



FCITEC

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Unidad Valle de las Palmas

Ingeniería Industrial

Planeación y Control de la Producción 2

Manual de practicas

DR. ENRIQUE ARELLANO BECERRIL

Contenido

UNIDAD 1. PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES	2
Definiendo cada uno de los conceptos en torno al MRP	3
Lista de materiales	3
Programa maestro de producción	4
Cómo hacer un MRP o planificación de requerimientos de material	5
BOM: Casos propuestos	16
UNIDAD 2. PLANEACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD	19
Capacidad de diseño y capacidad efectiva	19
ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO	22
UNIDAD 3. CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION	24
Balanceo de líneas	24
Trabajo Estandarizado.....	25
Productividad.....	26
Takt Time	26
UNIDAD 4. JUSTO A TIEMPO	33
UNIDAD 5. TEORIA DE RESTRICCIONES.....	36
Referencias:.....	38

UNIDAD 1. PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

Se define MRP como la planificación de los insumos, componentes y materiales de demanda dependiente para la producción de artículos finales, lo que conlleva a la administración del inventario y programación de pedidos de reabastecimiento. Todo esto hecho para cumplir al cliente en los tiempos estimados y con la calidad requerida.

Cada artículo que tu produces está compuesto por insumos, componentes o materiales. A veces más, a veces menos.

Cuando la demanda de un artículo está ligada a la de otro, hablamos de demanda dependiente. Ejemplos de artículos de demanda dependiente son: en los zapatos: cordones, plantilla y suela; en los celulares: el carbono, silicio, grafito, coltán, y un largo etc; y en los automóviles: radiadores, neumáticos, luminarias, etc.

Hablamos de administración de inventario y pedidos de reabastecimiento porque con el MRP buscamos mantener bajos los niveles de stock a fin de disminuir costos. Esto implica reabastecer el inventario en momentos concretos buscando que el costo de posesión sea mínimo.

Es común que la planificación de requerimientos de materiales (MRP) sea asociada a un software. De hecho algunos autores definen el MRP como un software o sistema computarizado para administrar el inventario de demanda independiente y los puntos de reorden, y en cambio le otorgan la definición anterior al «plan» de requerimientos de materiales.

Con el plan agregado o PAP hablamos de familias de productos. En una empresa de chocolates esto sería la línea de galletas, burbujas y sobres de chocolate. Por ejemplo en el PAP hablamos de cuánto vamos a producir en la familia de producto de galletas de chocolate para el próximo trimestre.

Con el programa maestro de producción o MPS profundizamos en las referencias de las familias de producto, definiendo cuánto vamos a producir y en qué momento. Por ejemplo en el MPS definimos cuántas galletas de chocolate con minichips de 3x4 vamos a producir en las próximas 4 semanas.

Por último, el plan de requerimiento de material profundiza aún más y dice los materiales (crema, minichips, empaque, etc) y las cantidades para producir las galletas de las que hablamos en el MPS.

Definiendo cada uno de los conceptos en torno al MRP

Este tema involucra numerosos conceptos, como demanda dependiente, lista de materiales y programa maestro.

El MPS o programa maestro define la cantidad de artículos a producir en el horizonte de tiempo establecido. A nivel general, las cantidades de artículos terminados en un MPS se definen a partir de dos fuentes de demanda: La demanda pronosticada y la demanda de los clientes que hacen pedidos específicos para una fecha deseada.

La lista de materiales detalla las cantidades de insumos, materiales y componentes de los que consta cada artículo. Este puede cambia según el diseño del artículo.

El registro de inventarios contiene las cantidades disponibles y las pedidas, así como el tiempo estimado para su arribo. Se ve modificado por las transacciones de inventario.

Lista de materiales

También conocido como BOM o bill of materials, la lista de materiales es el detalle de mponentes, piezas o materiales que estructuran el producto terminado.

En un BOM, los artículos que están por encima de un nivel, se denominan padres; los que están abajo se llaman hijos. El nivel superior es el nivel 0 y a medida que desciende, va aumentando el nivel. Cada material tiene entre paréntesis la cantidad necesaria para fabricar una unidad de su padre superior.

XXXXXXXXXXXX

Fíjate en la imagen: El artículo A está compuesto por 3 unidades del artículo B y 1 del C. A su vez, el artículo B está conformado por 3 unidades del artículo D, 1 del E y 2 del F. Al otro lado, El C está conformado por 4 unidades de G y 1 unidad de H.

Programa maestro de producción

El siguiente insumo para el MRP es el MPS. Ya hemos explicado en este post en qué consiste el programa maestro de producción. Pero por supuesto puedes profundizar en su definición y elaboración haciendo click aquí: [MPS](#)

Registros de inventario

El tercer insumo para el MRP. Los registros de inventario son el resultado de las transacciones de inventario.

¿Qué transacciones? Por ejemplo:

Generación de nuevos pedidos

Recepción de pedidos

Cancelación de pedidos

Devolución de inventario de baja calidad

Pérdidas por desperdicio o vencimiento

Ajuste de fechas de arribo de pedidos

¿Lo tienes? Las transacciones de inventario son eventos de inventario que deben quedar registrados, de tal forma que al ver el registro podamos identificar el saldo disponible de materia prima para elaborar el MRP.

Cómo hacer un MRP o planificación de requerimientos de material

Paso 1: Definiendo la lista de materiales (BOM)

Para empezar, define la estructura de tu producto.

¿Cómo se compone?

No te olvides de colocar el nombre de ese componente, bien sea con una letra o el nombre en sí. Esto dependerá de la complejidad de la estructura del BOM. Acuérdate además, de colocar entre paréntesis la cantidad del padre superior.

Paso 2: Qué, cuándo y cuánto producir: el programa maestro

Debes tener un programa maestro de producción en el cual, tienes la cantidad de unidades a producir por horizonte de tiempo, trazado generalmente en semanas.

Esto nos permitirá conocer qué componentes y materiales debemos conseguir y fabricar para cumplir con la cantidad definida en el MPS, pero no sin antes considerar el inventario.

Paso 3: Qué es lo que hay en casa: El registro de inventario

Definidos los componentes y materiales por artículo, en una tabla separa para cada uno de ellos:

El inventario disponible: Es el inventario de cada componente y material que tienes listo para usar.

Stock o inventario de seguridad: Cantidad mínima que tiene tu empresa en caso de que haya un déficit. temporal de materia prima. Es opcional y puede que no lo uses si tu objetivo es ahorrar costos en inventario.

Lead time (tiempo de ciclo, tiempo de entrega, tiempo de espera... como le quieras llamar). Es el tiempo que transcurre desde que colocas la orden de un pedido hasta que este llega.

Recepciones programadas: Pedidos colocados tiempo atrás y que están programadas para arribar en próximos días.

Paso 4: El software para hacer el MRP

Existen diversos sistemas computarizados para elaborar un MRP, por ejemplo SAP. No obstante, lo haremos con excel en una tabla como esta:

Xxxxxxxxxx

Paso 5: Necesidades brutas

Es la cantidad de artículos, materiales, componentes e insumos que nos disponemos a fabricar. Si se trata de un producto terminado (demanda independiente) las cantidades provienen del MPS. Caso contrario, si se trata de un material o componente con demanda dependiente, las necesidades brutas serán las dictadas por la explosión de necesidades. Si lo que acabas de leer te suena confuso, espera a por el ejemplo donde vas a aterrizar el apredizaje.

