REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN EN MAQUINARIA DE CAJAPLAX S. A. CON LA METODOLOGÍA SMED

L. A. Hernández Sánchez[1], A. Calderón Jiménez [1], A. C. Valdés Álvarez [1], C. Méndez Rivera[1] E. González González[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/ ITS de Ciudad Serdán, Av. Instituto, Av. Tecnológico S/N, Col la Gloria, Cd Serdán

Área de participación: **Ingeniería Industrial**

Resumen

El proyecto presentado se centra en la implementación de la metodología SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para reducir los tiempos de preparación en la maquinaria de decorado de una planta de producción de envases plásticos. Se identificaron factores clave que contribuyen a los tiempos de cambio, tales como herramientas, materiales, ajustes y pruebas de calidad. Mediante la aplicación de fases preliminares, como la separación de operaciones internas y externas, y la mejora de las operaciones, se logró una reducción significativa en los tiempos de producción, lo que incrementó la eficiencia de la planta.

Palabras clave: *SMED, Tiempos de preparación, Envases plásticos, Mejora de procesos.*

Abstract

The project presented focuses on the implementation of the SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology to reduce setup times in the decorating machinery of a plastic packaging production plant. Key factors contributing to changeover times were identified, such as tools, materials, adjustments and quality tests. By applying preliminary phases, such as the separation of internal and external operations, and improving operations, a significant reduction in production times was achieved, which increased the plant's efficiency.

Key words: *SMED, Setup time, Plastic containers, Process improvement.*

Introducción

El presente artículo expone la implementación de la metodología SMED en una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos, que utiliza resinas como PET, policarbonato, polipropileno y polietileno para la producción de artículos destinados a aplicaciones médicas y de cuidado personal. Esta empresa cuenta con maquinaria avanzada que incluye procesos de inyección, estirado-soplado, extrusión-soplado, moldeo por inyección, y decoración mediante técnicas como *heat transfer* y *hot stamping*.

El objetivo principal del proyecto se centra en reducir los tiempos de preparación en el área de *Heat Transfer*, donde se identificaron ineficiencias significativas que impactaban a la productividad y los costos operativos. Se aplicó la metodología SMED con el fin de agilizar los tiempos de cambio de lote de producción en una de las seis máquinas del área, realizando pruebas piloto para luego replicarlas en el resto de los equipos. La implementación de esta técnica permitió reducir tiempos

improductivos, minimizar el tiempo ocioso y mejorar la eficiencia general del proceso, todo ello sin incurrir en costos adicionales significativos.

Metodología

El proyecto se llevó a cabo en una empresa que fabrica envases plásticos a partir de resinas higroscópicas (PET y policarbonato) y no higroscópicas (polipropileno y polietileno de alta y baja densidad) para aplicaciones médicas y de cuidado personal. La empresa cuenta con maquinaria avanzada para procesos de inyección, estirado soplado, extrusión soplo, moldeo por inyección, *blíster packs*, *hot stamping*, *heat transfer* y empacado. La transformación del plástico comienza en el área de inyección, donde se convierte la resina en envases plásticos. Luego, en la planta cuatro, se realiza el decorado y empaquetado para su envío.

El análisis se centró en el área de *Heat Transfer*, que cuenta con seis máquinas. Mediante observación directa y entrevistas con el Facilitador de producción y el Operador líder, se identificaron problemas como tiempos prolongados de preparación y grandes cantidades de tiempo ocioso, lo que elevaba los costos de producción. Para abordar estos problemas, se implementó la metodología SMED (Ver Figura 1), que busca reducir los tiempos de cambio de lote. [6] Se realizaron pruebas piloto en una máquina con el fin de replicar los resultados en las demás, optimizando así el proceso de decorado.



Figura 1. Metodología utilizada en el proyecto.

Fase Preliminar

En el área de *Heat Transfer* puede trabajar una sola máquina o incluso estar funcionando hasta las seis al mismo tiempo, dependiendo de la cantidad de demanda. El tiempo que se tiene para producir en una jornada laboral es de 8.5 hrs., de las cuales, los tiempos de cambio representan 0.4709 hrs. o 28.254 min., por lo que prácticamente la máquina tiene un porcentaje efectivo de producción del 94.46% y un 5.54% no agrega valor al producto. En la Tabla 1 se muestra el resumen de estos tiempos al funcionar una sola máquina y cuando están funcionando las seis al mismo tiempo, con cálculos por jornada y durante todo un año, de esta manera se dimensiona el tiempo improductivo que generan los cambios del lote, representando una pérdida de tiempo considerable.

Tabla 1. Datos del tiempo de cambio de lote.

No. Maquinas	% sobre jornada laboral (8.5 Horas)	Anualmente en horas. (52 Semanas)
1	5.54%	122.46
6	33.24%	734.76

Se analizó las operaciones y se determinó que existen cuatro factores principales en los cuales se divide el tiempo de cambio de lote de producción de la máquina *Heat Transfer*. A continuación, se describe cómo puede afectar cada uno de ellos en la operación:

Herramienta: para transferir la imagen en el frasco 850 se utiliza una calca, pero no se cuenta con la herramienta necesaria para hacer el cambio de estas, así como para realizar el posicionamiento del mandril y la manipulación de los ajustes de la maquinaria.

Materiales: al terminar de producir un lote del de producción, no se tiene a la mano la materia prima e insumos utilizados para el siguiente lote de producción, por lo que en ese momento se debe solicitar a Almacén.

Ajustes: se debe posicionar y ajustar el mandril para posteriormente ajustar la calca para poder ejecutar la impresión, pero estas actividades se llevan de manera empírica, por lo que se tienen muchos reajustes. Además, la forma del mandril y el tipo de calca influyen, y en algunas ocasiones se rompe la calca, generando una merma.

