

CAPÍTULO 5

Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

5.1 Análisis de alternativa 1. Balanceo con tiempos cronometrados

Una vez que ya se conoce la situación del estado actual se plantean diferentes alternativas de mejora para incrementar la productividad, tomando como indicador el número de convertidores catalíticos por operador. También se necesita comprobar que cada alternativa cumpla con un índice de rentabilidad superior al 12 %, como se especificó en los objetivos de la presente tesis.

La primera alternativa que propongo consiste en balancear la línea de producción con los tiempos cronometrados ya que actualmente trabajan 18 operadores al día pero este análisis analizará si es posible que se trabaje con menos operadores y así incrementar el indicador de convertidores catalíticos por operador, es decir, la productividad.

Para balancear la línea se requirió de un resumen general de operaciones ya que, como su nombre lo dice, muestra un resumen del estudio de tiempos y balanceo de la línea del convertidor catalítico. Aquí se muestra el tiempo por pieza, iguala de tacto, así como la capacidad máxima de cada operación para producir los convertidores catalíticos durante los dos turnos, con esto se puede identificar la operación cuello de botella, estableciendo de esta manera la capacidad de la línea.

El balanceo de la línea muestra cuánto personal se necesita para producir los convertidores catalíticos para cada operación, cabe mencionar que se debe observar si

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

durante un solo turno se pueden producir el número de piezas establecidas por el cuello de botella y de ser así, ya no será necesario que esa operación trabaje durante el próximo turno. Se debe tomar en cuenta a un facilitador por turno y al final se suman los operadores necesarios para cada operación y de igual manera se suman los créditos.

Para llenar el resumen general de operaciones se partió de los tiempos cronometrados y establecidos en el estado actual, además de especificar que el primer turno dura 498 min. y el segundo 474 min. (Ver Apéndice O).

La capacidad de la línea obtuvo un resultado de 960 convertidores catalíticos, el personal requerido resultó ser menos que como se trabaja actualmente, ya que el operador de las operaciones 10 a 40 puede producir hasta 1338 piezas en el primer turno y tomando en cuenta que la capacidad es de 960, ya no es necesario que otro operador trabaje en el segundo turno. El valor del crédito para este caso en el cuál el total de operadores es de 17 se calculó en 8.602.

En la Tabla 5.1 se muestra el tiempo que cada operador está ocupado en su estación de trabajo, esto con la finalidad de valorar los tiempos de ocio que tiene cada operador por día. Se tomó en cuenta que el tiempo de la jornada laboral es de 972 min. al día.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

Tabla 5.1. Tiempo de ocupación por día para cada operador

Operaciones	Tiempo de ocupación/ día
Op. 10-20-30-40	698 min/ día
Op. 50-60	972 min/ día
Op. 70	820 min/ día
Op. 90-100	732 min/ día
Op. 110	767 min/ día
Op. 120	813 min/día
Op. 130	683 min/día
Op. 140	670 min/día

Analizando la Tabla 5.1 se puede observar que el operador de la estación 50 y 60 se encuentra ocupado durante toda la jornada laboral. Y por el contrario, el operador de la operación 140 es el que tiene mayor tiempo de ocio al día.

En la Tabla 5.2 se muestran los tiempos por pieza y capacidad diaria, además del total de personal por día para esta alternativa. Por lo tanto, se pudo llegar a la conclusión de que con 17 operadores al día se pueden obtener las 960 piezas establecidas por el cuello de botella.

Tabla 5.2. Tiempos por pieza, capacidad diaria y cantidad de personal

Operación	Tiempo por pieza	Capacidad en dos turnos	Personal por día
Op. 10-20-30-40	0.3722	1338	1
Op. 50-60	1.0120	960	2
Op. 70	0.8537	1139	2
Op. 90-100	0.7620	1276	2
Op. 110	0.7990	1217	2
Op. 120	0.8463	1149	2
Op. 130	0.7103	1368	2
Op. 140	0.6971	1394	2
Facilitador			2
Total			17

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

En resumen, los indicadores resultantes de esta primera alternativa se muestran en la Tabla 5.3. Para los cálculos de eficiencia, índice de rentabilidad y promedio de convertidores catalíticos por operador ver Apéndice P.

Tabla 5.3. Resumen de indicadores para la alternativa 1

Total de operaciones	14
Operadores por día	17
Operación cuello de botella	Operación 60
Producción diaria	960 convertidores catalíticos
Eficiencia	99 %
Índice de rentabilidad	13.25 %
Convertidores catalíticos/ operador	57 convertidores catalíticos

5.2 Análisis de alternativa 2. Sin pausas de comida en operación cuello de botella

Propongo en esta alternativa hacer que la Operación 60, la cuál es el cuello de botella, trabaje sin paros por las pausas de comida, con esta alternativa se aprovecha la pausa de comida y se trabaja con el inventario en proceso que se acumula. Con esta alternativa no se incurre en movimientos de personal, el operador que trabajará en la Operación 60 durante la pausa de comida será el facilitador. Así cuando los operadores regresen a sus estaciones de trabajo continuarán con sus actividades y el operador de la Operación 60 le cambiará su lugar al facilitador para seguir sacando las piezas de esa operación.

