

# Implementar la metodología SMED en el cambio de modelo en el área de accesorios

Lisset Anel Alva Rocha<sup>1</sup>, Laura Gabriela Elvir-Padilla<sup>2</sup>, Gloria Sandoval Flores<sup>1,\*</sup>, Claudia Pichardo Treviño<sup>1</sup>  
y Juana Iris Ibarra Castillo<sup>1</sup>

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán<sup>1</sup>  
Reynosa, Tamaulipas, México.<sup>1</sup>

Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Aguascalientes<sup>2</sup>  
Aguascalientes, Aguascalientes, México.<sup>2</sup>

\* Autor de correspondencia: [gsandoval@docentes.uat.edu.mx](mailto:gsandoval@docentes.uat.edu.mx)

**Abstract**— In this research, the SMED methodology is implemented with the purpose of reducing the change time in the models in the accessories area, achieving an effective process. Likewise, mold changes in injection presses are very recurrent because it is an essential process to produce components and accessories, the vacuum cleaners manufactured within the company were chosen as an example. A mold change goal of 180 minutes is presented. Changes are usually variable, given that they present different problems during the process, machine failures, staff absenteeism, lack of communication, failures with hydraulic connections, lack of hoses, causing bottlenecks.

**Keyword**— *SMED, model, accessories, injection molding, process optimization.*

**Resumen**— En esta investigación se implementa la metodología SMED con la finalidad de reducir el tiempo de cambio en el modelo en el área de accesorios, logrando tener un proceso eficaz, así mismo los cambios de molde en las prensas de inyección son muy recurrentes debido a que es un proceso indispensable para la producción de los componentes y accesorios, se eligió las aspiradoras que se fabricadas dentro de la empresa como ejemplo. Se presenta una meta del cambio de molde, de 180 minutos, los cambios suelen ser variables, dado que presentan diferentes problemáticas durante el proceso, fallos en las maquinas, ausentismo de personal, falta de comunicación, fallos con las conexiones hidráulicas, carencia de mangueras, provocando cuellos de botella.

**Palabras claves**— *SMED, modelo, accesorios, inyección de plásticos, optimización de procesos.*

## I. INTRODUCCIÓN

La Lean Manufacturing, buscan mejorar y optimizar los procesos de fabricación, de esta manera logran eliminar los tiempos muertos en producción. Es por ello por lo que se planteó buscar soluciones en el área de accesorios, ya que se observó un tiempo fuera de la meta establecida por el equipo en el cambio de molde, lo cual ocasionan perdidas en la producción y así mismo también causa pérdidas económicas para la empresa [1]. Debido a esto se considera necesario la aplicación de la herramienta SMED como parte de la metodología Lean Manufacturing para la reducción de tiempos o eliminación de actividades que no sean de un gran valor dentro del proceso. Esta investigación tiene como objetivo demostrar el funcionamiento de una de las herramientas clave de la manufactura esbelta: el SMED (Cambio de Modelo en una Décima de Minuto) [1]. Se aplicará en una planta donde, en los últimos meses, se han registrado tiempos de cambio de modelo significativamente elevados en el área de inyección. El enfoque inicial estará en implementar mejoras organizacionales en el proceso, basadas en organización y trabajo estandarizado, lo que debería reflejar una reducción aproximada del 70% en el tiempo. Posteriormente, se introducirán mejoras técnicas que se espera logren una reducción adicional del 10%. Algunas de las mejoras que se verán reflejadas no serán solamente en los tiempos, sino también en la reducción del inventario en proceso, así como el aumento en la capacidad de la máquina [4].

Se identificó que los tiempos elevados en los cambios se debían a la desorganización del personal, herramientas desordenadas, alta rotación y mala planificación de producción, además de problemas con la temperatura de los moldes. Esto generaba incertidumbre y condiciones inseguras. Por ello se implementó un plan de acción enfocado en estos puntos, logrando una reducción de tiempos y mejoras preliminares, con proyecciones para optimizar las condiciones de trabajo y la industrialización de las máquinas en el futuro [14].

SMED sirve para reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, lo que reduce el riesgo de defectos y averías. Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas. Para hablar acerca de esta metodología conviene tener claro una serie de conceptos, como son tiempo de cambio, preparación eliminar el desperdicio (MUDA), ya que no aporta valor [8,13].

Otra de las Heijunka es una palabra japonesa que significa nivelación. En lean, se refiere a la nivelación de la producción destinada a mejorar el flujo de un proceso para ajustarse mejor a la demanda del cliente, reducir el desperdicio, y disminuir o abandonar el procesamiento por lotes.

La forma la base de Lean y sistema de producción Toyota, junto con el concepto de trabajo estandarizado, y Kaizen. En la aplicación de la técnica Heijunka, la demanda de los clientes se satisface a través de lotes más pequeños, trabajo estandarizado y/o intercambio de SMED [10].

El diagrama de Ishikawa, también conocido como de espina de pescado— es una herramienta visual que tiene un formato de gráfico. Además, su principal función es ayudar en los análisis de organización. La mayoría de las veces se lo emplea para encontrar la causa de un problema en su raíz. De esa forma, el diagrama tiene como objetivo ayudar al equipo a llegar a las causas reales de cuellos de botella que acometen a los procesos operativos y organizacionales de la empresa [9].

Esta metodología se basa en el principio de causa y efecto, por lo cual prevé que toda acción tiene una reacción. Por eso, para empezar a estructurar el diagrama, primero se debe formular la pregunta: ¿cuál es el problema que analizará el equipo? y haz trazos diagonales en el cuerpo de la flecha; estos representarán las categorías de las causas encontradas. Para rellenarlos, realiza una lluvia de ideas con tu equipo, pues este puede tener buenas ideas sobre las posibles causas. En la práctica, la Matriz de Priorización o de las seis “M” es esencial para garantizar la eficiencia del diagrama de Ishikawa. La primera “M”: Medida, La segunda “M”: Máquina, La tercera “M”: Material, La cuarta “M”: Mano de obra, La quinta “M”: Método y La sexta “M”: Medio Ambiente [9].

El diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que permite visualizar tareas e hitos clave de manera práctica [5]. Consiste en un gráfico de barras horizontales que representa el cronograma de un proyecto, programa o tarea. Cada barra indica una etapa del proceso o una tarea específica, y su longitud refleja la duración correspondiente. Este tipo de diagramas proporciona una visión general del trabajo a realizar, quién lo ejecuta y los plazos establecidos. Aunque no es la única forma de representar visualmente un proyecto, los diagramas de Gantt son especialmente útiles para ciertas actividades. Por ejemplo, son ideales para, visualizar el plan y el cronograma de un proyecto. Gestionar proyectos complejos, ya sea entre múltiples equipos o en iniciativas de gran alcance [5].