Pruebas de calidad: una vez que se termina de imprimir el lote de frascos, se le debe hacer una prueba de calidad para poder autorizar el siguiente lote, en ocasiones el analista no se encuentra, por lo que se tienen tiempos de espera, muchos de estos mencionados se encuentran entre los 7 grandes desperdicios. [2]

Para poder visualizar el tiempo que representa cada uno de estos factores, se realizó un estudio de tiempos [4], el cual se puede apreciar en la Tabla 2, visualizando que los factores que más tiempo representan son el ajuste del mandril y la calca, así como de las pruebas de calidad.

Tabla 2. Datos del tiempo de cambio de lote.

No.	Herramienta	Materiales	Ajustes		Pruebas	Tiempo de ciclo
			Mandril	Calca	Calidad	
1	187.87	98.93	355.97	240.31	1,093.13	1,976.21
2	167.16	42.99	513.39	275.55	1,197.64	2,196.73
3	15.75	46.84	448.67	229.86	633.39	1,374.51
29	72.15	89.14	486.98	286.17	750.87	1,685.31
30	155.12	45.9	501.1	256.11	807.05	1,765.28
Total:	3,474.63	3,963.43	13,663.39	7,092.81	22,699.26	50,893.52
Promedio en Segundos:	115.82	132.11	455.44	236.42	756.64	1,696.43
Promedio en Horas:	0.032	0.036	0.126	0.065	0.21	0.471

Aparte del tiempo, es importante considerar las veces que se presentan incidencias que ocurren en cada factor, por lo que se requiere determinar la frecuencia de cada una de estas, para ello se utilizó una lista de verificación, en la cual se recolectaron las frecuencias ocurridas durante 2 semanas, con la información obtenida se realizó un gráfico de Pareto, ya que este permite determinar cuáles son los factores que tienen mayores incidencias y centrar nuestros esfuerzos en estas para mejorar sus tiempos, [3] el gráfico de Pareto se muestra en la Figura 2, se puede observar que los factores que tienen más incidencias son los del ajuste del mandril, el cual representa un 37.2% de las incidencias totales y el ajuste por calca, el cual representa un 25.1%, por lo cual, si las mejoras se enfocan en estos factores, se podrá tener un impacto en el 62.3% de las incidencias totales.

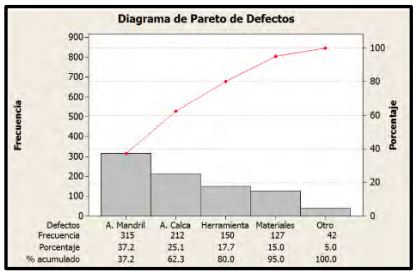


Figura 2. Gráfico de Pareto de incidencias o defectos en cada factor.

El método actual del uso de la máquina de transferencia lo realiza una sola persona. Mediante observación directa y con apoyo de vídeos, se identificaron las tareas que conforman el cambio del lote de producción, estas se dividen en 107 actividades, de las cuales muchas son muy repetitivas y pueden ser disminuidas o eliminadas, según sea el caso. En la Tabla 3 se encuentran enlistadas todas las actividades que conforman el cambio de lote de producción, desde la primera que es el ajuste de la temperatura hasta la última que es el arranque de producción del siguiente lote.

Tabla 3. Operaciones de método actual.

Etapa preliminar: SMED							
Área:	Heat Transfer	Maquina:	Herramientas requeridas:	No.	Operación	No.	Operación
Realiza:	Luis Alberto Hdz. Sánchez	HT-03	Juego de llaves allen, Cúter	35	Reubica posicionamiento de mandril	72	Habilita tensión en calca
Proceso actual				36	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	73	Ajusta temperatura
No.	Operación			37	Reubica posicionamiento de mandril	74	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión
1	Ajusta la temperatura			38	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	75	Realiza segunda prueba de impresión
2	Inhabilita tensión en calca			39	Reubica posicionamiento de mandril	76	Retira frasco 850 decorado de mandril
3	Busca herramienta (Cúter)			40	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica	77	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco
4	Corta calca de arte actual			41	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica	78	Ajusta meza
5	Reacomoda calca en el rollo de arte actual			42	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	79	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión
6	Retira basura de calca de arte actual			43	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	80	Realiza tercera prueba de impresión
7	Busca herramienta (Llave allen)			44	Ajusta meza	81	Retira frasco 850 decorado de mandril
8	Retira tornillo allen del R.C.A.A.			45	Realiza despeje de área	82	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco
9	Retira resorte de apoyo al R.C.A.A.			46	Surte frasco, R.C.N.A. y R.D.C.D.N.A	83	Ajusta meza
10	Retira disco de R.C.A.A.			47	Coloca en posición R.C.N.A	84	Deshabilita tensión en calca
11	Retira R.C.A.A.			48	Coloca disco de R.C.N.A.	85	Ajusta temperatura
12	Sella R.C.A.A.			49	Busca herramienta (Llave allen)	86	Busca herramienta (Llave allen)
13	Desamarra R.D.C.D.A.A.			50	Coloca resorte de apoyo a R.C.N.A.	87	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril
14	Corta basura de R.D.C.D.A.A.			51	Ajusta T.A. en R.C.N.A.	88	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril
15	Sella R.D.C.D.A.A.			52	Atornilla T.A. en R.C.N.A.	89	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera fija
16	Retira basura de R.D.C.D.A.A.			53	Coloca en posición calca del nuevo arte	90	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera fija
17	Busca herramienta (Llave allen)			54	Ajusta calca del nuevo arte	91	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril
18	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril			55	Introduce R.D.C.D.N.A.	92	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril
19	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril			56	Amarra R.D.C.D.N.A.	93	Habilita tensión en calca
20	Retira T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril			57	Habilita tensión en calca	94	Ajusta temperatura
21	Retira T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril			58	Ajusta temperatura	95	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión
22	Retira guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho			59	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión	96	Realiza cuarta prueba de impresión
23	Retira guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo			60	Realiza primera prueba de impresión	97	Retira frasco 850 decorado de mandril
24	Retira mandril de arte actual			61	Retira frasco 850 decorado de mandril	98	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco
25	Busca mandril de N.A.			62	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco	99	Realiza prueba de calidad con la cuarta prueba
26	Saca mandril de N.A.			63	Deshabilita tensión en calca	100	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión
27	Coloca mandril de N.A. en meza sin ningún posicionamiento			64	Ajusta temperatura	101	Ajusta meza
28	Guarda mandril de arte actual			65	Busca herramienta (Llave allen)	102	Ajusta presión
29	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica			66	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	103	Realiza quinta prueba de impresión
30	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica			67	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	104	Retira frasco 850 decorado de mandril
31	Ajusta meza			68	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica	105	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco
32	Ajusta presión			69	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica	106	Realiza prueba de calidad con la quinta prueba
33	Prueba nivel de presión			70	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	107	Arranca lote de producción
34	Revisa posicionamiento de mandril con silicón de manera empírica			71	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	T.A. Tornillos allen	
R.C.A.A. Rollo de calca de arte actual		R.C.N.A. Rollo de calca de nuevo arte		R.D.C.D.A.A. Rollo de codigo de arte actual		R.D.C.D.N.A. Rollo de codigo de nuevo arte	