Así pues, define las necesidades brutas. Comenzaremos haciéndolo para los productos terminados, por lo tanto las necesidades serán las cantidades del artículo dispuestas en el MPS.

Paso 6: Recepciones programadas

Si existe un pedido que está por llegar, coloca la cantidad y la semana en que lo hará.

Paso 7: Inventario disponible

Es producto o material con el que contamos cada período de tiempo. Es el resultado de tomar el inventario disponible que quedó al final del período anterior y sumarlo con las recepciones programadas para luego restarlo con las necesidades brutas de ese período.

Inventario disponible= Inventario disponible del período anterior+Recepciones programadas-
necesidades brutas

Si el inventario disponible es menor a las necesidades brutas, usamos el stock de seguridad. Por lo tanto el inventario disponible será igual al stock de seguridad y este último será restablecido en el próximo período, en consecuencia se sumará a las necesidades netas.

Paso 8: Necesidades netas

Se obtienen cuando el inventario disponible no es suficiente. Esto supone la obligación de generar un pedido.

Dicho de otra forma, cuando las necesidades netas son mayores a cero (0), se genera el lanzamiento o liberación de una orden de fabricación para tener el material a disposición cuando se requiera. Si son menores a 0, significa que el inventario disponible es suficiente para suplir la demanda, por lo que colocaremos 0 como resultado.

Se obtienen de la siguiente forma:

Necesidades netas= Necesidades brutas+stock de seguridad-inventario disponible del período anterior-recepciones programadas

Paso 9: Recepción de órdenes de producción

Es la cantidad de materia prima que se recibe en un período por el lanzamiento de una orden.

Mientras en el paso 8 definimos la cantidad que se requiere (necesidades netas), en el paso 9 definimos la cantidad que llega, que no necesariamente es igual a la que se requiere. Todo depende de la dimensión del lote. Existen varios métodos para definirlo, algunos de los más comunes son:

Lote a lote

El pedido es igual a la cantidad requerida.

Tamaño de lote fijo

También llamado período constante. El tamaño del lote es siempre el mismo en todos los periodos.

Mínimo coste total

El tamaño del lote se define con base en el mínimo coste total, partiendo de la semejanza entre los costos de preparar y mantener.

Mínimo coste unitario

El tamaño del lote se obtiene a partir del costo de ordenar y mantener.

Lote económico (EOQ)

También conocido como cantidad de pedido económica. Ofrece un balance entre los costos de preparación y retención del inventario.

Cantidad periódica de pedido (POQ)

Es similar al modelo de lote fijo. En este modelo se calcula un período de pedido fijo mediante el modelo de lote económico.

Otros modelos son Silver-meal y el algoritmo de Wagner-Within.

Aquí te contamos todo sobre los métodos y un ejemplo aplicado a todos: Tamaño de lote: Cómo se determina

Paso 10: Lanzamiento de una orden

Para tener la materia prima disponible en el momento deseado, antes es necesario haber emitido una orden de pedido periodos antes. Aquí es donde tiene relevancia el lead time o tiempo de entrega, con el cual podemos saber en qué momento hacer la liberación de un pedido para que llegue cuando lo requerimos.

Para hacerlo, coloca la misma cantidad calculada en el paso anterior retrocediendo tantos periodos como te indique el lead time del material o artículo.

Paso 11: Continuando el MRP (explosión de necesidades)

Lo hecho en el paso 5 hasta el paso 10 fue para los artículos terminados, lo que en nuestra lista de materiales sería el nivel 0. A continuación repetimos los mismos pasos para cada uno de los materiales y componentes de ese artículo comenzando por los del nivel 1. En otras palabras,

vamos a hacer la explosión de necesidades para los materiales y componentes con demanda dependiente.

De ahí que el siguiente elemento que tomemos tenga en cuenta para sus necesidades brutas la cantidad y momentos fijados para el lanzamiento de una orden del elemento padre (el que está en el nivel 0).

Por ejemplo si ya hicimos la planificación para el artículo «bicicletas» obteniendo que se lanzará una orden de 200 bicicletas en la semana 2 y 100 en la semana 4, los neumáticos de la bicicleta (elemento hijo) que son 2, tendrán que tener como necesidades brutas, 400 neumáticos en la semana 2 y 200 para la semana 4.

CONSTRUCCIÓN

Para llevar a cabo esta técnica necesitamos los siguientes datos:

1. La estructura de cada producto, calculando los componentes, materiales y cantidades necesarios de cada uno. Esa estructura da lugar a una lista de materiales conocida con el nombre de BOM (bill of materials).
2. Stocks iniciales del producto final y de cada uno de los materiales o componentes que lo conforman.
3. Lead time o tiempo que se necesita desde que se solicita un componente o material hasta que se obtiene.
4. Tamaño del lote mínimo que se puede adquirir para cada uno de los componentes o materiales.

LISTA DE MATERIALES

BOM: Bill of Material

OBJETIVO

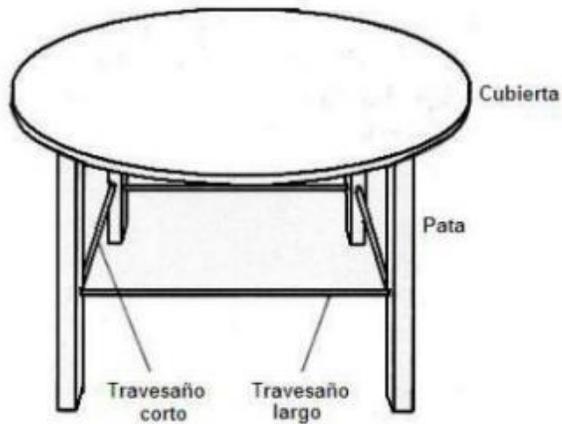
Construir la estructura arbolar de un producto (demanda independiente), y los ensambles y componentes (demanda dependiente) necesarios para su construcción.

DEFINICIÓN

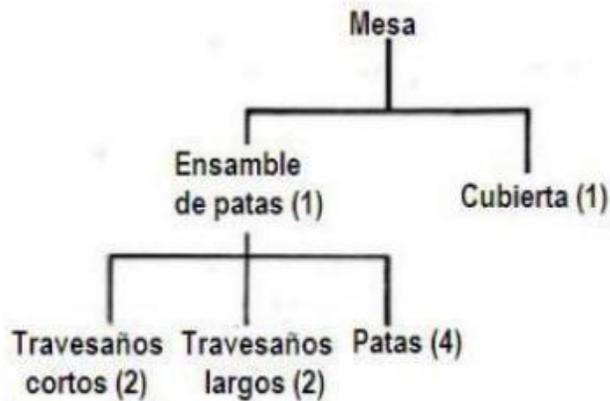
El BOM es una lista estructurada de todos los materiales o partes necesarios para producir un producto terminado en particular, un ensamble, un subensamble, una parte manufacturada o una parte comprada. El archivo de lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de

productos e indica no sólo los materiales, las piezas y los componentes, sino además la secuencia de creación del producto.