El análisis FODA es una herramienta estratégica utilizada para analizar la situación interna y externa de una organización o proyecto. Su nombre corresponde a las iniciales de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Este análisis permite identificar las ventajas competitivas internas (fortalezas) y las áreas de mejora (debilidades), así como los factores externos favorables (oportunidades) y desfavorables (amenazas). Se utiliza comúnmente en la planificación estratégica para tomar decisiones informadas y establecer prioridades [16].

Las listas de control, check-list u hojas de verificación, son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante. Los usos principales de los check-list son los siguientes: Realización de actividades, realización de inspecciones, verificar o examinar, analizar la localización de defectos, Verificar las causas de los defectos, verificación y análisis de operaciones [2-3].

En definitiva, estas listas suelen ser utilizadas para la realización de comprobaciones rutinarias y para asegurar que al operario o el encargado de dichas comprobaciones no se le pasa nada por alto, además de para la simple obtención de datos. La ventaja de los check-list es que, además de sistematizar las actividades a realizar, una vez rellenos sirven como registro, que podrá ser revisado posteriormente para tener constancia de las actividades que se realizaron en un momento dado [2].

El estudio con cronómetro es el método más común empleado para medir el tiempo que se lleva una tarea. Se emplea para determinar el tiempo que necesita un operador promedio, trabajando a un ritmo normal en la ejecución de una tarea determinada. El fin del estudio, es la determinación del tiempo normal que se tarda en hacer una tarea, expresado en minutos por pieza [6].

Las líneas del tiempo son una herramienta visual para ordenar y explicar cronológicamente procesos o acontecimientos que han ocurrido a lo largo de un período, por lo cual son muy útiles como recurso pedagógico. En el mundo organizacional, una línea de tiempo puede ayudar a ver la evolución o involución de un proceso, departamento, producto o de la empresa misma [11].

La técnica de los 5 Porqués se utiliza para identificar la raíz de un problema y posteriormente resolverlo. Este método puede revelar que el origen del problema a menudo es inesperado. Lo que inicialmente podría parecer un problema técnico, con frecuencia está relacionado con factores humanos o de procesos. Por ello, es fundamental identificar y eliminar la causa raíz para prevenir la repetición de errores [12].

El pizarrón Heijunka es una herramienta visual utilizada en la producción Lean para implementar la nivelación (Heijunka) de la producción. Ayuda a equilibrar las variaciones en la demanda al programar diferentes productos en cantidades pequeñas y en intervalos regulares, reduciendo así el efecto látigo en la cadena de suministro y promoviendo un flujo más estable y eficiente [7,15].

## II. METODOLOGÍA

Se ingresó por primera vez a la empresa, en donde se nos dio una bienvenida y un curso de inducción durante 3 días. Durante la presentación de bienvenida se dio a conocer el proyecto a desarrollar el cual fue “Cambios rápidos de modelo en el área de accesorios aplicando metodología SMED” y se presentaron los asesores correspondientes a cada equipo.

Se comenzó dando un recorrido por la planta, en dicho recorrido mostró las diferentes áreas y actividades realizadas en la empresa, así mismo se dio un recorrido por el área de inyección para comenzar a conocer el proceso en el que se estaría trabajando; se realizó un recorrido en particular por el área de accesorios, pues con el fin de conocer el área donde se desarrollaría el proyecto. El proyecto como se hizo mención anteriormente es sobre el cambio rápido de modelo en el área de accesorios, lo cual, la consigna del proyecto lo estableció el departamento de mantenimiento de la empresa, debido a la problemática de los tiempos de cambio, que exceden de los 200 minutos de lo cual es la meta establecida actualmente.





El check-list de actividades SMED, sirvió como herramienta para desglosar las diversas actividades que se desarrollan en un cambio de modelo, con ayuda de la coordinadora de SMED, se logró identificar y esclarecer las actividades internas y externas que conllevan durante el cambio de molde.

Finalmente, con apoyo de las actividades SMED, se logró tomar tiempos con cronometro a cada actividad que se iba realizando, esto con la finalidad de poder obtener en que actividad se llevan más tiempo, siendo la nivelación de molde, el embridado del mismo y la colocación de mangueras, las actividades de las cuales resultaban con un tiempo mayor y por ende en muchos cambios ocasionaban que el tiempo de cambio excediera de los 200 minutos.

Tabla I. Check-list de actividades SMED y tiempo.

Actividades internas	Molde: 1201 10/11/2022	
	Minutos	Tiempo Segundos
Detener y programar la máquina de retiro de molde	1	54
Aplicación de protector al molde		47
Retiro de tornillos de barda	2	30
Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	3	24
Enganchar la cadena del puente grúa al molde	2	17
Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina	1	47
Elevar el molde tirando la cadena hacia abajo		53
Subir encima de la máquina		9
Girar la dirección del puente grúa		7
Descender de la máquina		42
Descender el molde		25
Retirar la cadena del molde		22
Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde		36
Transportar el nuevo molde hacia la máquina		29
Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo		58
Subir encima de la máquina		
Girar la dirección del puente grúa		0.55
Descender de la máquina		
Descender el molde		
Ajustar la altura del molde	5	5
Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	4	33
Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control		
Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierre del husillo	1	44
Retirar la cadena del molde	1	35
Limpieza del material restante de la producción anterior	1	43
Colocación de los fixtures del robot		
Instalación del acoples y ajuste de las mangueras	19	51
Encender el sistema de refrigeración	3	10
Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina		
Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	1	35
Inspección y limpieza del área de trabajo	2	12
Carga la configuración del nuevo producto de la base de datos de la máquina	6	4
Pruebas de temperatura y salidas del producto	1	5
Traslado del material nuevo de producción hasta la máquina		
Se guarda programación y se carga el nuevo	16	30
Retiro de unidad de inyección	1	25
Programación de robot		
TOTAL	85	18

La utilización el cronómetro fue de la mano con el check-list de actividades SMED y tiempo, ya que para la obtención de tiempos específicos de cada actividad era necesario el obtener minutos y segundos exactos; de los cuales solo se obtendrían con facilidad con cronómetro, permitió contar el tiempo desde que se para el proceso anterior y el momento en el que el husillo del cañón es despejado del punto de inyección, hasta que sale la primera pieza de producción del nuevo accesorio a realizar. Y de este modo se obtuvieron los promedios de tiempo de realización de cada actividad, y con ello se visualizó en que actividades se realiza mayor tiempo.

La elaboración del check-list de herramientas era con la finalidad de tener un control con respecto a las herramientas que portan los técnicos en sus carros de herramientas, de las cuales necesitan tener las correctas y necesarias para cada cambio a realizar. Ya que sin ellas no se podrían realizar los cambios correspondientes de molde. Además, que, por cuestiones de seguridad de la empresa, se recomienda trabajar con las herramientas correctas y en buen estado, de este modo se cumpliría con esa norma y se identificarían en que buen estado están y si son las correctas con las que cuentan mediante este check-list de apoyo.

Tabla II. Check-list de Herramientas.

