bibliográficas

Bloom, Nicholas. John Van Reenen. 2010. "Why Do Management Practices Differ across Firms and Countries?" *Journal of Economic Perspectives*, 24 (1): 203-24. DOI: 10.1257/jep.24.1.203

Gisbert, Víctor. et al., Cuadernos de investigación aplicada. Economía, Organización y Ciencias Sociales. Segunda edición. Valencia: Editorial Áre de Innovación y Desarrollo, S.L., 2018. Página 62. ISBN: 978-84-949535-4-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2018.47>

Visión Industrial. (2012). OEE, Factor de Éxito. Visión Industrial Smith, A. (1776). Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones. Edición de Edwin Cannan, decima reimpresión, 1999. Fondo de Cultura Económica. México.

Toala Robles, H. F. y Zambrano Montesdeoca, M.M. (2009). Diseño de un sistema de gestión y control operacional para una empresa que se dedica a la comercialización de repuestos de vehículos y servicios de reparación cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Instituto de Ciencias Matemáticas. Escuela superior politécnica del litoral.

Pérez Rave, Jorge. et al., (2011). Identifying and characterizing of wastes (Muda) in transportation, processes, movements, and waiting time, in nine manufacturing SMEs incorporating the perspective of the operational level. *Ingeniare*. 19. 396-408.

Gutiérrez, Humberto., De la vara, Román. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma: Estrategia Seis Sigma. Segunda edición. México, D.F.: The McGraw-Hill, 2009. 420-431. ISBN 978-970-10-6912-7.

Montgomery, Douglas. Introduction to Statistical Quality Control: The DMAIC process. Sexta edición. Arizona: John Wiley & Sons. Inc, 2009. 45-59. ISBN 978-0-470-16992-6.

Oficina Internacional del Trabajo. Introducción al estudio del trabajo: Medición del trabajo. Cuarta edición. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo, 1992. 251-255. ISBN 92-2-107108-1

Oficina Internacional del Trabajo. Introducción al estudio del trabajo: Glosario de términos. Cuarta edición. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo, 1992. 486. ISBN 92-2-107108-1

Gutiérrez, Humberto., De la vara, Román. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma: Herramientas básicas para Seis Sigma. Segunda edición. México, D.F.: The McGraw-Hill, 2009. 152-159. ISBN 978-970-10-6912-7.

Moxham, C., Greatbanks, R. (2001), “Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 18 N° 1, 404-414.

Socconini, Luis. Lean Manufacturing. Paso a paso: Cambios rápidos de producto. Primera edición. Norma, 2008. 210-247. ISBN 9700919323

Bicheno, J. (2004), The New Lean Toolbox - Towards Fast, Flexible Flow, PICSIE Books, Buckingham.

Pavnascar, S.J., Gershenson, J.K., Jambekar, A.B. (2003), “Classification scheme for lean manufacturing tools”, International Journal of Production Research, Vol. 41 No. 13.


Hernández, Juan., Vizán, Antonio. Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Primera edición. Fundación EOI, 2013. 52-55. ISBN 978-84-15061-40-3

Anexos

LUP- Eliminación de guía de transporte en mesa de descarga

Lección de un Punto							
TEMA	Eliminación de guías de transporte en movimentación						
							jun-20
CLASIFICACIÓN				JEFE DE SECCION	EMPLEADO DEPENDIENTE	LIDER GRUPO	PREPARADO POR
	CONOCIMIENTO BASICO	ACCIÓN DE MEJORA	ACCIÓN CORRECTIVA	Johnatan Montoya			Carolina Sáez
ANTES							
				<p>Se tenían en los tramos de transporte de movimentación unos juegos de guías de teflón, los cuales cumplían la función de guiar la baldosa y ajustarla en la línea, en ocasiones se generaban defectos de calidad por mala regulación de estas y se invertía a veces más de cinco minutos para realizar su cambio si se encontraban en malas condiciones.</p>			
DESPUES							
				<p>Se decide eliminar los juegos de guías después de la mesa de descarga y dejar únicamente los de la engobadora y la entrada del horno, se ajusta el transporte y se regula en los cambios de formato, para garantizar la alineación de la pieza sin necesidad de guías.</p>			
FECHA DE FORMACION							
PROFESOR							
ALUMNO							

LUP- Cambio de perillas de sujeción en mesa de descarga

Lección de un Punto							
TEMA	Cambio de perillas de sujeción			jun-20			
				JEFE DE SECCION	EMPLEADO DEPENDIENTE	LIDER GRUPO	PREPARADO POR
CLASIFICACIÓN	CONOCIMIENTO BÁSICO	ACCIÓN DE MEJORA	ACCIÓN CORRECTIVA	Johnatan Montoya		Jhon Jairo	Carolina Salazar
ANTES							
				<p>En la mesa surtidora se tienen perillas de sujeción muy pequeñas para la regulación de la guía tope, lo cual dificulta su manipulación y aumenta los tiempos de cambio de formato 1 minuto aproximadamente.</p>			
DESPUES							
				<p>Se diseñó e instaló una sola perilla que reemplace las dos anteriores, de mayor tamaño para facilitar su manipulación</p>			
FECHA DE MACION	FOR						
PROFESOR							
ALUMNO							

corona

Área de difícil acceso (ADA) del girador.

MATRIZ ECRS MEJORAMIENTO ÁREA DE DIFÍCIL ACCESO			
ITEMS	# DE MEJORA:	FECHA: Julio 2020	Coloque aquí el esquema del Antes de la mejora
¿Donde se ve?	GIRADOR TRANSPORTE MOVIMENTACIÓN		
Describe el problema	SOBRESFUERZO Y AGACHE PARA REALIZAR REGULACIÓN EN EL GIRADOR		
Que ocasiona el problema	DIFÍCIL ACCESO A LA MANIVELA		
¿Cuándo ocurre? durante el proceso continuo, al arrancar.	DURANTE LA REGULACIÓN DEL CAMBIO DE FORMATO		
Porqué sucede?	POR DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA		<p>Para realizar la regulación y ajuste del girador en los cambios de formato de movimentación en el transporte a la entrada del horno se debe tomar posición de cuclillas, introducir la mano y proceder a mover la manivela girando varias veces la estructura.</p>
Que es lo difícil? Limpiar, lubricar, ajustar, inspeccionar o cambio de parte	AJUSTE DE LA PARTE		
Porqué es difícil? Alto, bajo, atrás, difícil de mover o quitar.	POR LA POSICIÓN PARA ACCEDER AL VOLANTE		Coloque aquí como quedó después de la mejora
Elimine fuente del problema			
combinar: acciones o sistemas			
Reemplazar: El sistema de inspeccionar, lubricar, cambio, ajustar, etc (controles visuales)			
Simplificar: Hacer la operación más fácil (Controles visuales esp)			
Numero de OPL			