**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

**EXAMEN DE GRADO**

**III PARTE – Pensum 2011**

**Ejemplo 3**

**INSTRUCCIONES GENERALES:**

* **Tiene 5 horas para presentar la solución al siguiente caso. Por favor, lea completamente el caso antes de proceder a responder el cuestionario que se encuentra al final de este documento.**
* **Puede utilizar el software de Office disponible en la computadora provista.**
* **No se permite el uso teléfonos celulares.**
* **Con motivos de calificación, usted debe presentar un archivo en Power Point, en el cual conste en la primera diapositiva su nombre, cédula de ciudadanía, pensum al que pertenece, número de caso y fecha de elaboración del documento. En las siguientes diapositivas debe presentar los resultados correspondientes a la solución de cada pregunta del cuestionario, así como las consideraciones requeridas para su solución y las conclusiones respectivas, si las hubiera. Se recomienda que cada pregunta sea respondida en una diapositiva, máximo en 3 diapositivas. Por favor, sea claro y ordenado. Como anexo, presente además un archivo Excel con los cálculos realizados. Se le recomienda reservar una hora para preparar el informe de calificación (ver modelo de archivo en PowerPoint).**
* **Los archivos a presentar deben llamarse así: Apellido\_Nombre\_MIIP\_P2011\_2016B**

**Caso: LINEA DE ENSAMBLE DE BICICLETAS**

1. **PRESENTACIÓN DEL CASO:**

El objetivo del presente caso a desarrollarse es el análisis de un sistema de manufactura de una empresa ficticia, mediante la caracterización de sus operaciones. Para tal situación se ofrece información de la situación general de las operaciones al interior de la fábrica, y a partir de ahí el maestrante se concentrará en la caracterización de las operaciones por un lado, y por otro en la mejora de ciertos procesos con la finalidad de mejorar la productividad.

La descripción de la situación actual ayudará al maestrante en el desarrollo del caso práctico, pero además, el maestrante debe evidenciar en el desarrollo del mismo la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo del programa de maestría. Esta descripción se centra en el aspecto operativo de la fábrica ficticia en términos de la producción, los costos de mantener inventarios, la planificación y la programación de las operaciones, los flujos de las operaciones, la documentación, la calidad y el control estadístico de los procesos, etc.

1. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

SisTemTec es una empresa que se dedica a la fabricación y ensamble de bicicletas tipo *mountain bike*, con una amplia experiencia, que se refleja en el esfuerzo cotidiano por el mejoramiento continuo de sus operaciones; a pesar de ello, el propietario de la fábrica siempre exige a su gerente de operaciones (maestrante) que encuentra una mejor forma de conducir el área de operaciones en términos de lograr mayor productividad, es por ello que, se sugiere que profundice en el análisis de las operaciones.

1. PRODUCTIVIDAD + CALIDAD.

El gerente de planta ha recopilado durante un período largo de tiempo, información de la productividad de la línea de ensamble de bicicletas, del área de ventas, del área de producción, etc. La recolección de la información ha sido planeada de manera sistemática: se ha escogido un día de la semana, durante varias semanas, para determinar en primera instancia el tiempo de ensamble de las bicicletas, para lo que se toma como medida del recurso consumido mano de obra en horas-hombre, y el número de unidades ensambladas que salen al final de la línea. Esta información se muestra en la Tabla 1. Se ha evidenciado de la información recogida que la operación final “Ensamble” de la línea en análisis indica que el número máximo de unidades que se pueden ensamblar en la línea es de 120 unidades por día (valor medio), y que el programa de producción indica “producir 115 unidades diarias”

Tabla 1: Información de productividad media diaria de la línea

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hora del día** | **USO DEL RECURSO (H-H)** | **PRODUCCIÓN (unidades)** |
| 07\_08 h | 36 | 10 |
| 08\_09 h | 36 | 13 |
| 09\_10h | 42 | 20 |
| 10\_11h | 48 | 20 |
| 11\_12h | 54 | 18 |
| 12h\_13h | 60 | 15 |
| 13h\_14h | 66 | 10 |
| 14\_15h | 72 | 5 |
|  |  | 111 |

1. CALIDAD

Cinco de las estaciones de trabajo que estructuran la línea de ensamble de las bicicletas se muestran en la Figura 1. La estación codificada como P5 corresponde a la operación “Ensamble” al final de la línea. Las capacidades de producción se muestran bajo cada cuadro (en unidades producidas por unidad de tiempo).