Descripcion	Cantidad	¿cuenta con ello?	
		Si	No
Destornillador cush red plana 5/16"x6			
Destornillador cush red philli #2 ¼"x6			
Dados o bocallaves de impacto			
Juego 28 dados y accesorios pulg ½"			
Rotomartillo inalámbrico ½" vvr 18v			
Martillo de una curva 16oz mango fv			
Marro octagonal 10lb mango hickory 36"			
Arco de segueta alta tensión 12"			
Llave ajustable 12" cromada			
Llave ajustable 8" cromada			
Juego 22 llaves hex "I" comb. bola 2 rack ml, estándar			
Pinza punta larga corte lat. 6-5/8" resort			
Pinza corte diagonal alta pal. 7-15/16"			
Pinza corte lateral 8-21/32"			
Pinza para mecánico rubber grip 6"			
Pistola de impacto neum. ½" 400ft-lb			
Llave tipo española			
Marro de bronce			
Llave Stilson			
Nivel			
Rach 1/2			
Rach 3/8			
Perica 6"			
Cinchos			
Loto			
Rachel de troquel 1/2			
Llave de presión			

Este check-list tuvo como finalidad el conocer el peso total de los moldes y su número de mangueras, para ello, se seleccionaron los moldes con mayor uso para la elaboración de los diversos accesorios. Una vez obtenido los datos de los moldes con mayor uso, se realizó la investigación del peso de cada uno de

ellos, para poder saber que dispositivo (ya sea embridado por bayoneta o magnética) puede soportar el peso de dicho molde.

Tabla III. Check-list de peso de los moldes y su número de mangueras hidráulicas.

Molde	Matriz de molde/maquina	Peso del molde, lb	Mangueras		Total de maguera
			MOVIL	FIJA	
319	C8P3, C8P4	6,000	18	8	26
474	RTC6, C6P5, C8P1, C7P1, C5P5, C5P6, C15P1	1,300	4	6	10
476	RTC6, RTC3, C6P5	900	4	4	8
602	C6P5, RTC6, C7P1, C8P1, RTC7, RTC8, RTC9, RTC10, C15P1, C11P6	3,300	18	6	24
604	C6P5, C7P1, C8P1, C8P5, RTC6, RTC7, RTC8, RTC9, RTC10, C11P6	2,500	12	4	16
619	C6P4, RTC10	4,312	20	42	62
635	C5P6, C7P1, C8P5, RTC1	2,919			0
636	C5P5	2,919	16	24	40
690	C8P3, C8P4	5,927			0
697	C6P5, C7P1, C8P1, C8P3, RTC1, RTC10		8	4	12
704	C6P2, C8P2	7,400	14	26	40
728	C8P1, RTC1, RTC6, RTC7, RTC8, RTC9, RTC10, C15P1	2,200	8	20	28
767	RTC1, C11P6				0
899	C6P5, C7P1, C8P1		20	6	26

Una vez realizado lo anterior, se realizó el conteo de mangueras de cada uno de los moldes que se usan mayormente, una vez que se obtuvieron los datos necesarios; se comenzó con la búsqueda de los dispositivos de placas multi conectoras para que se pudieran realizar las conexiones en fracción de segundos. Ya que el promedio mayor de mangueras es de 40, y el promedio de minutos de conectarlas es de 35 minutos, tiempo que resulta ser de las actividades que más conllevan más tiempo. Por ello este check-list sirvió de apoyo para contar con los datos necesarios y tener un control para reducción de tiempo SMED.

La línea del tiempo tuvo como finalidad el seguir un orden cronológico de las actividades del proceso de cambio de molde. Una vez hecho esto se comenzó a realizar una toma de tiempos de los cambios de modelos realizados en accesorios, para plasmar dicha información en las cuales se identificaron las diversas actividades que llevaron a cabo los técnicos durante el proceso de cambio del molde.

En las cuales se plasmaron todas actividades en conjunto de las horas en las que se hicieron y finalizaron, además de quienes fueron los designados para realizar dichas actividades que conforman al cambio de molde. Las líneas del tiempo fueron desarrolladas con base al área de accesorios y RTC, que de igual forman dentro de esa área fabrican accesorios de las distintas aspiradoras.



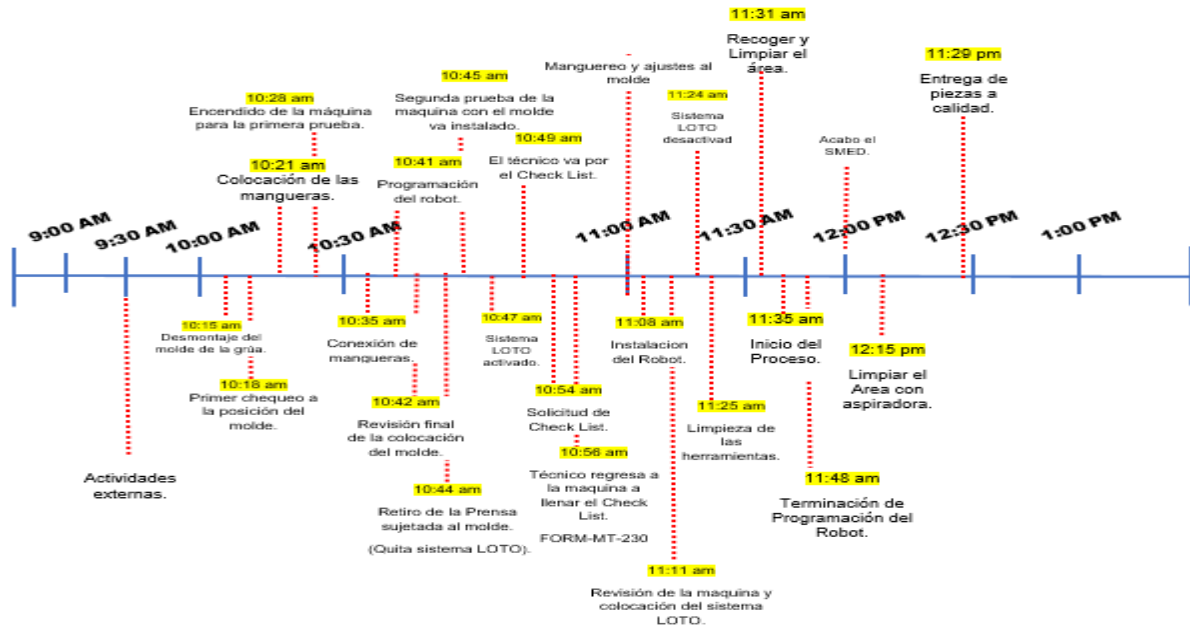


Fig. 4. Diagrama línea de tiempo celda 7.