Ejm 1: Se tiene el siguiente producto:



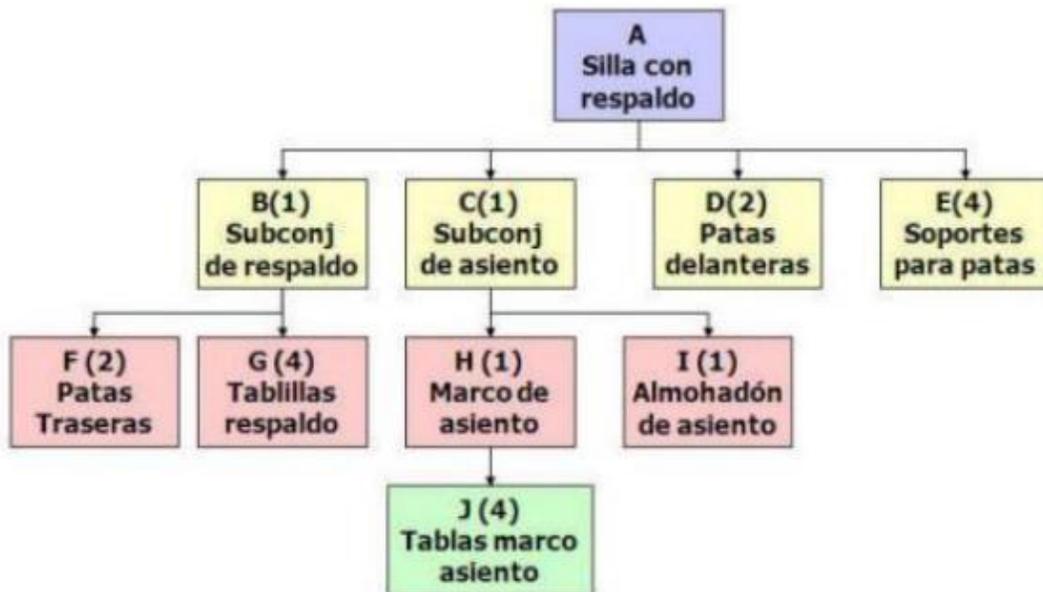
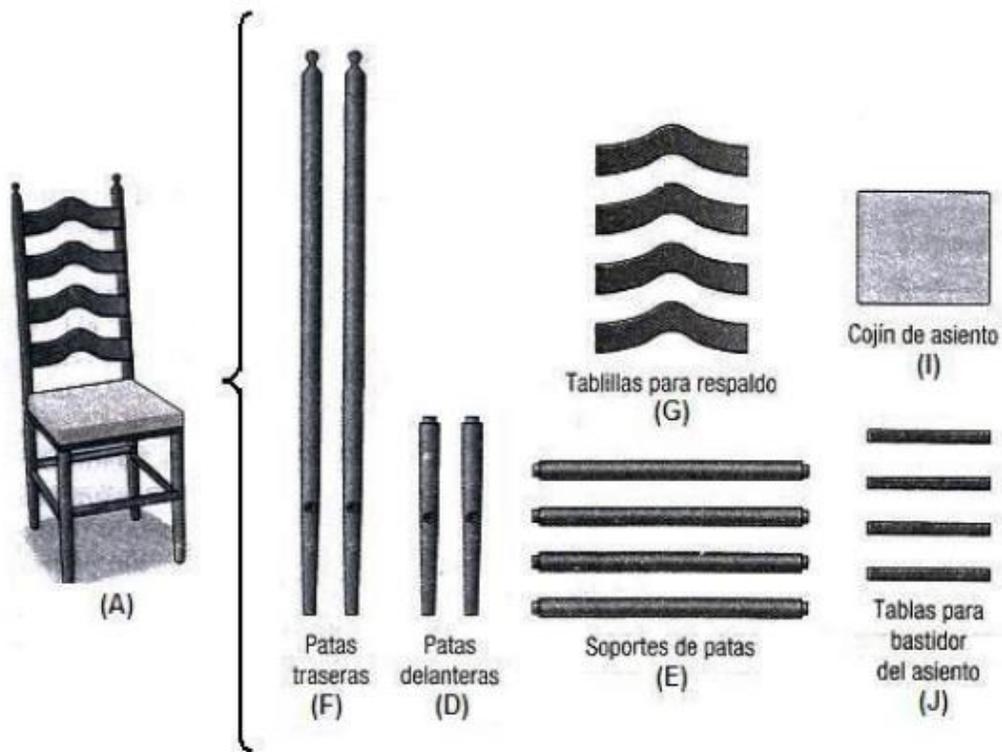
La lista de componentes (estructura arbol), luego de analizar la imagen mostrada, se tiene la siguiente estructura:



Nota:

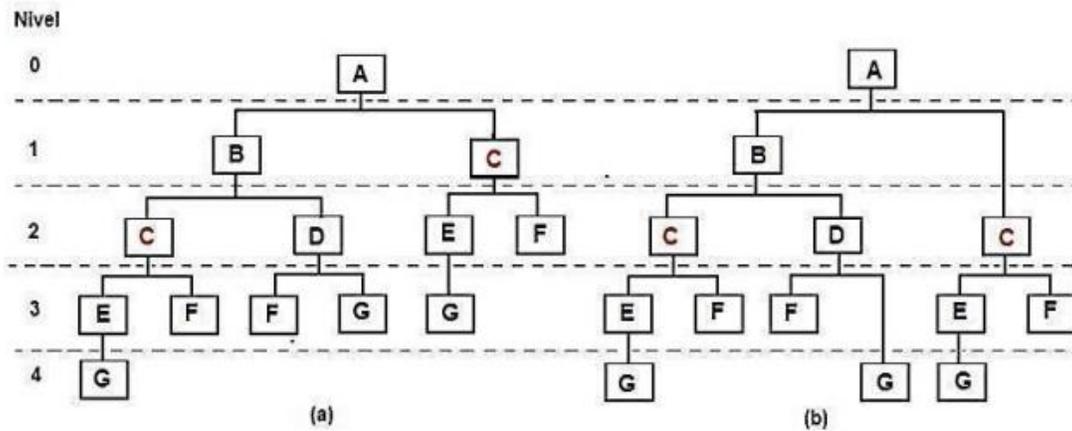
- El número entre paréntesis, indica la cantidad de unidades de dicho componente para 1 unidad del componente inmediato superior.
- Padre: elemento que tiene sólo hijos (Ejm Mesa). Ensamble: elemento que tiene padre e hijos (Ejm Ensamble de patas).
- Componente: elemento que tiene sólo padre (Ejm Cubierta, travesaños, patas).

Ejm 2: Estructura de una silla



JERARQUÍA DE NIVELES Los productos finales, ensamblajes y componentes; al representarse mediante una estructura de árbol, conforman niveles jerárquicos (similar a un organigrama). Esto nos permite, entre otras cosas:

- Seguir el orden jerárquico de la lista de materiales.
- Identificar el origen de los requerimientos, si el artículo aparece en varios niveles del BOM (ver C, E, F, G), el orden se establece según el nivel más bajo en el cual aparece (ver imagen inferior).
- El requerimiento bruto de un artículo depende de los lanzamientos programados de todos los artículos-padres de los que forma parte.