Fase 1. Separar operaciones internas de las externas

Posteriormente realizo un estudio de tiempos de todas las actividades y se procedió a separarlas en operaciones internas y externas, para ello fue necesario trabajar junto con el Líder del proceso de *Heat Transfer* y una Ajustadora, los cuales tienen un amplio conocimiento sobre el proceso de cambio de lote de producción, así como de la maquinaria, herramentales y los procesos necesarios para realizar un arte de impresión en el frasco 850. Apoyaron corroborando la división de las operaciones para determinar cuáles pueden ser consideradas como internas y externas. Al realizar la clasificación, 97 actividades fueron consideradas como internas que representan 47.01 min., y 10 como externas con un tiempo de 0.83 min., representando un total de cambio de lote de producción de 47.84 min. Dicho tiempo puede reducirse a 47.01 min., que es lo que duran las actividades internas, ya que las externas se pueden realizar mientras la máquina esté funcionando y no afectarían el tiempo de cambio, reduciéndolo en un 1.73%. La información se puede visualizar en la Tabla 4, en la cual se aprecia la separación de las actividades internas de las externas.

Tabla 4. Identificación de las actividades internas y externas.

Fase 1: SMED													
Área:	Heat Transfer	Maquina:	Herramientas requeridas:	Tiempo de cambio:	No.	Operación	Interno	Externo	No.	Operación	Interno	Externo
Realiza:	Luis Alberto Hdz. Sánchez	HT-03	Juego de llaves allen, Cúter	47.84 min	35	Reubica posicionamiento de mandril	16.39		72	Habilita tensión en calca	3.7	
Proceso actual				Tiempo actual	36	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	6.1		73	Ajusta temperatura	15.18	
No.	Operación			Interno / Externo	37	Reubica posicionamiento de mandril	13.25		74	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión	4.4	
1	Ajusta la temperatura			7.22	38	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	6.1		75	Realiza segunda prueba de impresión	6.1	
2	Inhabilita tensión en calca			4.1	39	Reubica posicionamiento de mandril	5.23		76	Retira frasco 850 decorado de mandril	1.85	
3	Busca herramienta (Cúter)			6.46	40	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica	8.5		77	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco	8.73	
4	Corta calca de arte actual			3.2	41	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica	7.45		78	Ajusta meza	9.61	
5	Reacomoda calca en el rollo de arte actual			7.6	42	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	9.6		79	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión	3.6	
6	Retira basura de calca de arte actual			36.39	43	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	9.2		80	Realiza tercera prueba de impresión	6.1	
7	Busca herramienta (Llave allen)			6.51	44	Ajusta meza	7.5		81	Retira frasco 850 decorado de mandril	1.5	
8	Retira tornillo allen del R.C.A.A.			8.9	45	Realiza despeje de área	348.69		82	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco	9.68	
9	Retira resorte de apoyo al R.C.A.A.			3.2	46	Surte frasco, R.C.N.A. y R.D.C.D.N.A	131.28		83	Ajusta meza	8.29	
10	Retira disco de R.C.A.A.			3.4	47	Coloca en posición R.C.N.A	5.9		84	Deshabilita tensión en calca		3.1
11	Retira R.C.A.A.			5.7	48	Coloca disco de R.C.N.A.	3.6		85	Ajusta temperatura		5.4
12	Sella R.C.A.A.			2.5	49	Busca herramienta (Llave allen)	6.5		86	Busca herramienta (Llave allen)	6.46	
13	Desamarra R.D.C.D.A.A.			8.3	50	Coloca resorte de apoyo a R.C.N.A.	5.2		87	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	9.85	
14	Corta basura de R.D.C.D.A.A.			4.2	51	Ajusta T.A. en R.C.N.A.	2.54		88	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	9.1	
15	Sella R.D.C.D.A.A.			2.3	52	Atornilla T.A. en R.C.N.A.	8.6		89	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera fija	8.6	
16	Retira basura de R.D.C.D.A.A.			9.1	53	Coloca en posición calca del nuevo arte	5.2		90	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera fija	8.2	
17	Busca herramienta (Llave allen)			6.36	54	Ajusta calca del nuevo arte	20.01		91	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	11.74	
18	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril			8.51	55	Introduce R.D.C.D.N.A.	8.1		92	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	9.1	
19	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril			8.47	56	Amarra R.D.C.D.N.A.	9.7		93	Habilita tensión en calca	2.94	
20	Retira T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril			2.3	57	Habilita tensión en calca	4.1		94	Ajusta temperatura	5.6	
21	Retira T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril			1.8	58	Ajusta temperatura	12.2		95	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión	4.4	
22	Retira guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho			3.7	59	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		5.3	96	Realiza cuarta prueba de impresión	6.1	
23	Retira guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo			4.12	60	Realiza primera prueba de impresión		6.1	97	Retira frasco 850 decorado de mandril	1.23	
24	Retira mandril de arte actual			10.75	61	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.3	98	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco	8.65	
25	Busca mandril de N.A.			22.68	62	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco		7.98	99	Realiza prueba de calidad con la cuarta prueba	1000.8	
26	Saca mandril de N.A.			8.65	63	Deshabilita tensión en calca		3.12	100	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión	3.56	
27	Coloca mandril de N.A. en meza sin ningún			6.35	64	Ajusta temperatura		5.03	101	Ajusta meza	9.13	
28	Guarda mandril de arte actual			19.47	65	Busca herramienta (Llave allen)	6.52		102	Ajusta presión	12.3	
29	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica			4.3	66	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	8.51		103	Realiza quinta prueba de impresión	6.1	
30	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica			3.9	67	Desatornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	8.48		104	Retira frasco 850 decorado de mandril	2.31	
31	Ajusta meza			26.42	68	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica	2.1		105	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco	10.14	
32	Ajusta presión			17.56	69	Reubica guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica	2.5		106	Realiza prueba de calidad con la quinta prueba	619.92	
33	Prueba nivel de presión			6.1	70	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril	9.4		107	Arranca lote de producción	0	
34	Revisa posicionamiento de mandril con silicón de manera empírica			8.47	71	Atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril	9.54		T.A. Tornillos allen			
R.C.A.A. Rollo de calca de arte actual			R.C.N.A. Rollo de calca de nuevo arte		R.D.C.D.A.A. Rollo de codigo de arte actual				R.D.C.D.N.A. Rollo de codigo de nuevo arte			

