

PROCESOS EN CADENA. FÓRMULAS A APLICAR PARA OBTENER UNA PERFECTA COORDINACIÓN ENTRE LOS LANZAMIENTOS DE LOS PRODUCTOS, UTILIZANDO LA CANTIDAD MÍNIMA DE UNIDADES PRODUCTIVAS NECESARIAS.

Enrique Martínez Viladesau

Ingeniero Industrial

Resumen

Cuando una Unidad Productiva fabrica diferentes modelos de producto debemos conseguir una perfecta COORDINACIÓN entre sus Lanzamientos a fabricación. Cada uno de los Tamaños de Lote de fabricación debe estar calculado y previsto que se fabrique justo cuando se va a necesitar para su venta. Además, otra característica que debe tenerse en cuenta, es que el Proceso de Fabricación ha de estar organizado de tal forma que se precisen el mínimo de Unidades Productivas. Si el Proceso de Fabricación es “encadenado” esto implica el hacer cumplir dos condiciones. La primera exige el que en todas las Fases de Fabricación se mantenga la misma velocidad de flujo. La segunda condición exige que se precise de la misma cantidad total de Unidades Productivas para cada uno de los Lanzamientos de los distintos productos.

La aportación que hace el presente trabajo es la de plantear las ecuaciones y obtener las fórmulas matemáticas que permitan cumplir con las condiciones: Coordinación entre los Lanzamientos; Equilibrio en el Proceso de Fabricación y mínima cantidad de Unidades Productivas utilizadas.

Planificación de Procesos Encadenados

1.- RESTRICCIONES A IMPONER AL MODELO DE TRABAJO A UTILIZAR

Antes de entrar en los desarrollos matemáticos es necesario establecer las restricciones que impondremos a nuestro modelo de trabajo. Estas restricciones deben imponerse para poder cumplir con las siguientes exigencias:

- 1.- El tener que considerar el TIPO DE DEMANDA de los Productos
- 2.- El tener que EQUILIBRAR los Procesos de Fabricación Encadenados
- 3.- El tener que OPERAR CON VARIABLES CONTINUAS y traducir el resultado de la aplicación a VARIABLES DISCRETAS.

1.1.- TIPO DE DEMANDA DE LOS PRODUCTOS

Una restricción a tener en cuenta está relacionada con la variable “Tipo de Demanda” del producto. Una condición necesaria para poder admitir la perfecta COORDINACIÓN entre los Lanzamientos de los productos, es que las Demandas Estimadas para el periodo de tiempo en que será válida la Planificación de la Producción sean “aproximadamente” UNIFORMES.

Entenderemos por Demanda Uniforme a aquella que para intervalos de tiempo iguales tiene el mismo valor. El caso más extremo o exigente sería cuando este valor fuese el mismo para cada uno de los días de los que componen el periodo de vigencia de la Planificación. Este es el motivo por el que hemos dicho “aproximadamente”. De esta forma eludimos la exigencia de tener que ser “exactamente la misma” cifra cada uno de los días y permitimos realizar los cálculos considerando pequeñas oscilaciones de la Demanda alrededor de un valor promedio.

Llamaremos DEMANDA MEDIA DIARIA al valor promedio de todas las Demandas Diarias de un producto que se estiman que se pueden producir dentro de un determinado periodo de tiempo. Para calcular los resultados en el planteamiento de la Planificación, este periodo de tiempo será igual al que corresponde al tiempo de vigencia de la misma.

De acuerdo con la anterior definición decimos que la CONDICION NECESARIA para que al realizar los cálculos no se obtenga un TAMAÑO DEL LOTE de fabricación inadecuado, que haría que se interrumpiera el suministro de producto acabado, es que en la Planificación se pueda aceptar el que SOLO SE PRODUZCAN PEQUEÑAS OSCILACIONES ALREDEDOR DE LA DEMANDA MEDIA DIARIA.

En consecuencia, el presente trabajo no será aplicable en los casos en que se produzca una Demanda aleatoria, con puntos máximos y mínimos (crestas). Este tipo de Demanda obedece más bien al tipo de producción “sobre pedido” más que el de “lanzamientos en serie”. Tampoco sería aplicable, por ejemplo, en los casos en que las cifras de las Demandas varíen mucho de mes en mes y se pretendiera dar una vigencia de medio año al periodo de la Planificación. Es evidente que este caso requeriría Planificaciones mensuales o incluso semanales.

1.2.- EQUILIBRADO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN ENCADENADOS NO AUTOMATIZADOS.

En los Procesos de Fabricación Encadenados deben considerarse dos restricciones que no se consideran cuando esto no ocurre. Estas son:

La velocidad de producción de cada una de las Fases de Fabricación no puede ser diferente de las demás.

La cantidad total de Unidades Productivas que se emplearán en la fabricación de un producto deberá ser la misma para todos los productos que se programen juntos.

(NOTA: Una Unidad Productiva puede ser: una persona; un equipo de personas; un equipo compuesto por personas, máquinas, instalaciones...En el presente trabajo supondremos que se trata de “una persona” auxiliándose, claro está, de la maquinaria, utillajes... necesarios. Si el trabajo a realizar es exclusivamente “manual”, la Unidad Productiva a considerar será: “una persona”.