BOM: Casos propuestos

1. El producto A comprende los subensambles B y C. El subensamble B necesita dos partes de D y una de E. El subensamble C requiere una parte de D y una parte de F. Construir el árbol estructural.
2. Una unidad de A consta de 2 unidades de B y tres unidades de C. Cada B consta de una unidad de F. C se obtiene de una unidad de D, una unidad de E y dos unidades de F.
3. El producto A es una pieza final y se obtiene de dos unidades de B y cuatro unidades de C. B se obtiene de tres unidades de D y dos unidades de E. C se obtiene de dos unidades de F y dos de E. Presente la lista de materiales (árbol estructural del producto).
4. El producto A consta de dos unidades del subensamble B, tres unidades de C y una unidad de D. B consta de cuatro unidades de E y tres unidades de F. C se obtiene de dos unidades de H y tres unidades de D. H se obtiene de cinco unidades de E y dos unidades de G. Elabore una lista de materiales simple (árbol estructural del producto).
5. Una unidad de A se obtiene de tres unidades de B, una unidad de C y dos unidades de D. B consta de dos unidades de E y una unidad de D. C se obtiene de una unidad de B y dos unidades de E. E se obtiene de una unidad de F.
6. La unidad A se obtiene de dos unidades de B, tres unidades de C y dos unidades de D. B consta de una unidad de E y dos unidades de F. C se obtiene de dos unidades de F y una unidad de D. E se obtiene de dos unidades de D.
7. Una unidad de A se obtiene de una unidad de B y una unidad de C. B se obtiene de cuatro unidades de C y una unidad de E y de F. C se obtiene de dos unidades de D y una unidad de E. E se obtiene de tres unidades de F.
8. Una unidad de A se obtiene de dos unidades de B y una unidad de C. B se obtiene de tres unidades de D y una unidad de F. C consta de tres unidades de B y una unidad de D y cuatro unidades de E. D se obtiene de una unidad de E.
9. Se ensambla un teléfono con un auricular y una base. El primero a su vez se ensambla con una manija y un cordón; el segundo se ensambla a partir de una caja, un tablero de circuitos y una placa frontal. Construir la estructura arbolar.

10. Speaker Kit S.A. empaqueta componentes de alta fidelidad para pedidos por correo. Los componentes de su equipo de alta fidelidad más apreciado por el público, el "Awesone" (A), incluye 2 equipos de altavoces (B) y 3 equipos estéreo de 300 watis (C). Cada unidad B, incluye 2 altavoces estándar de 12" (D) y 2 cajas de transporte (E) con su kit de instalación. Cada equipo estéreo (C) tiene 2 amplificadores de altavoces (F) y 2 cajas de transporte e instalación (E). Un amplificador de altavoces (F) consta de un amplificador (G) y de una pareja de altavoces estándar de 12" (D). Construir la estructura arbolar de componentes.

OBJETIVO

Calcular la cantidad de elementos o componentes que se requieren para atender la demanda o plan de producción. CANTIDAD NETA DE COMPONENTES Conociendo la demanda Para determinar los requerimientos de materiales, en una situación como la presente, deberá realizar las siguientes acciones: 1. Dado el enunciado de composición del producto final, construir la estructura arbolar. 2. Multiplicar la demanda del producto final por la cantidad requerida de cada componente, desde el producto final hasta "llegar" a cada una de las ramas. Ejm: Se tiene que atender una demanda de 150 mesas. Determine la cantidad necesaria de cada uno de los componentes, para poder atender el pedido.



Solución: Mesa: 150 unid Cubierta: 150 mesas (1 cub/mesa) = 150 unid Ensamble patas: 150 mesas (1 ens pat/mesa) = 150 unid Travesaños cortos: 150 mesas (1 ens pat/mesa) (2 trav cto/ens)

= 300 unid Travesaños largos: 150 mesas (1 ens pat/mesa) (2 trav lgo/ens) = 300 unid Patas: 150 mesas (1 ens pat/mesa) (4 pat/ens) = 600 unid

Conociendo la demanda e inventarios Para determinar los requerimientos de materiales, según este modelo, deberá realizar las siguientes acciones:

1. Dado el enunciado de composición del producto final, construir la estructura arbolar.
2. Calcule los requerimientos netos (demanda - inventario), para cada componente; esta operación debe realizarse por niveles. Ejm: Con los datos del caso anterior, y los inventarios según la tabla adjunta; determine los requerimientos de componentes. Mesa: 50 unid Cubierta: 20 unid Ensamble patas: 30 unid Travesaños cortos: 150 unid Travesaños largos: 100 unid Patas: 120 unid Solución: Mesa: $150 - 50 = 100$ unid Cubierta: $100 \text{ mesas (1cub/mesa)} - 20 = 80$ unid Ensamble patas: $100 \text{ mesas (1 ens pat/mesa)} - 30 = 70$ unid Travesaños cortos: $70 \text{ ens pat/mesa (2 trav cto/ens)} - 150 = (10)$ unid (no fabricar) Travesaños largos: $70 \text{ ens pat/mesa (2 trav lgo/ens)} - 100 = 40$ unid Patas: $70 \text{ ens pat/mesa (4 pat/ens)} - 120 = 160$ unid Conociendo la demanda, inventarios y recepción pendiente Para determinar los requerimientos de materiales, según este modelo, deberá realizar las siguientes acciones: 1. Dado el enunciado de composición del producto final, construir la estructura arbolar. 2. Identificar la jerarquía de niveles. 3. Construir una tabla de horizonte de tiempo (proyección) 4. Calcule los requerimientos netos: NB: Necesidades brutas (demanda del producto/ensamble/componente) terminado. INV: Inventario neto = Inventario inicial - Stock de seguridad. RPL: Recepción planeada: Inventario disponible en el tiempo "i-ésimo". sólo utilizar las que--> tiempo arribo <= tiempo de la demanda NN: Necesidades netas = NB-INV-RPL. 108 Ejm: Se tiene que atender una demanda de 150 mesas, las cuales deben entregarse en la semana 5. Determine la cantidad necesaria de cada uno de los compo

UNIDAD 2. PLANEACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD

Capacidad de diseño y capacidad efectiva

La capacidad de diseño es la producción teórica máxima de un sistema en un periodo dado bajo condiciones ideales. Normalmente se expresa como una tasa, como el número de toneladas de acero que se pueden producir por semana, por mes o por año. Para muchas compañías, medir la capacidad resulta sencillo: es el número máximo de unidades producidas en un tiempo específico. Sin embargo, para otras organizaciones, determinar la capacidad puede ser más difícil. La capacidad se puede medir en términos de camas (un hospital), miembros activos (una iglesia) o tamaño de los salones de clase (una escuela). Otras organizaciones usan el tiempo de trabajo total disponible como medida de su capacidad global.

La mayoría de las organizaciones operan sus instalaciones a una tasa menor que la capacidad de diseño. Lo hacen porque han encontrado que pueden operar con más eficiencia cuando no tienen que extender sus recursos hasta el límite. En vez de esto, prefieren operar quizá a un 82% de la capacidad de diseño. Este concepto se denomina capacidad efectiva.

La capacidad efectiva es la capacidad que una empresa espera alcanzar dadas las restricciones operativas actuales. A menudo la capacidad efectiva es menor que la capacidad diseñada debido a que la instalación puede haber sido diseñada para una versión anterior del producto o para una mezcla de productos diferente que la que se produce actualmente.

Dos medidas del desempeño del sistema son particularmente útiles: la utilización y la eficiencia.

La utilización es simplemente el porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra. La eficiencia es el porcentaje de la capacidad efectiva que se alcanza en realidad. Dependiendo de la forma en que se usen y administren las instalaciones, puede ser difícil o imposible alcanzar el 100% de eficiencia. Los administradores de operaciones tienden a ser evaluados con base en la eficiencia. La clave para mejorar la eficiencia se encuentra frecuentemente en la corrección de los problemas de calidad, así como en una programación, capacitación y mantenimiento efectivos. A continuación se calculan la utilización y la eficiencia:

Utilización = Producción real/Capacidad de diseño \

Eficiencia = Producción real/Capacidad efectiva

Sara James Bakery tiene una planta procesadora de panecillos Deluxe para el desayuno y quiere entender mejor su capacidad. Determine la capacidad de diseño, la utilización y la eficiencia para esta planta al producir este panecillo Deluxe.