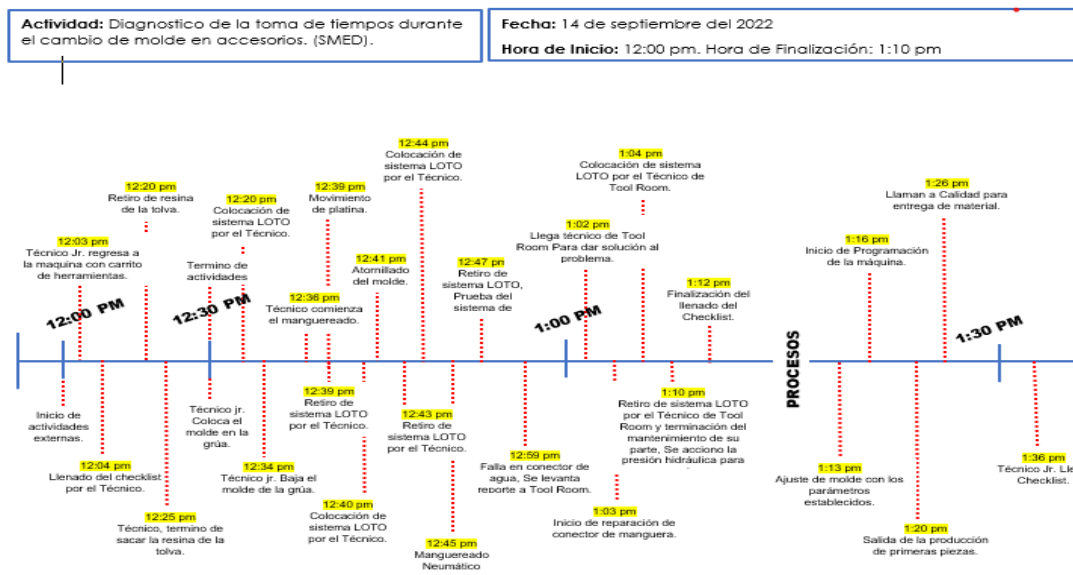


Fig. 5. Diagrama línea de tiempo RTC.

En este análisis es de suma importancia al momento de haber obtenido un análisis profundo respecto al diagnóstico realizado al área de accesorios. Debido a que se utilizó como herramienta útil para llegar a una serie de cuestiones de una causa raíz de determinada acción que retrasara el cambio de molde, todo ello con la finalidad de obtener el factor principal de la causa inicial, ya sé que determinada acción no se debe de continuar efectuando o si es el factor humano lo cual causa ese problema de raíz.

Una de las principales causas obtenidas con este diagnóstico de los cinco porqués, fue el factor humano, el factor humano debido a que no siguen una secuencia preestablecida para realizar un cambio, y por ende se toman más tiempo de lo establecido, además de que no se sigue correctamente lo establecido por el documento de procesos SMED.

Tabla IV. Los 5 porqués.

Causa probable	¿por qué? 1	¿por qué? 2	¿por qué? 3	¿por qué? 4	¿por qué? 5	Resultado del análisis
¿Por qué se retrasa el cambio de modelo en el área de accesorios?	Los operadores retrasan el proceso	¿Por qué los operadores retrasan el proceso? No siguen el procedimiento establecido	¿Por qué no siguen el procedimiento establecido? No revisan ni llenan el check-list	¿Por qué no revisan el check list? Falta de compromiso	¿Por qué no tienen compromiso?	Falta de supervisión
	Falla en el molde	¿Por qué falla el molde? Mal mantenimiento de molde	¿Por qué hay mal mantenimiento de molde? No realizan pruebas previas al cambio	¿Por qué no realizan pruebas previas al cambio?		El personal designado no realiza el mantenimiento correcto
	Demora en las conexiones hidráulicas	¿Por qué demoran con las conexiones hidráulicas? No encuentran las mangueras requeridas	¿Por qué no encuentran las mangueras requeridas? No tiene orden el carro de mangueras	¿Por qué no tiene orden el carro de herramientas? Falta estandarización y aplicación de 5s	¿Por qué falta estandarización y aplicación de 5s?	Los técnicos no presentan compromiso con el orden y limpieza con las herramientas de trabajo

Para la realización de la investigación y su mismo análisis, se buscaron todos los cambios realizados desde el día 3 de enero hasta el 20 de septiembre del año en curso 2023. Una vez obtenido este historial de cambios se plasmaron de la siguiente manera en una tabla de datos que nos permitirían tener una mejor visualización y orden para saber la estadística de cuantos cambios por programación resultan exitosos y cuales resultan con tiempo excedido a la meta.

Tabla V. Cambios de modelo de molde del 03 de enero al 20 de septiembre de 2023, respectivamente.

Mes	Dentro de tiempo	Fuera de tiempo	Cancelados	Total de programados
Enero	88	50	4	142
Febrero	62	34	2	98
Marzo	87	41	6	134
Abril	51	60	-	111
Mayo	84	65	1	150
Junio	67	60	1	128
Julio	86	67	-	153
Agosto	76	59	-	135
Septiembre	31	34	1	66
Total	632	470	15	1117

Causas del retraso de los cambios en el área de accesorios.

Una vez realizando el análisis a los cambios suscitados desde el mes de enero hasta septiembre, se realizó la investigación mediante los diagnósticos de cambios, sobre las principales causas de retraso existentes en cada cambio realizado.

Para obtener cuales eran las principales causas retraso, se realizaron distintos monitoreos a los diferentes cambios llevados a cabo durante el 12 al 23 de septiembre, y una vez realizado estos monitoreos, se llegó a que son 6 causas principales de las cuales se presentan en cada cambio de molde, de las cuales se muestran en la siguiente la tabla.

Tabla VI. Causas de los retrasos de los cambios de modelo.

<b>Causas</b>	<b>Porcentaje de ocurrencia</b>
Colocación	25
Falla y falta de mangueras	25
Falta de herramientas para montar el molde	20
Retardo en elevación del molde por no ubicar centro de gravedad	15
No programan a tiempos los cambios	10
Falta de estandarización	5
Total	100

Para tener un mejor seguimiento de diagnóstico a los cambios de modelo, se realizó la investigación de los moldes que corren actualmente en el área de accesorios y en conjunto con esa investigación, se registraron su total de cambio de fuera de tiempo y el rango de minutos en los cuales se encuentra fuera, al igual de cuantas veces han quedado en fuera de tiempo. A continuación, se muestra la siguiente tabla con los datos obtenidos en conjunto con su gráfica demostrativa.

Tabla VII. Historial de cambios fuera de enero a semptiembre en el área de accesorios.