Fase 2. Convertir actividades internas en externas

En la segunda fase es necesario poder convertir operaciones internas en externas, para ello, se identificaron las tareas que podrían cumplir con esto sin afectar el funcionamiento correcto del proceso operacional del arte de impresión del frasco 850. Para poder realizar esta conversión se requirió consultar a la Ajustadora, así como a Colaboradoras y Líder del proceso, dado que su experiencia juega un papel muy importante para las acciones de esta fase. Al concluir esta etapa, se permitirá reducir el tiempo de preparación, resaltando que hasta el momento no se requiere de inversión alguna. En esta fase se pasó a tener 41 actividades internas, las cuales representan 14.92 min. y 35 externas con una duración de 31.70 min., reduciendo el cambio de lote de producción total a 46.62 min. Observamos que dicho tiempo puede reducirse a 14.92 min., que es el tiempo que duran las actividades internas, reduciendo el tiempo de cambio de lote de producción en un 68.82%, con respecto al inicial (47.84 min.). En la Tabla 5 se puede visualizar las actividades convertidas de internas a externas.

Tabla 5. Conversión de actividades internas en externas.

Fase 2: SMED													
Área:	Heat Transfer	Maquina:	Herramientas requeridas:	Tiempo de cambio:		No.	Operación	Interno	Externo	No.	Operación	Interno	Externo
Realiza:	Luis Alberto Hdz. Sánchez	HT-03	Juego de llaves allen, Cúter	46.62 min		25	Revisa posicionamiento de mandril con silicón de manera empírica	8.47		52	Realiza segunda prueba de impresión		6.1
Proceso actual				Tiempo actual		26	Reubica posicionamiento de mandril	16.39		53	Retira frasco 850 decorado de mandril		1.85
No.	Operación			Interno	Externo	27	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	6.1		54	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco		8.73
1	Ajusta la temperatura				7.22	28	Reubica posicionamiento de mandril	13.25		55	Ajusta meza		9.61
2	Deshabilita tensión en calca				4.1	29	Prueba posicionamiento de silicón con mandril	6.1		56	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		3.6
3	Corta calca de arte actual			3.2		30	Reubica posicionamiento de mandril	5.23		57	Realiza tercera prueba de impresión		6.1
4	Reacomoda calca en el rollo de arte actual			7.6		31	Reubica guarda y atornilla T.A. de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica	18.1		58	Retira frasco 850 decorado de mandril		1.5
5	Retira basura de calca de arte actual			36.39		32	Reubica guarda y atornilla T.A. de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica	16.65		59	Revisa el posicionamiento del nuevo arte en frasco		9.68
6	Retira tornillo allen y resorte de apoyo del R.C.A.A.			12.1		33	Ajusta meza	7.5		60	Ajusta meza		8.29
7	Retira disco de R.C.A.A.			3.4		34	Realiza despeje de área	348.69		61	Desatornilla T.A. reubica guarda de manera fija y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril		30.19
8	Retira R.C.A.A.			5.7		35	Surte frasco 850, R.C.N.A. y R.D.C.D.N.A	131.28		62	Desatornilla T.A. reubica guarda de manera fija y atornilla T.A. de seguridad en meza		26.4
9	Sella R.C.A.A.			2.5		36	Coloca en posición R.C.N.A	5.9		63	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.4
10	Desamarra R.D.C.D.A.A.			8.3		37	Coloca disco de R.C.N.A.	3.6		64	Realiza cuarta prueba de impresión		6.1
11	Corta basura de R.D.C.D.A.A.			4.2		38	Coloca resorte de apoyo a R.C.N.A.	5.2		65	Retira frasco 850 decorado de mandril		1.23
12	Sella R.D.C.D.A.A.			2.3		39	Ajusta y atornilla T.A. en R.C.N.A.	11.14		66	Revisa el posicioncmiento del nuevo corte en frasco		8.65
13	Retira basura de R.D.C.D.A.A.			9.1		40	Ajusta calca del nuevo corte	25.21		67	Recliza prueba de calidad con la cuarta prueba		1000.8