Método: La semana pasada la instalación produjo 148,000 panecillos. La capacidad efectiva es de 175,000 unidades. La línea de producción opera 7 días a la semana en tres turnos de 8 horas al día. La línea fue diseñada para procesar los panecillos Deluxe, rellenos de nuez y con sabor a canela, a un tasa de 1,200 por hora. La empresa calcula primero la capacidad de diseño y después usa la ecuación (S7-1) para determinar la utilización y la ecuación para determinar la eficiencia.

Solución:

Capacidad de diseño = (7 días 3 turnos 8 horas) (1,200 panecillos por hora) = 201,600 panecillos

Utilización = Producción real/Capacidad de diseño = 148,000/201,600 = 73.4%

Eficiencia = Producción real/Capacidad efectiva = 148,000/175,000 = 84.6%

Razonamiento: La pastelería tiene ahora la información necesaria para evaluar la eficiencia.

Ejercicio de aprendizaje: Si la producción real es de 150,000, ¿cuál es la eficiencia? [Respuesta: 85.7%]

La capacidad diseñada, la eficiencia y la utilización son medidas importantes para un administrador de operaciones. Pero a menudo los administradores también necesitan conocer la producción esperada de una instalación o de un proceso. Para lograrlo, se despeja la producción real (o en este caso futura o esperada) como se muestra en la ecuación (S7-3).

Producción real (o esperada) = (Capacidad efectiva)(Eficiencia)

En ocasiones, a la producción esperada se le denomina capacidad tasada. Con el conocimiento de la capacidad efectiva y la eficiencia, un administrador puede encontrar la producción esperada de una instalación. Esto se muestra en el ejemplo

La administradora de Sara James Bakery (vea el ejemplo S1) ahora necesita incrementar la producción del cada vez más popular panecillo Deluxe. Para satisfacer la demanda, debe agregar una segunda línea de producción.

Método: La administradora debe determinar la producción esperada en esta segunda línea para el departamento de ventas. La capacidad efectiva en la segunda línea es la misma que en la primera línea, es decir, 175,000 panecillos Deluxe. Como se calculó en el ejemplo S1, la primera línea opera con una eficiencia del 84.6%. Pero la producción en la segunda línea será menor debido a que el personal será primordialmente de nueva contratación; así que se espera que la eficiencia no sea mayor al 75%. ¿Cuál es la producción esperada entonces?

Solución: Use la ecuación (S7-3) para determinar la producción esperada:

Producción esperada = (Capacidad efectiva)(Eficiencia) = (175,000)(.75) = 131,250 panecillos

Razonamiento: Ahora se le puede decir al departamento de ventas que la producción esperada es de 131,250 panecillos Deluxe.

Ejercicio de aprendizaje: Después de un mes de capacitación, se espera que el personal de la segunda línea de producción trabaje con una eficiencia del 80%. ¿Cuál es la producción esperada modificada de los panecillos Deluxe?

[Respuesta: 140,000].

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio es una herramienta crucial para determinar la capacidad que debe tener una instalación a fin de lograr rentabilidad. El objetivo del análisis del punto de equilibrio es encontrar el punto, en dinero y unidades, donde el costo y el ingreso sean iguales. Este punto se llama punto de equilibrio. Las compañías deben operar por arriba de este nivel para lograr rentabilidad.

el análisis del punto de equilibrio requiere una estimación de los costos fijos, de los costos variables, y del ingreso.

Los costos fijos son aquellos costos que continúan igual incluso cuando no se producen unidades.

Los ejemplos incluyen pagos por concepto de depreciación, impuestos, deudas e hipotecas. Los costos variables son los que varían con el volumen de unidades producidas. Los componentes principales de los costos variables son mano de obra y materiales. Sin embargo, otros costos, como la porción de los suministros que varía con el volumen, también son costos variables. La diferencia entre el precio de venta y los costos variables es la contribución. Sólo cuando la contribución total exceda al costo fijo total se tendrán utilidades.

Otro elemento incluido en el análisis del punto de equilibrio es la función de ingreso. En la figura S7.6, el ingreso comienza en el origen y procede a subir hacia la derecha, incrementándose con el precio de venta de cada unidad. En el sitio donde la función de ingreso cruza la línea del costo total (la suma de los costos fijos y variables) está el punto de equilibrio, con un corredor de utilidad a la derecha y un corredor de pérdida hacia la izquierda.

Enfoque algebraico A continuación se muestran las fórmulas respectivas del punto de equilibrio en unidades y dólares. Sean

PEQ_x = punto de equilibrio en unidades

IT = ingreso total = Px

PEQ_s = punto de equilibrio en dólares

F = costos fijos

P = precio por unidad (después de todos los descuentos)

V = costos variables por unidad

x = número de unidades producidas

CT = costos totales = $F + Vx$

El punto de equilibrio ocurre cuando el ingreso total es igual a los costos totales. Por lo tanto:

$$IT = CT \quad \text{o} \quad Px = F + Vx$$

Al despejar x , se obtiene

$$PEQ_x = \frac{F}{P - V}$$

y

$$\begin{aligned} PEQ_s &= PEQ_x P = \frac{F}{P - V} P = \frac{F}{(P - V)/P} \\ &= \frac{F}{1 - V/P} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilidad} &= IT - CT \\ &= Px - (F + Vx) = Px - F - Vx \\ &= (P - V)x - F \end{aligned}$$

Stephens Inc., quiere determinar el volumen mínimo necesario en dólares y unidades para lograr el punto de equilibrio en su nueva instalación.

Método: La compañía determina primero que en este periodo tiene costos fijos de \$10,000. La mano de obra directa cuesta \$1.50 por unidad, y el material \$.75 por unidad. El precio de venta unitario es de \$4.00.

Solución: El punto de equilibrio en dólares se calcula de la siguiente manera:

$$PEQ_s = \frac{F}{1 - (V/P)} = \frac{\$10,000}{1 - [(1.50 + .75)/(4.00)]} = \frac{\$10,000}{.4375} = \$22,857.14$$

El punto de equilibrio en unidades es:

$$PEQ_x = \frac{F}{P - V} = \frac{\$10,000}{4.00 - (1.50 + .75)} = 5,714$$

Observe que se utilizan los costos variables totales (es decir, mano de obra y material).

Razonamiento: Ahora la administración de Stephens Inc., ya tiene una estimación tanto en dólares como en unidades del volumen necesario para la nueva instalación.

Ejercicio de aprendizaje: Si Stephens encuentra que el costo fijo se incrementará a \$12,000, ¿qué le pasa al punto de equilibrio en unidades y en dólares? [Respuesta: El punto de equilibrio en unidades aumenta a 6,857, y el punto de equilibrio en dólares se incrementa a \$27,428.57].

Problemas relacionados: S7.9, S7.12, S7.13, S7.14, S7.15, S7.16, S7.17, S7.18, S7.19, S7.20, S7.21, S7.22, S7.23

UNIDAD 3. CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION

DFSDF

Balaneo de líneas

Los autores Suñé, Arcusa y Gil (2004), señalan que el aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizarán un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra.

Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balaneo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.
2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.
3. Los recursos necesarios.
4. El orden lógico de ejecución.

Así mismo, el autor Meyers (2000), señala que los propósitos de la técnica de balaneo de líneas de ensamble son las siguientes:

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Reducir el costo de producción.

Establecer el tiempo estándar.