Molde	Cambios en fuera de tiempo	Rango de tiempo fuera
113	0	0
319	14	240 a 950
341	1	250
359	10	235 a 675
406	9	210 a 1,200
454	9	213 a 703
458	10	205 a 788
474	5	207 a 600
476	2	453 a 735
602	8	275 a 1,600
604	4	215 a 870
619	4	225 a 267
620	1	205
635	10	210 a 501
636	2	230 a 280
664	9	230 a 1,180
690	1	236
697	12	210 a 1,170
704	8	230 a 600
706	7	202 a 440
728	8	205 a 915
730	2	230 a 300
731	6	255 a 800
733	5	215 a 830
734	4	225 a 320
739	7	210 a 630
740	9	230 a 732
741	5	290 a 845
761	4	240 a 310
767	1	205 a 1,095
768	5	268 a 920
769	11	210 a 700
773	1	210
799	6	240 a 994
899	2	260 a 533
901	5	210 a 378
902	9	240 a 570
1315	7	230 a 615
1321	12	220 a 545
1336	1	270

Una vez obtenidos los moldes que corren en la actualidad en el área de accesorios, se optó por seleccionar cuales eran los moldes con mayor uso, y de los cuales se identificaron cuantas veces han

estado en fuera de tiempo y su rango máximo de tiempo fuera. Y una vez obteniendo los datos se plasmaron en la siguiente tabla y posteriormente en gráfica.

Tabla VIII. Modelos con mayor frecuencia de uso y su tiempo fuera.

<b>Molde</b>	<b>Cambios en fuera de tiempo</b>	<b>Rango de tiempo fuera</b>
319	14	240 a 950
474	5	207 a 600
476	2	453 a 735
602	8	275 a 1,600
604	4	215 a 870
619	4	225 a 267
635	10	210 a 501
636	2	230 a 280
690	1	236
697	12	210 a 1,170
704	8	230 a 600
728	8	205 a 915
767	10	205 a 1,095
899	2	260 a 533
901	5	210 a 378
1315	7	230 a 615
1321	12	220 a 545
1336	1	270

A demostración individual, se optó por realizar una tabla de rango mayor de tiempo, junto con su grafica donde incluye cada molde, cuyo su uso es frecuente para moldear.

Tabla IX. Rango mayor de tiempo fuera de los moldes con mayor uso de frecuencia.

<b>Molde</b>	<b>Rango mayor de tiempo fuera</b>
319	950
474	600
476	735
602	1,600
604	870
619	267
635	501
636	280
690	236
697	1,170
704	600
728	915
767	1,095
899	533
901	378
1315	615
1321	545
1336	270

De igual forma y a demostración individual, se optó por realizar una tabla de rango menor de tiempo en fuera de meta establecida, es decir, que sobre pase los 200 minutos pero que no supere los 500 minutos junto con su grafica donde incluye cada molde, cuyo su uso es frecuente.

Tabla X. Rango menor de tiempo fuera en los cambios de molde del área de accesorios.

<b>Molde</b>	<b>Rango menor de tiempo fuera</b>
319	240
474	207
476	453
602	275
604	215
619	225
635	210
636	230
690	236
697	210
704	230
728	205
767	205
899	260
901	210
1315	230
1321	220
1334	270

Como continuación del proyecto de cambio rápido de modelo en área de accesorios, era más que importante el comenzar a trabajar con la herramienta SMED. La cual era necesaria utilizarla desde el diagnostico, hasta la finalización del proyecto. Mediante la utilización de esta herramienta, nos permitió visualizar las de mejor manera las actividades internas y externas que se desempeñan durante el cambio de modelo y su duración en cuanto a tiempo de cada actividad.

Como parte de la primera requisición de la herramienta SMED, fue el visualizar las actividades en general que se llevan a cabo desde la detención del proceso anterior, hasta que sale la primera pieza moldeada del nuevo proceso en curso. Una vez con el conocimiento acerca de todo lo que involucra al SMED del cambio de accesorios, se aplicó la herramienta SMED, con el fin de reducir considerablemente la meta actual que es de 200 minutos por cada cambio, lo cual es considerada como una meta muy elevada y de la cual se sobrepasa en muchas ocasiones. Para ello se aplicaron 5 etapas que componen la herramienta SMED de las cuales son las siguientes.

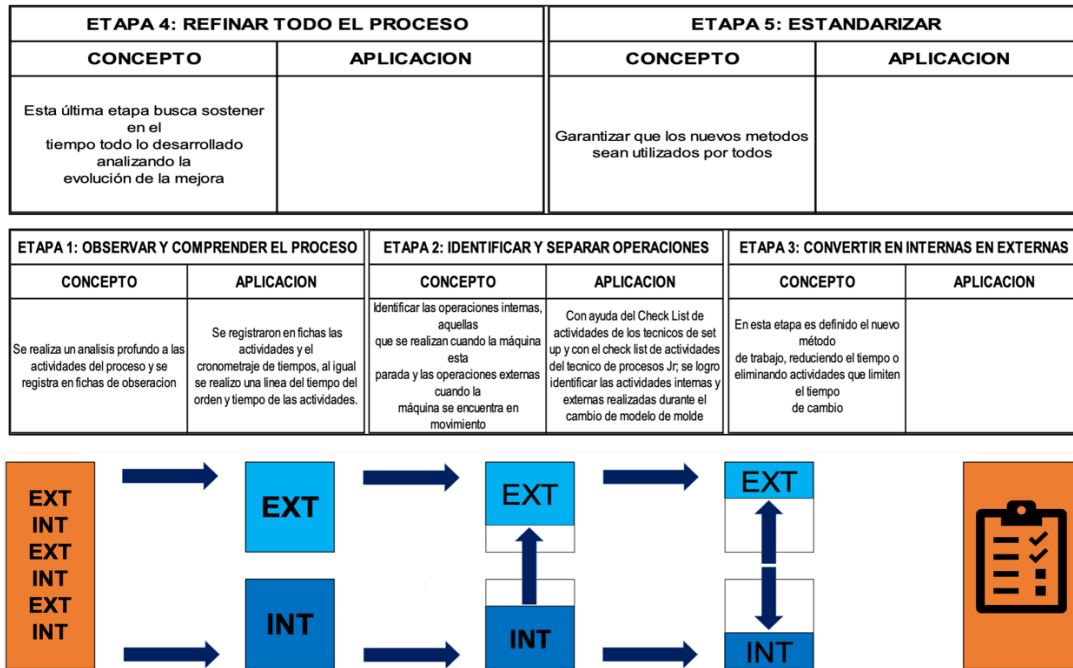


Fig. 6. Etapas de la herramienta SMED a utilizar.

Etapa 1. Se realizó el análisis profundo al proceso de cambio de modelo y como se hizo mención, con apoyo de check-list y de fichas de observación, se registraron los datos necesarios de cada cambio y así mismo esos mismos datos fueron utilizados como una base de datos, para fundamentarnos en que mejorar.

Etapa 2. Una vez finalizado el análisis del proceso de cambio, se identificaron las operaciones correspondientes a actividades internas, las cuales se realizan en cuanto la maquina se encuentra parada. Y del mismo modo se identificaron las actividades externas, las cuales se realizan en cuanto la maquina se encuentra en movimiento. Una vez que se identificaron, se comenzó con el trabajo de toma de tiempos, para realizar el promedio de tiempos, de lo cual se lleva cada actividad interna y externa.