14	Desatornilla, retira T.A. y retira guarda de seguridad en meza lado derecho del mandril			14.51		41	Habilita tensión en calca	4.1		68	Coloca frcsco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		3.56
15	Desatornilla,retira T.A. y retira guarda de seguridad en meza lado izquierdo del mandril			14.39		42	Ajusta temperctura	12.2		69	Ajusta meza		9.13
16	Retira mandril de corte actual			10.75		43	Introduce RD.C.D.N.A.		8.1	70	Ajusta presión		12.3
17	Busca y saca mandril de N.A.			31.33		44	Amarra R.D.C.D.N.A.		9.7	71	Ajusta temperctura		9.71
18	Coloca mandril de N.A. en meza sin ningún posicionamiento			6.35		45	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		5.3	72	Realiza quinta prueba de impresión		6.1
19	Guarda mandril de corte actual			19.47		46	Realiza primera prueba de impresión		6.1	73	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.31
20	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado derecho de manera empírica			4.3		47	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.3	74	Revisa el posicioncmiento del nuevo corte en frasco		10.14
21	Coloca guarda de seguridad de mandril en meza lado izquierdo de manera empírica			3.9		48	Revisa el posicionamiento del nuevo corte en frasco		7.98	75	Realiza prueba de calidad con la quinta prueba		619.92
22	Ajusta meza			26.42		49	Desatornilla T.A. reubica guarda mcnera empírica y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho del mandril		20.01	76	Arranca lote de producción	0	
23	Ajusta presión			17.56		50	Desatornilla T.A. reubica guarda manera empírica y atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo del mandril		20.52				
24	Prueba nivel de presión			6.1		51	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.4		T.A. Tornillos allen		
R.C.A.A. Rollo de calca de arte actual			R.C.N.A. Rollo de calca de nuevo arte			R.D.C.D.A.A. Rollo de codigo de arte actual				R.D.C.D.N.A. Rollo de codigo de nuevo arte			

Fase 3. Mejorar todas las operaciones del cambio de presentación

Después de realizar la separación de las actividades internas y externas, estas se deben mejorar, para reducir aún más el tiempo de cambio de lote. Para ello, se analizó entre otras, algunas de las herramientas de Manufactura esbelta, las cuales permitieron reducir el tiempo de las operaciones internas y externas considerablemente, a continuación, se describe cada una de ellas.

Layout

Por la emergencia sanitaria (SAR-COV-2) se fusionaron la planta dos con la cuatro, debido al giro de esta, hubo un incremento de procesos, así como de personal, maquinaria y equipos de apoyo a los procesos recién removidos. La distribución actual de la empresa se visualiza en la Figura 3, la cual está dividida en dos áreas: Área 1 (integrada por *Heat Transfer*, etiquetado y empaque) y Área 2 (incluye el área de Empaque, la cual no cuenta con su adecuada asignación).

Debido al incremento de la demanda actual de la empresa, es necesario un mayor espacio para el área de *Heat Transfer*, por lo que una redistribución de la planta puede ayudar a tener un mejor tiempo de respuesta para el cambio de lote de producción. [1]

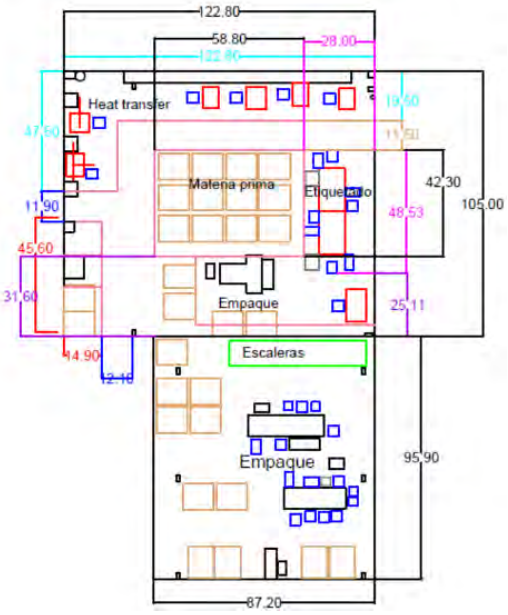


Figura 3. Distribución actual de la planta.

Kanban

Actualmente se manejan órdenes de producción, pero solo las conoce Planeación, Facilitadores, Almacén y Líder del proceso, dicha orden contiene únicamente el tamaño del lote de producción, así como los días teóricos de producción, entre otra información relacionada con el lote. Por confidencialidad de la empresa, no se mostrarán los datos reales de la demanda del frasco 850 así como de su variación.