Se continuará trabajando durante los dos turnos al día y de lunes a viernes, respetando las pausas de comida. Las horas en las cuáles el facilitador estará trabajando para trabajar el inventario en proceso de la operación cuello de botella serán, de 11:00 a 11:30 para el primer turno y de 19:00 a 19:30 para el segundo. La línea seguirá trabajando con 8 operadores y 1 facilitador por turno.

La elección de que el facilitador sea el encargado de trabajar durante las pausas de comida es debido a que él no tiene una tarea en específica que cumplir, él se encarga de revisar que todas las operaciones marchen bien y en caso de presentarse algún problema técnico con las máquinas, él las arregla o toma el lugar de algún operador que necesite ir al baño o simplemente necesite ayuda.

Para conocer si esta alternativa puede aumentar la productividad con el indicador de promedio de catalizadores por operador, fue necesario crear un modelo de simulación. Para la creación de éste se empleó como base el modelo de simulación del estado actual, ya que se comprobó que sí simula el estado actual de la línea de producción.

Las etapas necesarias para el desarrollo del modelo de simulación son las que se presentarán a continuación, cabe mencionar que para esta alternativa y la siguiente solamente se mencionarán los pasos del proceso de simulación cuyo objetivo o definición sean diferentes a los mencionados para la simulación del estado actual.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

1. *Definición del problema y objetivos.*- Encontrar la alternativa para la línea del convertidor catalítico que aumente su productividad. Los objetivos principales son:
 - a) Estimar el número de convertidores catalíticos que salen del sistema durante un día (2 turnos).
 - b) Identificar la operación cuello de botella mediante una comparación entre los recursos por mayor utilización.

2. *Desarrollo del modelo.*- En el Apéndice Q se muestra el esquema del modelo de simulación. Las distribuciones estadísticas a las cuáles se ajustaron los tiempos de las operaciones se quedaron definidas como en la simulación del estado actual. El cambio que se realizó para simular esta alternativa al modelo del estado actual fue el de crear un “Set” de operadores para la operación 60, en el cuál están incluidos tanto el operador que trabaja durante el turno como el facilitador que trabajará en las pausas de comida, de esta manera en el modelo de simulación quedó especificado el horario para cada uno.

3. *Experimentación.*- Se determinó el número de réplicas necesarias para disminuir en lo mayor posible el error de estimación y con ello obtener información confiable.

Se tomó un valor inicial de $n = 20$ réplicas y en base a éste número se hicieron los cálculos necesarios (Ver Apéndice R). Finalmente, se eligió que el tamaño de la réplica fuera de 156 ya que entre mayor sea el número de réplicas más disminuye el error de estimación.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

4. *Análisis de resultados y presentación.*- Los resultados para este modelo de simulación se presentan en el Apéndice S, incluye el número total de convertidores catalíticos que salieron del sistema y resultados de uso de recurso.

5. *Implementación.*- La empresa Volkswagen de México considerará la posibilidad de implementar la alternativa que aumente la productividad en la línea del convertidor catalítico. Este reporte les será entregado y de ellos dependerá la acción de implementarse o de darle un uso posterior para posibles mejoras.

En la Tabla 5.4 se muestra un resumen de los resultados de la simulación para esta alternativa:

Tabla 5.4. Resultados del modelo de simulación para la alternativa 2

	Indicador	Promedio	Promedio del mínimo valor	Promedio del máximo valor
Recurso - máquina con mayor número de uso (Operación cuello de botella).	Operación 60. La máquina empleada es la Soldadora 60.	0.7167	0.6869	0.7480
Salidas de convertidor catalítico completo.	Record catalizador completo.	959	955	962

En resumen, los indicadores resultantes de esta alternativa se muestran en la Tabla 5.5. Para los cálculos de eficiencia, índice de rentabilidad y número de convertidores catalíticos por operador ver Apéndice T.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

Tabla 5.5. Resumen de indicadores para la alternativa 2

Total de operaciones	14
Operadores por día	18
Operación cuello de botella	Operación 60
Producción diaria	959 convertidores catalíticos
Eficiencia	94 %
Índice de rentabilidad	12.90 %
Convertidores catalíticos/ operador	54 convertidores catalíticos

5.3 Análisis de alternativa 3. Reducción de número de operadores

Esta alternativa fue propuesta por el Departamento de Ingeniería Industrial PPC de la empresa Volkswagen de México y consiste en que el operador de las operaciones 10 a 40, el cuál trabaja con un tiempo de 0.3722 min., ocupará el tiempo restante que es de 0.640 (igual a de tacto) para realizar las actividades de la Operación 130. Para esta alternativa si se requiere de movimiento de personal y sobretodo se eliminará al operador de la Operación 130 para los dos turnos.

Se trabajará durante los dos turnos al día y de lunes a viernes, respetando las pausas de comida. Los horarios de pausa de comida serán los mismos que para las alternativas pasadas, de 11:00 a 11:30 para el primer turno y de 19:00 a 19:30 para el segundo. La

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

línea contará con una carga de trabajo de 16 trabajadores por día de los cuáles 7 serán operadores y 1 facilitador por turno.