Etapa 3. Se propuso el definir el nuevo método de trabajo, el cual su propósito era de suma importancia con respecto a la consigna del proyecto, la cual es el reducir tiempo y por ende se tendrían que reducir actividades o bien hacerlas de manera más fácil o como se menciona, hacerlas en externas.

Etapa 4. La realización de esta etapa es de suma importancia, debido a que es lo que repunta la herramienta el SMED, lo cual es el sostener en el tiempo todo lo desarrollado analizando la evolución de la mejora.

Para ello de igual forma serviría el check-list de las actividades SMED y tiempo, ya que en ello se refleja el tiempo en que se realizaban las actividades con anterioridad, y después de ello se visualizaría las actividades con las posibles implementaciones, ya con un nuevo tiempo de duración de cambio y ya con la posible nueva menta que sería de 45 minutos en lugar de los 200 minutos. Y de igual forma este check-list nos permitiría tener una mejor panorámica comparativa entre lo que sería un antes y un después.

Etapa 5. Es la de garantizar de que los nuevos métodos establecidos sean utilizados por todos los partícipes de un cambio y de igual forma por los distintos departamentos que conllevan desde la

planeación hasta la realización del cambio. Y con el cumplimiento de todos los nuevos métodos establecidos, lograr la nueva meta que sería tentativamente los 45 minutos.

La utilización del pizarrón Heijunka, es de suma importancia para el desarrollo de los cambios de modelo, lo cual es debido a que en él se plasmarían los cambios a realizar durante la semana y durante los tres turnos laborales. Como se hizo mención, es de suma importancia tener en el pizarrón plasmado todos los cambios a realizar, debido a que en él se plasma la meta de cambios a realizar por un turno, en el cual eran de tres cambios. Para ello el tener plasmados ahí los cambios a realizar, serviría para tener un control por parte de cada departamento involucrado para la realización de cambios, y realizar su actividad designada a tiempo.

En la actualidad existía un pizarrón Heijunka ya establecido por el departamento de planeación, pero debido a que no contaba con el espacio adecuado, no se plasmaban los cambios a realizar siendo eso un factor de retardo en cuanto a cambios, para ello la oportunidad de ampliar el pizarrón, sería una ventana de oportunidad para una mejora la cual repercutiría en beneficio de los cambios de molde.

### III. RESULTADOS

Normalmente durante un cambio de modelo en el área de accesorios, se exceden en un promedio de 675 minutos fuera de la meta establecida en realizarlo, lo cual era mucho tiempo y por ende solo se permitía realizar 3 cambios por turno.

Para poder aplicar mejoras en el proceso de cambio de modelo, fue necesario reunir datos del mes de enero- septiembre del 2022 de los cambios de modelo en el área de accesorios. Además de realizar una tabla con los principales problemas y su porcentaje de ocurrencia durante los cambios de modelo. Véase Figura 12.

Tabla XI. Causas de retraso del cambio de molde en accesorios.

Causas	Porcentaje de ocurrencia
Colocación del molde	25
Falla y falta de mangueras	25
Falta de herramientas para montar el molde	20
Retardo en elevación del molde por no ubicar centro de gravedad	15
No programan a tiempo los cambios	10
Falta de estandarización	5
Total	100

El pizarrón Heijunka es de suma importancia ya que en él se debe plasmar la programación de los todos los turnos. Sin embargo, no se contaba con el espacio necesario para plasmar todos los cambios programados y al abrirse esta ventana de oportunidad a mejorar, se optó por rediseñar el pizarrón Heijunka considerando todos los turnos y maquinas en funcionamiento.

El rediseño consto de ampliar el pizarrón, modificando el tamaño de este y así mismo se pudo colocar todas las celdas de accesorios y RTC en donde se trabaja, también se logró colocar todos los turnos,



obteniendo así el resultado de tener la programación plasmada de todos los cambios de modelo próximos a realizar durante los turnos.

The image shows a Heijunka board (pizarrón) used for production scheduling. It consists of a grid with columns representing different models or products and rows representing time slots or shifts. The board is filled with handwritten data, including codes (e.g., C0P1, C0P5, C0P6, C0P7, C0P8, C0P9, C0P10, C0P11, C0P12, C0P13, C0P14, C0P15, C0P16, C0P17, C0P18, C0P19, C0P20, C0P21, C0P22, C0P23, C0P24, C0P25, C0P26, C0P27, C0P28, C0P29, C0P30, C0P31, C0P32, C0P33, C0P34, C0P35, C0P36, C0P37, C0P38, C0P39, C0P40, C0P41, C0P42, C0P43, C0P44, C0P45, C0P46, C0P47, C0P48, C0P49, C0P50, C0P51, C0P52, C0P53, C0P54, C0P55, C0P56, C0P57, C0P58, C0P59, C0P60, C0P61, C0P62, C0P63, C0P64, C0P65, C0P66, C0P67, C0P68, C0P69, C0P70, C0P71, C0P72, C0P73, C0P74, C0P75, C0P76, C0P77, C0P78, C0P79, C0P80, C0P81, C0P82, C0P83, C0P84, C0P85, C0P86, C0P87, C0P88, C0P89, C0P90, C0P91, C0P92, C0P93, C0P94, C0P95, C0P96, C0P97, C0P98, C0P99, C0P100) and numerical values. Some cells are highlighted in yellow and red, indicating specific data points or changes. The board is used to visualize and manage the production schedule, ensuring that all changes are accounted for and planned in advance.

Fig. 7. Pizarrón Heijunka implementado.

El no llenar el check-list era un gran problema de atraso, debido a que en ocasiones no lo llenaban y había problemas en el registro de los tiempos SMED. Otro problema que fue identificado que surgía de no llenar y/o tener el check-list es que, si se encontraban realizando un cambio y surgía un problema, debían dejar de realizar la actividad para ir a buscar un check-list, y era tiempo perdido que aumentaba el tiempo SMED.

Es por ello por lo que se propuso e implemento el estandarizar y colocar señalización a las estaciones de check-list, con el propósito de que los técnicos encontraran de manera más fácil los check-list y de esta manera los llenaran en el tiempo requerido sin afectar las actividades durante un cambio de molde. Observe Figuras 2 y 3 para ver el antes y después.



Fig. 8. Estación de check-list.

- Enfocándonos en el atraso por la falta y falla de mangueras hidráulicas la búsqueda y conexiones de mangueras hidráulicas, principalmente había un retraso en moldes con una cantidad de 34 hasta 62 mangueras, se perdían de 20 a 40 minutos en buscar, desconectar y conectar las mangueras hidráulicas.
- Es por ello por lo que se propuso e implemento, la estandarización del carrito de mangueras con la finalidad de tener orden en el mismo y así facilitar a los técnicos en la búsqueda de las mangueras.
- Se ordenaron las mangueras en el carro, según su medida correspondiente y con el propósito de mantener el orden, se colocaron etiquetas con las medidas además de colocar un cartel con el objetivo de identificar el carro de mangueras.