Se propone el uso de tarjetas *kanban* de producción dentro del proceso, estas funcionarán de acuerdo al tamaño del lote de producción y a los estándares ya establecidos por el mismo personal de facilitadores de las piezas realizadas por jornada laboral. Estas tarjetas las deberán tener las Colaboradoras y Decoradoras del proceso, de esta manera se conocerá de manera anticipada su cambio de lote de producción, por lo que todos los requerimientos y operaciones de este proceso se podrán llevar a cabo de una manera más efectiva. [5] En la Figura 4 se muestra la propuesta de la tarjeta *kanban* a utilizar junto con su información requerida, esta tendrá una fácil comprensión, será realizada por Planeación, registrará la información administrativa a la que tiene acceso junto con el Facilitador, se programará mediante el estándar del producto, jornada laboral y lote de producción. La tarjeta *kanban* controlará que no haya sobreproducción y reducirá el tiempo ocioso utilizado en las actividades, esta se implementará con la finalidad de programar, anticipar y preparar el siguiente lote de cambio de producción.

CAJAPLAX	TARJETA KANBAN		P4
	Proceso:	1	Lote: 3
	ODP:	2	Clave: 4
Producto:	5		
Días de producción: 6	Inicio: 7		Termino: 8
	No. Maquinas:		9
Cantidad a producir (por maquina):	Maquina 1: 10		
	Maquina 2: 10		
Ayuda visual del arte:			
11		12	

Figura 4. Propuesta de tarjeta *kanban* de producción.

Poka Yoke

Se realizó un análisis y se visualizó que la mayor parte del tiempo de los ajustes son debidos al posicionamiento del mandril, ya que estos se realizan de manera empírica, repitiéndose varias veces, ya que no existe un estándar de colocación, presentando desniveles. Cabe mencionar que esta tarea juega un papel muy importante para de la decoración de los frascos 850, por lo que se requiere mejorar dicha operación, para ello se propone utilizar un *poka yoke* de posicionamiento, de esta manera se puede reducir los ajustes innecesarios, en la Figura 5 se muestra una foto de la máquina, en ella se observa que en la mesa se coloca el mandril del arte que se va a decorar, sin manejar ningún estándar y/o ayuda visual que ayuden a que el ajuste se lleve a cabo correctamente y de manera rápida y fija, posteriormente se barrena para insertar los tornillos allen, para que las guardas de seguridad fijen el mandril, dichos barrenos no están en sintonía con la posición del mandril, los tornillos en la mesa generan un desgaste de los metales significativo día con día, lo cual afecta para tener un ajuste adecuado.

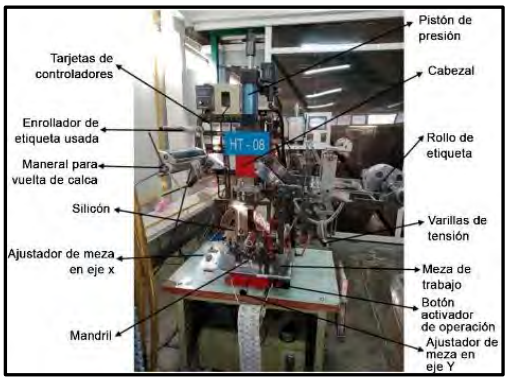


Figura 5. Componentes de máquina HT-08.

Resultados y discusión

SMED

Para tener una mejor organización, comprensión y utilización de esta metodología, en la Tabla 6 se muestran las actividades mejoradas tanto internas como externas, las cuales se visualizan de la siguiente manera:

- Tiempo 0: En este tiempo se distribuirá la tarjeta *kanban,* a las partes involucradas (Facilitadores, líder de proceso y colaboradoras), esto permitirá conocer el próximo arte a decorar, por lo que se podrá tener su previa preparación del lote de producción.
- Tiempo 1: Se efectúa el cambio de lote de producción, es decir, se realiza el desmontaje de arte actual y se realiza el despeje de área, para dar continuidad al siguiente tiempo.
- Tiempo 2: Se realiza montaje del nuevo arte, ajustando la maquinaria con el mismo y para así hacer las debidas pruebas con el departamento de calidad, para el arranque de producción.
- Tiempo 3: Se termina el proceso de cambio de lote producción, garantizando por el departamento de calidad su aceptación para su arranque de producción, del nuevo arte.

En esta fase se pasó a tener 27 actividades internas, las cuales representan 13.08 min. y 37 externas con una duración de 21.40 min., reduciendo el cambio de lote de producción total a 34.48 min. Observamos que dicho tiempo puede reducirse a 13.08 min., que es el tiempo que duran las actividades internas, acortando el tiempo de cambio de lote de producción en un 72.67%, con respecto al inicial (47.84 min.).

Tabla 6. Mejorar operaciones tanto internas como externas.