Figura 1. Estructura de la línea de ensamble

En la estación P5 se sigue un plan de muestreo para controlar las unidades defectuosas al final de la línea. El plan de muestreo indica que se tomen muestras en lotes de tamaño de 100 bicicletas para controlar estadísticamente el proceso, utilizando límites de control de Shewart. Se han muestreado 10 lotes (un lote semanal), y el número de unidades defectuosas por lote se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Unidades defectuosas por lote de 100 unidades

|  |  |
| --- | --- |
| Unidades defectuosas | |
| Semana | Unidades defectuosas |
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4 | 1 |
| 5 | 0 |
| 6 | 1 |
| 7 | 0 |
| 8 | 2 |
| 9 | 1 |
| 10 | 4 |

Es importante mantener el proceso bajo control estadístico con el objetivo de predecir el comportamiento del mismo a lo largo del tiempo. Diseñe la carta de control requerida para lograr el objetivo del líder de la calidad.

Por otro lado, el líder de la calidad está también interesado en la estimación de los costos de la no calidad, porque frecuentemente el tiempo de ciclo de la fabricación de las bicicletas se desvía del valor objetivo. El líder de la calidad tiene como objetivo que el tiempo de fabricación de los lotes (cada lote contiene 100 bicicletas) se desvíe del tiempo de ciclo establecido solo el 5% de las veces. A partir de estudios adicionales de la línea, el líder ha determinado, que cuando la probabilidad de que el tiempo de producción de la línea se incrementa a un nivel de 10% respecto del valor meta, las ventas y la utilidad diaria caen a la mitad de aquellas en el nivel meta ($1120/día). La información recogida durante una semana cualquiera evidencia que el tiempo de ciclo de la fabricación de los lotes de bicicletas se desvía del nivel meta tres puntos porcentuales. Dada esta variabilidad de porcentaje de tiempo de ciclo desde el valor objetivo, el líder de la calidad, desea establecer si incurre o no en costos de la no calidad de las unidades ensambladas, por haberse desviado del valor objetivo. Para la estimación de los costos de la no calidad considere lo que establece Taguchi al respecto de desvíos de los resultados respecto del valor objetivo.

1. MANEJO DE MATERIALES

El departamento de producción (respecto de la estación de Ensamble) ha entregado un reporte de la producción anual, mes a mes del producto, al departamento de ventas, con la intención de planificar la producción para el siguiente año, y que este departamento se encargue del pronóstico de las ventas para el producto bicicleta. El departamento de ventas tiene una práctica común en cuanto a llevar adelante el pronóstico: el modelo de pronóstico de las ventas es estacional con doce estaciones (meses). El departamento de producción debe estimar las ventas diarias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, con la intención de estimar el error máximo que se puede cometer con la producción basada en la estimación de este pronóstico, con base en la información enviada de ventas. El pronóstico de ventas (en lotes de 100 unidades) y los días laborables de cada mes se especifican en la Tabla 3.