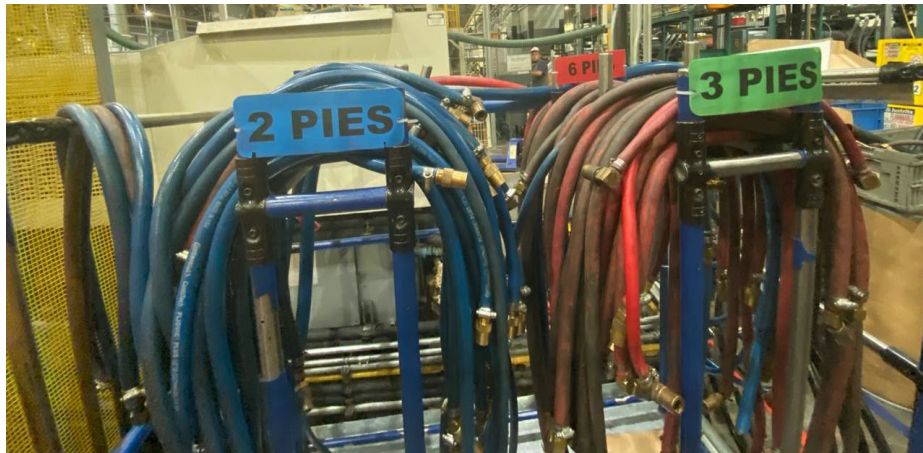


Fig. 9. Carro de mangueras con identificadores de medidas.

Al realizar un cambio de molde, es muy importante contar con las herramientas necesarias y tenerlas en orden para así facilitar el trabajo de los técnicos. Es por ello por lo que se realizó una auditoria a los técnicos del área de accesorios, con la finalidad de observar el orden, limpieza de sus carros de herramientas e identificar las herramientas que requerían. Debido a que al realizar dicha auditoria se pudo observar que los carros de herramientas se encontraban en desorden lo que causaba que durante un cambio los técnicos demoraran en encontrar la herramienta necesaria, el tiempo de demora en buscar las herramientas era de 3 a 5 minutos, para ello se elaboró un check-list en donde se enlistaron las herramientas con las que un carro debe contar para tener un mejor control.

Una vez realizado el check-list, se prosiguió a dar orden a los carros de herramientas, se colocó un foam y se trazaron las herramientas con el fin de que cada herramienta tenga su apartado y sea más fácil mantener el orden dentro del carrito. Observe Figura 10.

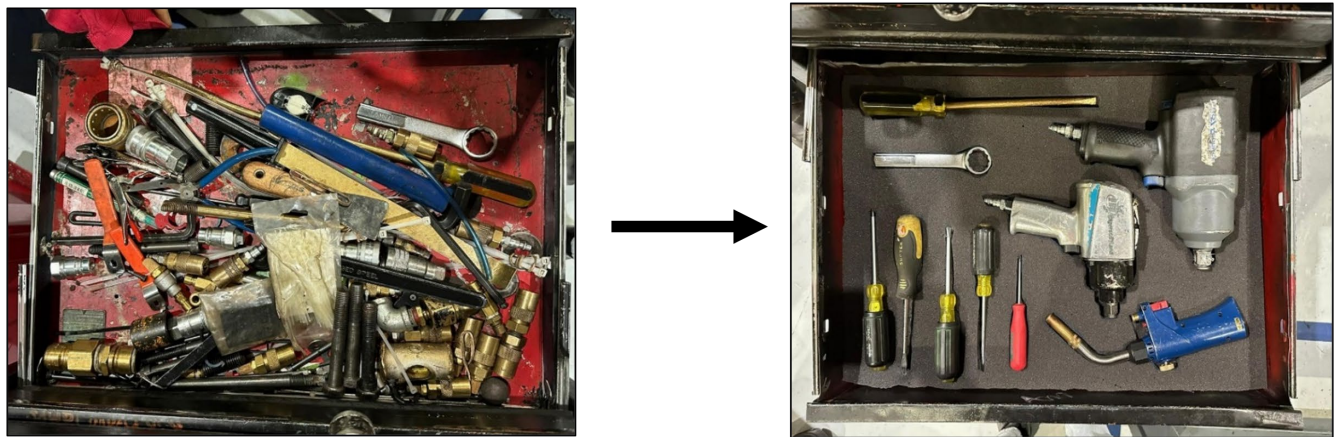


Fig. 10. Antes y después del carro de herramientas.

Los resultados de la utilización de la herramienta SMED consistieron en grabar y cronometrar los cambios de molde con el objetivo de obtener cada una de las actividades llevadas a cabo y proseguir con la elaboración de un check-list en donde se plasmaron todas las actividades que los técnicos realizan en un cambio de molde. Observe Tabla 13.

Tabla XII. Check-list de actividades.

Ficha de toma de tiempo					
Observador					
Operación					
No	Descripción de actividad	Tiempo	Act interna	Act Externa	Actividades sin valor agregado
1	Detener y programar la maquina en estado de retiro de molde		X		
2	Retiro de unida de inyección			X	
3	Aplicación de protector al molde		X		
4	Se guarda programación y se carga de nuevo			X	
5	Retiro de tornillos de barda		X		
6	Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración		X		
7	Enganchar la cadena del puente grúa al molde		X		
8	Retira las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina		X		X
9	Elevar el molde		X		
10	Subir encima de la máquina		X		
11	Girar la dirección del puente grúa		X		
12	Descender de la máquina		X		
13	Descender el molde		X		
14	Retirar la cadena del molde		X		
15	Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde		X		
16	Transportar el nuevo molde hacia la máquina		X		X
17	Elevar el nuevo molde		X		X
18	Subir encima de la máquina		X		
19	Girar la dirección del puente grúa		X		X
20	Descender de la máquina		X		
21	Descender el molde		X		
22	Ajuste de la altura del molde				
23	Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control		X		
24	Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierre del husillo		X		
25	Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde		X		
26	Retirar la cadena del molde		X		
27	Traslado del material restante de la producción anterior			X	
28	Limpieza del material restante de la producción anterior		X		X
29	Instalación de acoples y ajustes de las mangueras		X		
30	Encender el sistema de refrigeración			X	

Posteriormente a esto se procedió a separar las actividades realizadas en actividades internas y externas, véase Tabla 14.

Una vez ya realizado esto, se continuo con el desarrollo de las implementaciones mencionadas y se realizó una toma de tiempos que fueron plasmados en el check-list elaborado observe Tabla 14.

Tabla XIII. Toma de tiempos en el check-list.