Fase 3: SMED												
Área:	Heat Transfer	Maquina:	Herramientas requeridas:	Tiempo de cambio:	No.	Operación	Interno	Externo	No.	Operación	Interno	Externo
Realiza:	Luis Alberto Hdz. Sánchez	HT-03	Juego de llaves allen, Cúter	34.48 min	20	Coloca guarda y atornilla T.A. de seguridad de mandril en meza lado izquierdo	17.48		43	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho		15.86
Tiempo 0:		Entrega de tarjeta Kanban a decoradora			21	Realiza despeje de área	389.6		44	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo de manera empírica		15.88
Tiempo 1:		Realizar desmontaje de arte actual / Despeje de área			22	Surte frasco 850, R.C.N.A. y R.D.C.D.N.A.	140.6		45	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.35
Proceso futuro			Tiempo futuro		Tiempo 2:	Realizar montaje de nuevo arte / Ajustar y hacer pruebas			46	Realiza segunda prueba de impresión		4.3
No.	Operación		Interno	Externo	23	Coloca en posición R.C.N.A	3.96		47	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.09
1	Ajusta la temperatura			5.94	24	Coloca disco de R.C.N.A.	2.98		48	Revisa el decorado		7.38
2	Deshabilita tensión en calca			3.56	25	Coloca resorte de apoyo a R.C.N.A.	3.48		49	Ajusta meza		10.35
3	Corta calca de arte actual		3.01		26	Ajusta y atornilla T.A. en R.C.N.A.	10.31		50	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho		14.78
4	Reacomoda calca en el rollo de arte actual		7.02		27	Busca tensión adecuada en varillas de maquina	22.64		51	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo		17.39
5	Retira basura de calca de arte actual		29.58		28	Habilita tensión en calca	3.21		52	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.08
6	Retira tornillo allen y resorte de apoyo del R.C.A.A.		10.67		29	Introduce R.D.C.D.N.A.		5.23	53	Realiza tercera prueba de impresión		4.3
7	Retira disco de R.C.A.A.		3.2		30	Amarra R.D.C.D.N.A.		6.54	54	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.03
8	Retira R.C.A.A.		4.68		31	Ajusta presión		16.76	55	Revisa el decorado		8.58
9	Sella R.C.A.A.		2.03		32	Ajusta meza		7.68	56	Ajusta tensión en calca		7.64
10	Desamarra R.D.C.D.A.A.		8.01		33	Ajusta tensión en calca		4.03	57	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho de manera fija		20.65
11	Corta basura de R.D.C.D.A.A.		3.95		34	Desatornilla T.A., reubica posicionalmiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado derecho		17.73	58	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo de manera fija		21.02
12	Sella R.D.C.D.A.A.		2.01		35	Desatornilla T.A; reubica posicionamiento de mandril y guarda de seguridad, y atornilla T.A. de seguridad en meza lado izquierdo		17.89	59	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.38
13	Retira basura de R.D.C.D.A.A.		8.97		36	Coloca frasco 850 virgen en mandril para prueba de impresión		4.21	60	Realiza cuarta prueba de impresión		4.3
14	Desatornilla, retira T.A. y retira guarda de seguridad en meza lado derecho del mandril		12.32		37	Realiza primera prueba de impresión		4.3	61	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.05
15	Desatornilla, retira T.A. y retira guarda de seguridad en meza lado izquierdo del mandril		12.68		38	Retira frasco 850 decorado de mandril		2.19	62	Revisa el decorado		12.38
16	Retira y guarda mandril de arte actual		29.76		39	Revisa el decorado		6.78	63	Realiza prueba de calidad con la cuarta prueba		977.72
17	Busca y saca mandril de N.A.		29.53		40	Ajusta presión		7.22	Tiempo 3:	Arranca lote de producción		
18	Coloca mandril de N.A. en meza		6.38		41	Ajusta meza		8.2	64	Arranca lote de producción	0	
19	Coloca guarda y atornilla T.A. de seguridad de mandril en meza lado derecho		16.51		42	Ajusta tensión en calca		4.38	T.A. Tornillos allen			
R.C.A.A. Rollo de calca de arte actual			R.C.N.A. Rollo de calca de nuevo arte			R.D.C.D.A.A. Rollo de codigo de arte actual				R.D.C.D.N.A. Rollo de codigo de nuevo arte		

Para poder apreciar de una forma más clara la reducción significativa al implementar el SMED, se presenta la Tabla 7, en la cual se compara la situación actual con la futura. El porcentaje efectivo de producción subiría de 94.46% a 98.49%. Considerando que se estarán utilizando las 6 máquinas *Heat transfer,* esto debido al incremento de demanda por la pandemia, la empresa se ahorraría en tiempos de cambio 2.0556 hrs. diarias, lo que es equivalente a 41.112 hrs. mensuales o 2,137.824 hrs. anuales.

Tabla 7. Comparativa de resultados obtenidos.

	Porcentaje efectivo producción	No agrega valor al producto
Situación actual	94.46%	5.54%
Después de aplicar SMED	98.49%	1.51%

Redistribución

En la redistribución propuesta (Ver Figura 6) se tendrá operando las seis máquinas constantemente debido al incremento de la demanda, esta se dividirá en las dos áreas de la siguiente manera: Área 1 (se encontrará el área de *Heat transfer* y Etiquetado) y Área 2 (incluye el proceso general de Empaque con su debida designación de materia prima, Corrugado y Producto determinado).

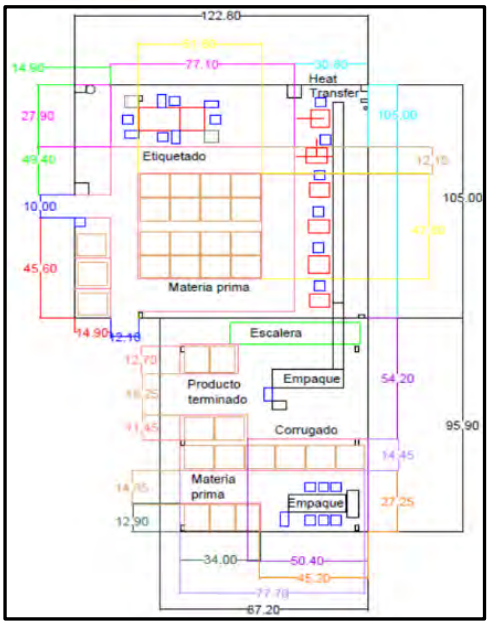


Figura 6. Distribución propuesta de la planta.