Tabla 3. Pronóstico de ventas y días laborables del año 2017

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Trimestre 3 | | | Trimestre 4 | | | Total |
| Pronóstico | 200 | 220 | 250 | 180 | 200 | 180 | 166 | 167 | 167 | 266 | 267 | 267 | 2530 |
| Días laborables | 21 | 20 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 20 | 21 | 21 | 20 | 256 |

Al inicio de la planificación se revisa el programa del año anterior donde está comprometida una entrega de 30 lotes, es decir, se evidencia tiene un stock inicial (inventario en mano o disponible) de -3000 unidades. Entre las decisiones que ha adoptado la gerencia de producción está la de evitar rupturas de stock, considerando los recursos disponibles al momento, y otras consideraciones adicionales y que además, al finalizar el año se haya vendido toda la producción de bicicletas. La política de la empresa está enfocada por comodidad, en la planeación de la producción, esto es fabricar el mismo número de unidades por día.

1. ANALISIS DE INVENTARIOS: CARGA, ASIGNACIÓN.

En el centro de despacho de pedidos del almacén de la fábrica, actualmente se cuenta con cinco personas; todas ellas están capacitadas para realizar cualquiera de las actividades de los cinco tipos de operaciones requeridas antes de la expedición del producto o despacho de los pedidos: P1 (Recepción); P2 (Picking); P3 (Packing); P4 (Control de la Calidad) y P5 (Expedición del producto). Con la finalidad de optimizar el proceso de despacho de los pedidos, se encarga al jefe de almacén realizar un muestreo de trabajo de los cinco colaboradores, resultado del cual se obtiene información en relación a la productividad media de cada uno de ellos (medida en lotes por unidad de hora-hombre), que se muestra en la Tabla 4 (por ejemplo, la productividad del trabajador 1 en la Operación 1 es 20 lotes/H-H), medida en lotes de cien bicicletas por hora-hombre, en una semana en particular.

Tabla 4. Productividad media de los trabajadores de Preparación de pedidos

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Operación | | | | |
| Trabajador | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| T1 | 20 | 12 | 18 | 12 | 10 |
| T2 | 22 | 16 | 13 | 16 | 12 |
| T3 | 18 | 14 | 12 | 15 | 15 |
| T4 | 20 | 10 | 14 | 18 | 12 |
| T5 | 21 | 10 | 16 | 12 | 16 |

Es necesario encontrar la combinación trabajador-operación (asignación) más conveniente de manera que se minimicen los costos totales de expedición del producto terminado (medido en términos del uso de los recursos) de la operación general del despacho de pedidos.

En la Tabla 5 se describen las actividades del “sub ensamble del aro de bicicleta”, desde la recepción de los componentes hasta el despacho del sub ensamble a los clientes internos (Ensamble final de la bicicleta). Las actividades de recepción consisten en la aceptación de las partes y piezas del proveedor toda vez que ha pasado la inspección, es decir, superado los controles de la calidad. En la tabla se ha estimado además el tiempo de cada actividad, con el objetivo de evaluar la eficiencia del proceso. Para todas las actividades de transporte se considera una distancia de traslado de partes, piezas y sub ensambles igual a cinco metros.

Tabla 5. Actividades del “Sub ensamble del aro de bicicleta”

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ACTIVIDADES** | **Operación** | **Tiempo (min)** |
| Recepción de componentes | x | 2 |
| Descarga de componentes | x | 4 |
| Transporte de componentes |  | 2 |
| Almacenamiento de componentes |  | 2 |
| Transporte de componentes a área de ensamble |  | 2 |
| Ensamble de componentes | x | 5 |
| Almacenamiento de sub ensambles |  | 2 |
| Transporte a laminado |  | 1 |
| Laminado de los sub ensambles | x | 5 |
| Almacenamiento de sub ensambles para limpieza |  | 2 |
| Transporte a limpieza |  | 2 |
| Limpiar sub ensambles | x | 4 |
| Embalar sub ensamble | x | 4 |
| Despachar a cliente | x | 3 |
|  |  | 40 |

Es necesario preparar un Mapa de Flujo de Valor (VSM) para las actividades del proceso “Ensamble de aro de bicicleta”, sin considerar las actividades del proveedor como tampoco las actividades del distribuidor (traslado hacia el cliente interno “Ensamble de la bicicleta”, para lo que es necesario clasificar o tipificar las actividades indicadas en la Tabla 5 como: actividades que no crean valor para el cliente, sin embargo son necesarias para fabricar el producto y proporcionar el servicio (muda 1) y en actividades que no crean valor para el cliente y que pueden ser eliminadas del proceso con el afán de reducir los costos de producción (muda 2).

1. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN +PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCION: MRP

La lista de materiales BOM para una bicicleta muestra los componentes, las partes, piezas, ensambles, etc. que conforman el producto. Una herramienta para cuantificar el número de partes, piezas, etc. es el árbol de estructura de producto. Este árbol para una bicicleta es muestra en la Figura 3, donde X= bicicleta es el producto final.



Figura 3. Árbol de estructura de una bicicleta

Es indispensable elaborar una lista de materiales, con la finalidad de programar las compras de las partes y piezas con las que en última instancia, mediante ensambles sucesivos, se logrará el producto final X=Bicicleta. La lista de materiales se debe elaborar para un lote (1 lote= 100 bicicletas).

Para el producto final X (bicicleta) se obtiene información adicional del programa Maestro de Producción (MPS) resumida en la Tabla 6: Programa Maestro de Producción. Las celdas en blanco indican que en esa semana no se requiere el producto.

Tabla 6. Programa Maestro de Producción del producto X

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Semanas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Cantidad a producirse | 6000 |  |  | 6000 |  |  | 7000 |  |  |

Para cada componente A, B, C, D, E, F, G y H del producto final X habrá de completarse el formato MRP, empezando desde el nivel 0 (producto final X= bicicleta) y descendiendo hasta los niveles más bajos del árbol, tomando en consideración los registros de stock para cada uno de ellos, el tamaño de lote de pedido y el plazo de entrega. Esta información se reúne en la Tabla 7: Registro de stocks.

Tabla 7. Registro de stocks (en unidades semanales)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Producto | Q: Lote de abastecimiento | PE: Plazo de entrega | S: Inventario en mano | SS: Inventario de seguridad |
| X | 6000 | 0 | 550 | 500 |
| A | 6000 | 1 | 0 | 0 |
| B | 5000 | 1 | 0 | 0 |
| C | 5000 | 2 | 1200 | 500 |
| D | 5000 | 0 | 4500 | 2000 |
| E | 6000 | 1 | 2000 | 1000 |
| F | 15000 | 1 | 0 | 0 |
| G | 6000 | 1 | 0 | 0 |
| H | 20000 | 1 | 0 | 1000 |

1. BALANCEO DE LÍNEA

El fabricante de bicicletas debe balancear la línea de Ensamble general para mejorar la productividad, esto es, aumentar la eficiencia de la línea. Los componentes utilizados en la línea de ensamble son proporcionados por los operadores de manejo de materiales en recipientes tipo kanban o cubos de componentes que se utilizan en cada estación. Los ensambles se mueven a lo largo de la línea mediante bandas de transporte entre las estaciones de trabajo. El fabricante ha establecido que la tasa de producción de la línea sea de 54 bicicletas por hora. La Tabla 8: Tareas de la línea de ensamble, muestra las tareas, las tareas predecesoras y el tiempo (en minutos) para efectuar la tarea. El tiempo disponible para producción es de 54 minutos/hora, donde se ha considerado aproximadamente un 6% de suplementos para el trabajador conseguidos por el comité de empresa en la última negociación.