<b>Actividades internas</b>	<b>Tiempo estimado con las implementaciones</b>	<b>Reducción de tiempo</b>
Detener y programar la maquina en estado de retiro de molde	0:01:54	0:00:00
Aplicación de protector al molde	0:00:26	0:00:00
Retiro de tornillos de barda	0:00:03	0:02:27
Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	0:00:31	0:01:45
Enganchar la cadena del puente grúa al molde	0:00:32	0:00:30
Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la maquina	0:01:47	0:00:00
Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	0:00:53	0:00:00
Subir encima de la maquina	0:00:09	0:00:09
Girar la dirección del puente grúa	0:00:07	0:00:00
Descender de la maquina	0:00:42	0:00:00
Descender el molde	0:00:25	0:00:00
Retirar la cadena del molde	0:00:22	0:00:00
Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	0:00:36	0:00:00
Transportar el nuevo molde hacia la maquina	0:00:29	0:00:00
Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo	0:00:36	0:00:00
Subir encima de la maquina		
Girar la dirección del puente grúa	0:00:55	0:00:00
Descender de la maquina		
Ajuste de la altura del molde	0:01:00	0:01:00
Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	0:01:00	0:02:02
Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierra del husillo	0:01:00	0:00:44
Retirar la cadena del molde	0:00:22	0:01:13
Limpieza del material restante de la producción anterior	0:01:43	0:00:00
Colocación de los fixtures del robot		0:05:16
Instalación de acoples y ajuste de las mangueras	0:00:31	0:19:32
Encender el sistema de refrigeración	0:01:45	0:00:00
Añadir el nuevo material en la tolva de la maquina		0:03:01
Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	0:01:00	0:00:35
Inspección y limpieza del área de trabajo	0:02:00	0:00:01
Cargar la configuración del nuevo producto de la base de datos de la maquina	0:04:09	0:00:00
Pruebas de temperatura y salida del producto	0:01:05	0:00:00
<b>Actividades externas</b>		
Traslado del material nuevo de producción hasta la maquina	0:05:22	0:00:00
Se guarda programación y se carga el nuevo	0:10:02	0:00:00
Retiro de unidad de inyección	0:01:25	0:00:00
Programación de robot	0:09:02	0:00:00
<b>Total</b>	<b>0:50:28</b>	<b>0:38:15</b>

Con base a estos resultados se realizó un análisis de costos de producción y se trabajó con una tabla comparativa de costos de producción, producción por día y capacidad de máquina antes de aplicar mejoras y la comparativa de capacidades y producción con mejoras aplicadas.

#### IV. CONCLUSIONES

En concreto, este proyecto nos hizo analizar y comprender métodos y herramientas de Lean Manufacturing, las cuales utilizamos para llegar al objetivo de este proyecto, el cual consistía en reducir el tiempo de un cambio de modelo en el área de accesorios en la empresa.

Haciendo uso de las diversas herramienta, se tomaron diferentes proyecciones dentro de la empresa y esto nos permitió desarrollar el análisis de los tiempos, ya que para este punto se tomaron diferentes causas, tales como falta de estandarización de la herramienta, formatos y centros de trabajo como estantería de mangueras por lo cual los técnicos no se daban el abastecimiento de hacer los cambios de moldeo de manera adecuada y efectiva, se realizó una mejora en el pizarrón Heijunka logrando que los cambios fueran planeados y plasmados con anticipación en el pizarrón. Además de estandarizar estaciones de check-list para obtener el orden y organización en estos mismos y facilitando a los técnicos el encontrar estos formatos de suma importancia.

Logrando así reducir el 40% de tiempo en un cambio de modelo que tenía establecido una meta de 200 minutos por cambio, permitiendo realizar 3 cambios por turno y obteniendo un mejor rendimiento, mayor producción y con la misma, seguridad y eficacia.

#### RECOMENDACIONES

Se le sugiere a la empresa implementar placas multi conectoras que permitirán hacer conexiones rápidas de mangueras hidráulicas. Se recomienda ejecutar placas magnéticas que permitirán tener eficacia, seguridad y simplicidad a la hora de realizar un cambio y por lo tanto se reduciría a un minuto esta actividad. Se realizó una comparación de tiempos actuales con un tiempo estimado si estas propuestas fuesen implementadas. Así mismo se realizó una tabla comparativa de la capacidad actual y con estas mejoras aplicadas. Observe tablas 12 y 13. Además, se realizó una tabla de especificaciones de las recomendaciones mencionadas. Véase Tabla 14.

#### REFERENCIAS

- [1] Cambio de moldes de inyección en 10 minutos o menos. Privarsa. 2017. <https://www.privarsa.com.mx/cambio-rapido-de-moldes-de-inyeccion>
- [2] Check list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo? (s/f). Pdcahome.com. Recuperado el 22 de octubre de 2022, <https://www.pdcahome.com/check-list/>
- [3] Checklist: ¿qué es, cuáles son los beneficios y cómo hacerlo? (2021, diciembre 1). SYDLE; Blog SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/checklist-61a786f45448461cf98f7b23/>
- [4] Definición de stock - Definicion.de. (s/f). Definición.de. Recuperado el 20 de noviembre de 2022, <https://definicion.de/stock/>
- [5] Diagrama de Gantt ¿Qué es? Ventajas y desventajas. (2020, abril 28). Administrar Proyectos. <https://administrarproyectos.com/que-es-el-diagrama-de-gantt/>
- [6] Estudio de tiempos con cronometro - Estudio del Trabajo 1. (s.f). Google.com. Recuperado el 5 de diciembre de 2022, de <https://sites.google.com/site/et111221057312211582/estudio-de-tiempos-con-cronometro>

- [7] Guerrero, J. (2017, octubre 7). Heijunka. Nivelado multiproducto. LEANROOTS. <https://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/07/heijunka-nivelado-multiproducto/>
- [8] Gus. (2021, marzo 12). SMED: una metodología para acortar los set-ups. Atlas Consultora. <https://www.atlasconsultora.com/smed/>
- [9] Latinoamérica, S. (s.f). Diagrama de Ishikawa: Qué es y cómo aplicarlo. Blog de Salesforce. Recuperado el 16 de octubre de 2022, de <https://www.salesforce.com/mx/blog/2022/01/diagrama-de-ishikawa-que-es.html>
- [10] Lean, P. (2014, abril 15). ¿Qué es SMED? Progressa Lean. <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>
- [11] Línea de tiempo. (2019, diciembre 11). Significados. <https://www.significados.com/linea-de-tiempo/>
- [12] Los 5 Porqués: La Mejor Herramienta de Análisis de Causa Raíz. (s/f). Kanban Software for Agile Project Management. Recuperado el 16 de octubre de 2022, de <https://kanbanize.com/es/gestion-lean/mejora-continua/los-5-porques-herramienta-de-analisis>
- [13] Muda - Definición. (2017, noviembre 17). Caletec. <https://www.caletec.com/glosarios/muda/>
- [14] Qué es el OEE y por qué es importante medirlo y analizarlo. (s.f). Acimplean.com. Recuperado el 20 de noviembre de 2022, de <https://acimplean.com/que-es-el-oeec-y-por-que-es-importante-medirlo-y-analizarlo/>
- [15] ¿Qué es Heijunka? (s/f). Kanbantool.com. Recuperado el 5 de diciembre de 2022, de <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-heijunka>