Entre las mejoras principales a obtener, se explican a continuación:

- Se tendrá un área más despejada en el área de Almacén, lo cual mejorará el flujo de los productos.
- Se combinará la banda que se utiliza actualmente, la cual mide 9 m. y mediante el apoyo de coordinación general de la planta se pone a disposición otra banda de 3 m., ambas se pueden fusionar transportando el producto manera lineal, esto permitirá cambiar la posición del área de producto terminado, la cual se encontrará al final de la banda. Al moverse los productos sobre dicha banda, permitirá realizar el empaque de estos para que posteriormente sean entarimados y liberados por el departamento de calidad.
- El área Central estará destinada a la materia prima de los dos procesos propuestos en la redistribución, por lo que se reajustará la posición de las tarimas, lo que permitirá la accesibilidad del personal operativo.
- Todo lo antes mencionado repercutirá en la reasignación de actividades para los trabajadores, al funcionar las seis máquinas se podrá reducir de 12 personas requeridas por día a solo 10, dicha información se resume en la Tabla 8.
- Se reducirá el tiempo de respuesta tanto en Decorado cómo en Empaque y sus debidas actividades.

Tabla 8. Resultados de la redistribución.

	Personal		No. de maquinas
	Decoradora	Apoyo	
Actual	6	6	6
Layout	6	4	6
Diferencia	0	2	0

Kanban

En la Figura 7 se muestra un ejemplo del llenado de la tarjeta *kanban*, en esta se incluye: el proceso de etiquetado, datos administrativos del seguimiento de la orden de producción, producto a etiquetar, días de producción, inicio y término de producción, cantidad a producir por máquina,

tamaño del lote de producción ordenado y los estándares establecidos por los facilitadores de acuerdo al producto.



Figura 7. Ejemplo de llenado tarjeta Kanban.

La tarjeta se entregará por lote de producción para tener un mejor seguimiento, con dicha información se reducirá el tiempo del cambio, esto debido a que ya se conocerá el material necesario a utilizar, lo que se evitará la sobreproducción y se tendrá programado al personal de manera constante, reduciendo los tiempos ociosos.

Poka Yoke

En la Figura 8 se presenta la propuesta del dispositivo *poka yoke*, estará conformado por una placa metálica (acero al carbón) de 5/8 de espesor, con componentes cómo tornillos de agarre y barras guía. Se utiliza para asegurar el mandril de manera correcta y evitar errores de posicionamiento.

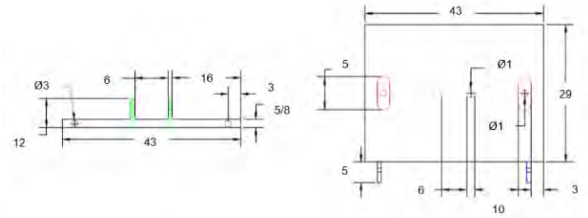


Figura 8. Ejemplo de llenado tarjeta *Kanban*.

En la Figura 9 se visualiza la vista frontal y superior de la propuesta del *poka yoke* para el mandril. Esta detalla cómo se posicionará el mandril sobre la mesa de trabajo y cómo el dispositivo *poka yoke* eliminará operaciones de reajuste, reduciendo los tiempos de ajuste en los cambios de lote en un tiempo estimado de 12.63 min., asegurándolo con una tuerca de seguridad para que este no tenga movimiento.

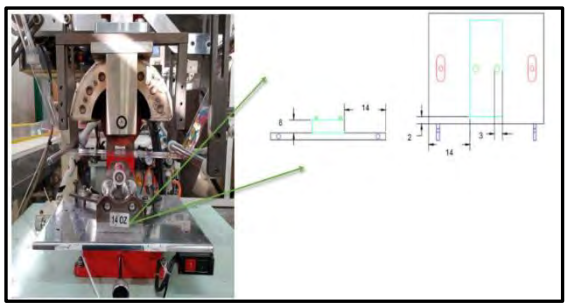


Figura 9. Propuesta de *poka yoke*, vista frontal y vista superior.

Trabajo a futuro

Contar con el herramental adecuado es esencial para evitar pérdidas de tiempo en la producción. La falta de estas herramientas lleva a que las colaboradoras adquieran materiales de baja calidad, lo que provoca roturas y desgaste. Se recomienda que la empresa proporcione el herramental necesario mediante un sistema de vales de resguardo que responsabilice a las colaboradoras de su uso y seguimiento. Implementar estas herramientas mejorará los tiempos de cambio de lote y producción, y su aplicación puede extenderse a otras áreas de la planta. Además, una buena comunicación entre departamentos es clave para mantener el orden y la imagen de la empresa durante auditorías y visitas.

Conclusiones

La implementación de la metodología SMED en la planta de producción de envases plásticos de Cajaplax S. A. ha demostrado ser altamente efectiva para reducir los tiempos de preparación en el área de *Heat Transfer*. Al identificar factores clave cómo herramientas, materiales, ajustes y pruebas de calidad, y aplicar fases preliminares cómo la separación de operaciones internas y externas, se logró una mejora significativa en la eficiencia del proceso. La reducción de tiempos improductivos y la optimización de los cambios de lote no solo aumentaron la productividad, sino que también permitieron una mejor organización del flujo de trabajo, lo cual es replicable en otras áreas de la planta. Este enfoque garantiza una mayor competitividad y optimización de los recursos operativos.

Referencias

[1] C. Lucar Romero y R. del Pilar Romero Vásquez, *Redistribución de planta para elevar la eficiencia de la producción en la fábrica Grupo Italtacones, Trujillo,2019*, Universidad Privada del Norte, 2020.

[2] F. Guevara Sánchez, *Lean Manufacturing: Los Siete Desperdicios Mortales y Cómo Eliminarlos Eficazmente*. Hoopla, 2019.

[3] H. G. Espinoza Gonzales, *Análisis y aplicación mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta en el proceso productivo de la planta de inyección de plásticos de Faber-Castell*, Univ. de Lima, 2019.

[4] L. C. Palacios Acero, *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones, 2020.

[5] L. Castellano Lendínez, *Kanban: Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos*, 3C Tecnología, 2019.

[6] M. Chávez y R. Mamani, *La metodología SMED para la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica*, Universidad César Vallejo, 2019.