Además, los autores García, Alarcón y Albarracín (2004), dicen que el balaneo de líneas se

hace para que en cada estación de trabajo exista el mismo tiempo de ciclo, es decir, el producto fluya de una estación a otra cada vez que se cumple el tiempo de ciclo por lo que no se acumula.

Todas las estaciones deben pasar el trabajo realizado a la siguiente estación de trabajo cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, por lo tanto, no hay cuellos de botella porque todas las estaciones tardan lo mismo.

Trabajo Estandarizado

En toda empresa de manufactura podemos encontrar líneas de producción, y son responsables desde el diseño hasta la producción. Por consiguiente, ¿Cómo sería el resultado si cada persona en cada área, trabajara de diferente modo? Por ejemplo, si el método de operación fuese diferente entre cada uno de los turnos. Posiblemente se presentarían las siguientes problemáticas:

- Se producen diferentes defectos por cada uno de los miembros
- Se dificulta conocer la causa de las fallas de la operación
- La mejora de la operación se hace problemática dado que cada quien realiza la operación a su forma de pensar
- Se realizan actos inseguros por cada uno de los miembros
- Se dificulta la capacitación y el entrenamiento del personal
- Se generan retrasos entre operaciones que se reflejan en el incumplimiento de las entregas de la producción al siguiente proceso
- Se incrementan los costos por daños en el producto por malas prácticas en la operación.

Por lo tanto, la operación estándar debe de incluir todos los requisitos importantes dentro de la organización e incluirlos para que estos se realicen de forma sistemática (González, 2007).

Productividad

La productividad es una medida del rendimiento del proceso, pudiendo expresarse como el cociente salidas/entradas. Los recursos o factores productivos considerados como entradas podrán tener tanto carácter material como humano. Los productos resultantes considerados como output, pueden hacer referencia a bienes de uso o a servicios prestados (De la Fuente, 2006).

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\textit{Salida (Unidades)}}{\textit{(numero de personas * jornada)}}$$

Takt Time

El takt time es el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto. Es un término muy conocido en la manufactura el cual se utiliza para establecer el tiempo que se debe tardar en completar una unidad para cumplir con la demanda (Ortiz, 2006).

Tolerancias o suplementos

Es el suplemento que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que puede atender a sus necesidades personales (Sempere, Miralles, Romano y Vicens 2003).

Valor de la actuación.

Para que la comparación entre la escala del tiempo observado de trabajo, y la escala de trabajo estándar sea más efectiva, es necesario tener una escala numérica para hacer una evaluación. Esta evaluación podrá ser utilizada como un factor por el cual el tiempo observado podrá ser multiplicado para dar el tiempo estándar. Hay varios sistemas de evaluación, la más común es el Sistema Westinghouse: Desarrollado por Westinghouse Electric Corporation, el cual ha tenido mucha aplicación especialmente en el ciclo corto y en las operaciones repetitivas. Este método considera 4 factores a evaluar, habilidad, esfuerzo, condición y consistencia. La eficiencia general se obtiene sumando las calificaciones de los 4 factores a una constante de 1 (Salvendy, 2001).

Problema

La línea de producción BT Ibox de la empresa bajo estudio, lleva operando a la fecha diez meses (noviembre del 2010), por lo que se le considera un NPI (New Product Introduction). Debido a esto, aún no se han balanceado sus actividades, no se ha establecido el trabajo estándar, el tiempo estándar y el tiempo de ejecución (playbook), lo que ocasiona que la línea pueda estar trabajando con un número inadecuado de operadores, que no se trabaje a un ritmo constante, que se trabaje de una forma incorrecta y no poder satisfacer la demanda de los clientes.

Todo lo anterior afecta la productividad, dado el tiempo de ocio que se genera y por el scrap (material de desecho) generado por desconocer el orden correcto de operación. Lo que conlleva a plantearnos la siguiente pregunta ¿Cuál será el correcto balanceo de línea que permita reducir el tiempo de ocio en los operadores sin reducir la productividad de la línea?

Objetivo

Balancear la línea de producción BT Ibox de la empresa UTC Fire & Security, mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, con el fin de establecer la cantidad necesaria de operadores unificando actividades para eliminar el tiempo de ocio sin afectar su productividad.

Método

A continuación, se detalla el procedimiento de González (2007), utilizado para establecer el trabajo estándar dentro de la línea de producción BT Ibox.

1. Base para el establecimiento de la operación estándar.

La operación estándar debe de ser establecida incluyendo las siguientes normas indispensables para su ejecución: En los equipos - condiciones de corte, condiciones de uso, etc.; en los materiales - dureza, resistencia, tipo de material, forma, etc.; en las operaciones - secuencia, medidas, norma de inspección, tiempo estándar, etc., estos estándares se muestran en el plan de control y en el diagrama de flujo de proceso.

2. Unidad de establecimiento.

Las operaciones estándar se establecen para cada operación unitaria, por cada parte, por cada máquina y por cada proceso.

3. Alcance de establecimiento.

La operación estándar no incluye solo las operaciones principales, sino también las relacionadas que son necesarias para realizar las operaciones principales en otras palabras, todas las operaciones deben ser estandarizadas.

4. Elementos de la operación estándar.

Las operaciones estándar son el mejor método para realizar una operación, la cual se debe considerar una norma básica (ley) que los operadores deben respetar. A continuación se describen los cuatro elementos de la operación estándar:

a) Carga de trabajo (tiempo de la operación).

La hoja de operación estándar muestra la carga de trabajo que el supervisor quiere asignar a cada uno de los subordinados. El supervisor debe definir el tiempo objetivo de cada operación unitaria, a través de su realización por un operador promedio. Ya teniendo un tiempo para cada operación unitaria, deberá distribuir la carga de trabajo entre todos los operadores, de acuerdo al takt time de producción.

b) Secuencia de operación.

El supervisor debe clarificar la secuencia de operación y la ruta de desplazamientos, por ejemplo la secuencia de ensamble de las partes, la carga de partes a una máquina, etc.

c) Puntos críticos.

El cuarto elemento de la operación estándar son los puntos críticos. Con ellos se consigue la calidad, facilidad y seguridad en la operación. Para poder lograr estos resultados se debe considerar el ingenio y la intuición para definirlos. Es importante clarificar los puntos críticos de la operación, para después enseñarla a los operadores y hacer que las respeten, y así poder tener el mismo nivel de habilidad.

d) Forma para establecer la operación estándar.

Es muy importante establecer la operación estándar, enseñarla, y hacer que se respete. También es importante disminuir la variación de la calidad y mejorar la productividad, sin embargo hay operaciones que no son fáciles de establecer debido a sus características, por lo que es importante estandarizarlas buscando la forma más adecuada para su área de trabajo.