Para conocer si esta alternativa puede aumentar la productividad con el indicador de catalizadores por operador, fue necesario crear un modelo de simulación y al igual que para la alternativa 2 se empleará como base el modelo de simulación del estado actual.

El proceso que se siguió para crear el modelo de simulación fue igual que para los dos anteriores. Para este caso, únicamente se presentará la descripción de las etapas que presentaron diferencia de las simulaciones pasadas.

En el caso de la obtención de datos, se empleó el resumen general de operaciones del estado actual para determinar si podía ser posible que el operador de la Operaciones 10 a 40 trabajara también la Operación 130, esto se determinó revisando los tiempos por pieza para ambas operaciones y sus igualas de tacto.

Para el desarrollo del modelo se desglosó el tiempo de la operación 130 en carga, descarga y proceso y de esta manera se libera al operador para que también cumpla con las operaciones de la 10 a 40 una vez que cargó y descargó la operación 130, mientras la máquina se queda procesando. Los tiempos para la operación 130 que se le agregaron al modelo del estado actual se pueden ver en el Apéndice U, también se muestra su distribución estadística a la cuál se ajustó con su respectivo valor de error. El esquema o dibujo del modelo se encuentra en el Apéndice V.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

En la etapa de experimentación, se tomó un valor inicial de 20 réplicas y en base a éste número se hicieron los cálculos necesarios (Ver Apéndice W). Tomando en cuenta que entre mayor sea el número de réplicas más se disminuye el error de estimación, se eligió que se corriera por 491 réplicas.

Los reportes finales de la simulación aparecen en el Apéndice X. En la Tabla 5.6 se muestra un resumen de los indicadores de estudio para esta simulación:

Tabla 5.6. Resultados del modelo de simulación para la alternativa 3

	Indicador	Promedio	Promedio del mínimo valor	Promedio del máximo valor
Recurso - máquina con mayor número de uso (Operación cuello de botella).	Operación 60. La máquina empleada es la Soldadora 60.	0.6133	0.5834	0.6533
Salidas de convertidor catalítico completo.	Record catalizador completo.	824	816	831

En resumen, los indicadores resultantes de esta alternativa se muestran en la Tabla 5.7, para los cálculos necesarios ver Apéndice Y.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

Tabla 5.7. Resumen de indicadores para la alternativa 3

Total de operaciones	14
Operadores por día	16
Operación cuello de botella	Operación 60
Producción diaria	824 convertidores catalíticos
Eficiencia	91 %
Índice de rentabilidad	11.07 %
Convertidores catalíticos/ operador	52 convertidores catalíticos

5.4 Comparación del sistema actual con las alternativas de mejora

Se comparan las tres alternativas de mejora con el estado actual y se elige la que cumpla con el objetivo de la presente tesis, proponer una solución que aumente la productividad mediante convertidores catalíticos por operador además de que la alternativa propuesta cumpla con un índice de rentabilidad superior al 12%. La tabla comparativa entre el estado actual y las alternativas de mejora se muestra en la Tabla 5.8.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

Tabla 5.8. Resumen de indicadores para el estado actual y alternativas de mejora

	Estado actual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Total de operaciones	14	14	14	14
Operadores por día	18	17	18	16
Operación cuello de botella	Operación 60	Operación 60	Operación 60	Operación 60
Producción diaria	960 convertidores catalíticos	960 convertidores catalíticos	959 convertidores catalíticos	824 convertidores catalíticos
Eficiencia	96 %	99 %	94 %	91 %
Índice de rentabilidad	12.8 %	13.25%	12.90 %	11.07 %
Convertidores catalíticos/ operador	54 convertidores catalíticos	57 convertidores catalíticos	54 convertidores catalíticos	52 convertidores catalíticos

Como se puede observar, la alternativa 1 logró aumentar la productividad de 54 convertidores promedio por operador a 57, además de que también aumentó el índice de rentabilidad a un 13.25 %. Mediante esta alternativa el operador de las Operaciones 10 a 40 trabajará solamente durante el primer turno y aún con esto logrará producir las 960 piezas determinadas por la operación cuello de botella.

La segunda alternativa es otra buena opción porque no disminuye la productividad aunque sí la deja igual y conservando el mismo balanceo de la línea como en el estado actual logra aumentar la rentabilidad al 12.9 %. Recordemos que ésta alternativa consiste en que el facilitador se quede trabajando en la Operación cuello de botella durante las pausas de comida, en realidad en lo que ayuda es para que no se quede inventario en proceso durante las pausas de comida.

CAPÍTULO 5. Presentación y Comparación de las Alternativas de Mejora

Por otra parte, los resultados de la alternativa 3 muestran una considerable disminución en todos los indicadores, la producción promedio de convertidores catalíticos por operador disminuye a 52 al igual que el índice de rentabilidad a un 11.07 %, recordemos que éste valor no es factible para lo establecido por la empresa ya que como valor mínimo de rentabilidad debe ser el 12% para que la alternativa de mejora se acepte.