Tabla 8: Tareas de la línea de ensamble

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tarea | Código de la tarea | Tareas de inmediato precedentes | Tiempo para efectuar la tarea (minutos) |
| Colocar marco de la bicicleta | A |  | 0,18 |
| Colocar manubrio | B | A | 0,12 |
| Colocar asiento | C | A | 0,32 |
| Colocar suspensión | D | A | 0,45 |
| Colocar ruedas | E | B,C,D | 0,51 |
| Fijar pedales al marco | F | E | 0,55 |
| Colocar frenos de disco delantero | G | F | 0,38 |
| Insertar ruedas dentadas | H | G | 0,42 |
| Colocar cadena de transmisión | I | H | 0,3 |
| Insertar manubrio | J | I | 0,18 |
| Colocar dispositivos para cambios de velocidades | K | J | 0,36 |
| Colocar dispositivos para frenos | L | J | 0,42 |
| Probar dispositivos mecánicos | M | K,L | 0,48 |
| Control de prueba "monster" | N | M | 0,3 |
| Empacar bicicleta en caja de madera | O | N | 0,39 |

De las heurísticas conocidas por el encargado de balanceo de la línea, se ha decidido aplicar la del tiempo de tarea más largo para evaluar la eficiencia de la línea; como una segunda regla, en caso de que hubiera algún empate utilice la duración de la propia tarea.

1. DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

El producto en proceso arriba a la estación de trabajo E5 desde los proveedores (estaciones de trabajo) E4 y E3 de acuerdo a dos procesos de Poisson con tasa media de 7 y 8 productos semielaborados por hora. Una vez recibidos los productos se distribuyen a tres máquinas o servidores en la estación E5 identificadas por M1, M2 y M3. El 30% de los productos se asigna a las máquinas 1 y 3, mientras que a la máquina 2 se le asigna el 40% del flujo. Dibuje la estructura del flujo. Utilice la extensión del proceso de Poisson para determinar los flujos de entrada para las máquinas M1, M2 y M3.

**CUESTIONARIO**

1. Calcule la productividad marginal y determine la hora del día en la cual se evidencia una disminución de la productividad (no de la producción). ¿Cuál es la eficiencia y la eficacia de la línea?
2. ¿El proceso de la estación P5 está estadísticamente controlado?.
3. ¿El líder de la calidad incurre en costos por desviarse del valor objetivo del tiempo promedio de fabricación? Si la respuesta es afirmativa, ¿cuál es el costo de la no calidad por desvío del valor meta?
4. ¿Cuáles son las ventas medias diarias pronosticadas? ¿cuál es la desviación estándar de las ventas? ¿cuál es el coeficiente de variación?. Interprete cada resultado. Redondee al entero más próximo.
5. ¿Cuál debe ser la mejor asignación de los trabajadores a las operaciones del Centro de Despacho de Pedidos, de manera que se minimicen los costos de la operación, o lo que es lo mismo se maximice la productividad de esta operación?
6. Tipificar las actividades como: operaciones que crean valor, actividades que corresponden a muda 1 y actividades que corresponden a muda 2. ¿cuál es el tiempo de proceso? ¿cuál es el tiempo de espera? ¿cuál es el tiempo takt o tiempo de ciclo? ¿es el proceso esbelto? *Nota: un proceso es esbelto si la eficiencia del tiempo de ciclo (tiempo de las actividades de valor añadido/tiempo del ciclo) es mayor que 25%*.
7. Elaborar una Lista de materiales para un lote (1 lote= 100 bicicletas) de producción, donde se pueda observar la cantidad de cada ítem para ensamblar un lote de 100 bicicletas. ¿Cuántas unidades del ítem F se deben solicitar al Departamento de Manejo de materiales?
8. Preparar un MRP para el producto X **solamente** e indique para la semana 8 cuál es el inventario disponible.
9. Balancear la línea de ensamble de bicicletas y determinar la eficiencia de la misma. Utilice la heurística del tiempo de tarea más largo para el balanceo.
10. Dibuje la estructura del flujo y utilice la extensión del proceso de Poisson para determinar: tanto el flujo neto de ingreso a la estación E5, proveniente de las estaciones E3 y E4, como los flujos de entrada para las máquinas M1, M2 y M3 que son los servidores de la estación E5.