En el presente estudio, y de acuerdo a lo anterior, para establecer la carga de trabajo se utilizó la técnica del uso del cronómetro siguiendo el método expuesto por Quesada y Villa (2007), el cual se detalla a continuación:

1. Seleccionar al operario y explicar el objetivo del estudio: El operario deberá ser un trabajador calificado, que posea la necesaria aptitud física y mental para ejecutar el trabajo.
2. Obtener y registrar toda la información: Todas las operaciones que intervienen en la elaboración del producto o pieza (Diagrama del proceso).
3. Identificar el estudio: Número del estudio, número de la hoja, fecha del estudio, nombre del analista, nombre de quien aprueba el estudio.
4. Información del proceso (producto a elaborar): Departamento o lugar donde se hace la operación o actividad.
5. Descomposición de la tarea en elementos: Se desglosa la tarea en elementos y a cada elemento se le determina su tiempo estándar.
6. Cronometrar cada proceso: Una vez delimitados los elementos, se realiza el cronometraje. Al final de cada elemento se anota el tiempo que marca el cronómetro y los tiempos de cada elemento.
7. Calcular el tamaño de la muestra o el número de observaciones: Con estos métodos estadísticos se requiere determinar un tamaño de muestra preliminar (n) y luego aplicar la siguiente fórmula para un nivel de confianza del 95% y un margen de precisión del 5%.
8. Cronometrar hasta tener el número de observaciones obtenidas con la fórmula: Se debe tener un registro de tiempos cronometrados igual al resultado de la fórmula del paso 7.
9. Conversión y cálculo básico del tiempo promedio para cada elemento: En la hoja de resumen se procede a sumar todos los tiempos básicos calculados para un mismo elemento y se divide dicho total por el número de veces cronometradas.
10. Aplicar tolerancias: Se aplican las tolerancias por necesidades personales, fatiga y por retrasos inevitables.
11. Calcular factor de la actuación: La calificación de 1 que utiliza UTC Fire & Security se obtiene del Sistema Westinghouse. Este sistema utiliza una constante de 1 sumándosele las

diferentes calificaciones, sin embargo, las calificaciones que utiliza UTC Fire & Security son regulares, por lo que la suma es del 0%, quedando como resultado 1.

12. Cálculo del tiempo estándar: Se calcula utilizando la siguiente fórmula Tiempo estándar = Tiempo normal * Valor de la actuación * % tolerancias

Para obtener las tolerancias se utilizó el método de tolerancia constante sumada al tiempo normal, según Stephens (2006), ya que es una de las técnicas más utilizadas en la industria (tabla1).

Tabla 1. Tolerancias para tiempo estándar.

Actividad	Tiempo (min)
Descanso (desayuno)	20
Descanso (comida)	30
Tiempo personal	10
Total	60

- Jornada laboral = 9.6 horas = 576 minutos
- Tiempo no trabajado = 60 minutos
- Tolerancia = $\frac{60}{576 - 60} * 100 = 11.62\% \approx 12\%$

En el primer paso (cronometrar actividades y aplicar la fórmula del número de muestras a cronometrar) se tomó el tiempo (10 muestras) para cada actividad representado en segundos, en la tabla 2 se muestran las 10 operaciones que fueron cronometradas en la línea de BT Ibox, cada una de esas operaciones fueron realizadas por operadores capacitados.

Tabla 2. Número de actividades cronometradas en segundos en la línea de producción BT Ibox.

Actividad	Ciclo1	Ciclo2	Ciclo3	Ciclo4	Ciclo5	Ciclo6	Ciclo7	Ciclo8	Ciclo9	Ciclo10
Tup 1	299.60	306.69	327.44	307.31	307.68	311.80	311.14	307.70	307.61	313.64
Fracture & Initial Test	106.97	103.45	99.69	103.38	98.53	105.26	101.54	104.92	97.30	97.93
Tup 2	27.37	26.48	25.20	26.28	22.30	24.48	24.08	25.12	26.48	26.57
Tup 3	24.42	27.11	27.57	25.17	25.24	27.39	26.22	24.28	25.03	27.12
Tup 4 & Prepot	25.85	22.10	29.16	25.63	26.26	28.25	29.11	21.62	31.28	24.28
Poly	38.85	36.10	39.16	37.63	36.26	38.25	39.11	37.62	35.98	39.28
Boot & Date	29.00	29.45	27.76	28.69	25.01	24.89	25.46	24.94	25.41	26.46
Rivet & Lens	23.00	25.35	24.56	26.69	28.46	21.69	25.35	22.72	23.39	22.36
Laser, Loctite & Final Test	47.24	47.76	50.75	48.18	51.12	52.25	51.66	52.86	46.86	50.54
Packaging	33.14	34.92	34.72	38.56	32.45	35.77	39.28	32.72	36.30	35.76

Como bien se puede observar en la misma tabla 3, al momento de calcular el número total de muestras a cronometrar, se obtuvo el resultado de que todas las observaciones realizadas fueron suficientes, ya que se tomaron 10 muestras para cada actividad, por lo tanto cumplen con los resultados de la fórmula, siendo no necesario tomar más muestras.

Después de concluir el primer punto, en el paso 2 se calcula el takt time, este se obtiene dividiendo el tiempo disponible con el que cuenta la empresa entre la demanda del cliente. Dicho resultado nos señalará el tiempo máximo que el operador debe trabajar la pieza antes de pasarla al siguiente operador, es decir, el tiempo máximo que la pieza debe durar en cada operación o actividad.

Por su parte, a fin de calcular el takt time, se hacen los cálculos correspondientes para un día. Para ello se dividió el total de segundos trabajados en un día (79,560 segs), obtenidos de las 22.1 horas diarias, entre el total de piezas que deben de salir diarias para cumplir la demanda de 7000 piezas.

$$TT = \frac{79,560 \text{ segs}}{1400 \text{ pzs}} = 56.82 \text{ segs/pieza}$$

Tabla 3. Promedio de tiempos cronometrados para cada operación y tamaño de muestra a cronometrar.

	Tup 1	Fracture & Initial Test	Tup 2	Tup 3	Tup 4 & Prepot	Poly	Boot & Date	Rivet & Lens	Laser, Loctite & Final Test	Packaging
Promedio (X)	310.06	101.9	25.44	25.96	27.26	37.83	26.71	24.36	49.92	35.87
Desviación Estándar (s)	7.19	3.4	1.51	1.27	3.28	1.32	1.84	2.13	2.21	2.36
GL (t)	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833
Error (k)	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05
Total de muestras a cronometrar (n)	.72	1.2	.18	1.80	4.42	1.28	2.52	3.21	1.62	2.42

Fire & Security utiliza los promedios de la tabla 3 para obtener el número de muestras a cronometrar, más no para obtener el tiempo estándar, los promedios que utiliza son los que se calculan en el paso 3, los cuales se obtienen promediando el valor mayor y el valor menor de cada actividad. En la tabla 4 se muestran éstos promedios.

UNIDAD 4. JUSTO A TIEMPO

Kanban

Ejercicio Kanban nº 1

Un proveedor de aireadores para un fabricante de automóviles tiene las siguientes exigencias de su cliente:

- El cliente hará pedidos a lo largo del año, comprometiéndose a completar 125.000 uds. al cabo del año. La demanda es aproximadamente constante a lo largo del año (que tiene 250 días laborables).
- Cada pedido del cliente debe ser entregado en un plazo máximo de 2 días por el proveedor.
- El cliente obliga al proveedor a mantener un stock de seguridad de 0,5 días de demanda.
- La capacidad de los contenedores de aireadores fabricados por el proveedor es de 250 uds.

Determine el número de tarjetas mínimo necesario para gestionar los suministros entre proveedor y cliente a través de un sistema kanban.

SOLUCIÓN

Plazo de entrega: 2 días.

Demanda media: $125.000 \text{ uds} / 250 \text{ días/año} = 500 \text{ uds/día}$.

Demanda en el plazo de entrega: $2 \text{ días} * 500 \text{ uds/día} = 1.000 \text{ uds}$.

Stock de seguridad: $0,5 \text{ días de demanda} = 0,5 \text{ días} * 500 \text{ uds/día} = 250 \text{ uds}$.

Capacidad del contenedor = 250 uds.

Por tanto,

Nº mínimo de kanbans = $(D_{pe} + SS)/CC = (1.000 + 250)/250 = 5 \text{ kanbans}$.

Ejercicio Kanban nº 2

Una empresa fabricante de compresores quiere implantar un sistema kanban entre la fase de mecanizado y la fase siguiente, pintado (que es la última del proceso productivo). Determine el número mínimo de tarjetas que serán necesarias, sabiendo los siguientes datos:

- El coste de emisión de una orden de producción emitida de pintado a mecanizado se estima en 10 euros.
- El coste de almacenamiento de un compresor pintado se estima en 100 euros anuales.
- La capacidad de producción diaria de ambas secciones es de 200 uds.
- La demanda media diaria es de 100 uds.
- Los días laborables del año son 250.
- El plazo de entrega de una orden de producción por mecanizado a pintado es el tiempo de producción de la misma incrementado en 0,5 días para inspecciones, transportes, etc.
- Las existencias de seguridad se han establecido en 0,5 días de demanda, para cubrirse ante variaciones aleatorias de la misma.
- La capacidad máxima de los carros en los que se transportan los compresores es de 50 compresores.

SOLUCIÓN

En primer lugar, calcularemos el tamaño óptimo de la orden de producción:

$$EOQ = \sqrt{\left(\frac{2 * D * Ce}{r * c * (1 - (D/P))}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2 * 100 * 250 * 10}{100 (1 - (100/200))}\right)} = 100 \text{ uds.}$$

Por tanto, la sección de pintado emitirá órdenes de producción a mecanizado por 100 compresores. Esto significa 0,5 días de producción en mecanizado, y un plazo de entrega a pintado de 0,5 días + 0,5 días = 1 día.

Por tanto, para calcular el número mínimo de kanbans:

$$\text{Demanda en el plazo de entrega (Dpe)} = \text{Demanda media diaria (Dm)} * \text{plazo de entrega (p.e.)} = 100 \text{ uds/día} * 1 \text{ día} = 100 \text{ uds.}$$

$$\text{Existencias de seguridad (SS)} = 0,5 \text{ días de demanda} = 0,5 \text{ días} * 100 \text{ uds/día} = 50 \text{ uds.}$$

$$\text{Capacidad del contenedor (CC)} = 50 \text{ uds.}$$

Nº mínimo de kanbans = $(D_{pe} + SS) / CC = (100 + 50) / 50 = 3$ kanbans.

O también:

Nº mínimo de kanbans = $(D_m * p.e. * (1+CS)) / CC = (100 * 1 * (1+0,50)) / 50 = 3$ kanbans.

Donde CS es el coeficiente de seguridad = 50% (es decir, 0,5 días de demanda sobre 1 día de plazo de entrega).

UNIDAD 5. TEORIA DE RESTRICCIONES

La Teoría de Restricciones (TOC) es todo un proceso de mejoramiento continuo, basado en un pensamiento sistémico, que ayuda a las empresas a incrementar sus utilidades con un enfoque simple y práctico, identificando las restricciones para lograr sus objetivos, y permitiendo efectuar los cambios necesarios para eliminarlos (Goldratt, 1993).

De acuerdo a Aguerre (2009), para desarrollar el proceso de mejora continua propuesto por Goldratt, la Teoría de Restricciones se basa en el siguiente ciclo compuesto por cinco pasos:

1. Identificar la restricción del sistema
2. Decidir cómo explotar la restricción del sistema
3. Subordinar todas las actividades del sistema.
4. Elevar la restricción del sistema.
5. Implementar y volver a analizar el sistema

Trúput (T)

De acuerdo a Goldratt (2002), se define como: La velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Mide cuánto dinero genera el sistema tomando en cuenta:

- ☒ Utilidades a través de ventas
- ☒ Ingresos como intereses cobrados
- ☒ Regalías por patentes, etc.

El Trúput asociado a un producto se define matemáticamente con la siguiente fórmula:

$$T= N(PV-CTV)$$

Siendo:

T: Trúput

N: Cantidad de unidades cobradas en un período.

PV: Precio de venta del producto

CTV: Costos Totalmente Variables. Son aquellos que aumentan de manera directamente proporcional con el volumen de ventas, tales como materias primas y componentes, servicios de terceros, comisiones por ventas, pago por proyecto, etc.

Gastos Operativos (GO)

Es todo el dinero que el sistema gasta en convertir el inventario en Trúput. (Goldratt, 2009). Son todos los gastos directamente proporcionales con las ventas. Es decir los gastos en los que la empresa incurre aunque no venda. Por ejemplo: sueldos y jornales (semanales, mensuales, etc.), amortizaciones, arrendamiento, materias primas, cuotas de préstamos, pagos de servicios públicos, etc. (Herrera, 2003).

Los Gastos Operativos tienen la siguiente fórmula:

$$\text{GASTOS OPERATIVOS} = \text{SUELDOS} + \text{GASTOS DE FABRICACION}$$

Referencias:

López et al (2011). Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta. Revista El Buzón de Pacioli, Número Especial 74, Octubre 2011, www.itson.mx/pacioli

Andriani, Carlos S., Biasca, Rodolfo E., & Rodríguez Martínez, M. (2003). "El nuevo sistema de gestión para las PYMEs: un reto para las empresas latinoamericanas". Editorial Norma.

Belohlavek, P. (2006). "OEE: Overall Equipment Effectiveness". Editorial Blue Eagle Group.

Cuatrecasas, L. (2010). "Lean Management". Editorial Profit.

De la Fuente, D. (2006). "Organización de la producción en ingenierías". Editorial Ediuno.

García Sabater, J., Alarcón Valero, F., & Albarracín Guillem, J. (2004). "Problemas resueltos de diseño de sistemas productivos y logísticos". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

González, F. (2007). Revista Panorama Administrativo. "Manufactura esbelta. Principales herramientas". Beachmold Mexico S. de R.L. de C.V.

Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2007). "Cost Management: Accounting & Control. Editorial Cengage Learning. Sexta edición.

Kosky, P., Balmer, R., Keat, W., & Wise, G. (2009). "Exploring engineering: an introduction to engineering and design". Editorial Academic Press. Revista El Buzón de Pacioli, Número Especial 74, Octubre 2011, www.itson.mx/p

Lareau, W., & Kaufman R. (2003). "Office Kaizen: Cómo Controlar y Reducir Los Costes de Gestión en la Empresa". Editorial FC.

Muñoz Negrón, D. (2009). "Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios". Editorial Cengage Learning.

Meyers, F., & Stephens, M (2006). "Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales". Tercera edición. Editorial Pearson.

Meyers, F. (2000). "Estudios de tiempos y movimientos". Editorial Pearson.

Ortíz, C. (2006). "Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line. Editorial CRC Press.

Quesada Castro, M., & Villa Arenas, W. (2007). "Estudio del trabajo". Primera edición. Editorial Textos Académicos.

Sancho Frías, J. (2008). "Implantación de productos y servicios". Editorial Vértice.

Sempere Ripoll, F., Miralles Insa, C., Romano, C., & Vicens Salort, E. (2003). "Aplicaciones de mejora de métodos de trabajo y medición de tiempos". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Salvendy, G. (2001). "Handbook of industrial engineering: technology and operations management". Tercera edición. Editorial Wiley.

Suñé Torrents A., Arcusa Postils I., & Gil Vilda F. (2004). "Manual práctico de diseño de sistemas productivos". Editorial Díaz de Santos.

Vargas Sánchez, G. (2006). "Introducción a la teoría económica: un enfoque latinoamericano". Editorial Pearson.

William, B. (2003). "El Poder Oculto De La Productividad". Editorial Norma.