Comentamos el porqué de estas dos restricciones.

En las fabricaciones que constan de más de una Fase de Fabricación y que se realizan “en cadena”, debe procurarse que el flujo del producto en proceso de fabricación discurra lo más uniformemente posible. O sea, que las velocidades de producción de las distintas Fases sean iguales o, cuanto menos, muy parecidas. Solo así se conseguirá que no se produzcan almacenamientos intermedios de material en proceso de fabricación (los llamados “cuellos de botella”).

Si el proceso es en su totalidad “automático”, es decir, si su puesta en marcha solo consiste en regular las velocidades de todos los componentes que intervienen a través de toda la instalación, es obvio que no se presenta el problema de conseguir un flujo uniforme (se da por supuesto que el constructor de la referida instalación ya ha resuelto tal problema). Pero cuando esto no ocurre debemos considerar que en cada Fase se precisan diferentes cantidades de Unidades Productivas (UP). En esta circunstancia debemos ser nosotros que tenemos que calcular y asignar las cantidades de (UP) que deben intervenir en cada Fase para mantener una velocidad de flujo constante.

La asignación de las cantidades de U.P. a cada una de las Fases y que, según comentaremos más adelante, deben cumplir con unas determinadas condiciones, es lo que en el presente Trabajo denominamos como: EQUILIBRADO DE LA CADENA.

Los cálculos a realizar permitirán calcular la cantidad de U.P. que deben asignarse a cada una de las Fases de Fabricación de cada producto programado, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

-Máximo ajuste posible entre las velocidades de flujo de cada Fase de Fabricación

-Mínima cantidad total de Unidades Productivas utilizadas

La necesidad de obtener un “máximo ajuste posible entre las velocidades de flujo” ya la hemos comentado. De momento dejamos pendiente de comentar el porqué utilizamos la palabra “posible”.

Para poder cumplir con la segunda condición impuesta debe ocurrir que entre las fabricaciones en cadena correspondientes a los distintos productos que se programan juntos, no se produzcan grandes variaciones entre las cantidades de U.P. que requiere cada producto en la fabricación de todas sus Fases.

Por ejemplo: Se programan dos productos “A”, y “B” cuya fabricación se realiza en cadena y que precisan de tres Fases de Fabricación. Supongamos que para equilibrar el flujo de fabricación se han asignado las siguientes cantidades de U.P.:

Producto	Cantidades de U.P. asignadas			Total de U.P.
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
A	2	5	3	10
B	4	6	5	15

y que realmente con estos repartos de las U.P. la velocidad de flujo se mantiene constante cuando se fabrica cada uno de los dos productos.

Con este reparto de las U.P. el problema que se plantea es: ¿qué haremos con las 5 U.P. que sobrarán cada vez que se esté fabricando el producto “A”?. Es evidente que se trata de un planteamiento erróneo que ha conducido a una cantidad total de U.P. errónea y a un mal reparto de estas U.P.

En el presente Trabajo se plantean las ecuaciones necesarias para que esto no ocurra o, cuanto más, que se atenúe al máximo la diferencia que pueda existir.

En resumen, el “Equilibrado de la Cadena” que realizaremos tiene en cuenta dos aspectos:

El Equilibrio entre las cantidades de U.P. necesarias en cada Fase de Fabricación, y esto para cada producto por separado, para conseguir un flujo de producción continuo.

El Equilibrio entre las cantidades totales de U.P. que precisa cada producto al sumar todas las U.P. que se necesitan en sus diferentes Fases de Fabricación, para emplear la mínima cantidad total de U.P. necesaria para fabricar todos los productos.

1.3.- TRADUCIR LOS RESULTADOS A VARIABLES DISCRETAS

Si pensamos en que las U.P. son unidades físicas (personas; equipos de personas, máquinas...) cuando se asignen éstas a las diferentes Fases de Fabricación deberemos utilizar cifras que expresen unidades enteras. Esta condición obliga a tener que “redondear” a una cantidad entera la cantidad exacta de U.P. que se necesitaría para poder obtener una velocidad de flujo constante en todas las Fases de Fabricación.

Consecuencia del mencionado redondeo es que no se cumplirán exactamente las características que habíamos expuesto al hablar de “Nivelar la Cadena” y por esto habíamos utilizado la palabra “posible”. Esto ocurre debido a que:

Para un mismo producto al considerar sus diferentes Fases de Fabricación:

No son iguales entre sí las cantidades que en cada Fase se requieren para redondear la cantidad de U.P. En consecuencia se asigna más exceso de Capacidad de Producción a unas Fases que a otras.

Para una misma Fase de Fabricación al considerar los diferentes productos:

Para una misma Fase de Fabricación los productos no necesariamente se fabrican con la misma cantidad de U.P. y, en consecuencia, sus redondeos son diferentes. Al sumar las U.P. de todas las Fases, su total no coincide exactamente en todos los productos. Esto provoca que las cantidades totales de U.P. que precisan los productos al considerar las que precisan todas sus Fases de Fabricación, puedan ser algo diferentes entre sí.

En consecuencia, una cosa es la cifra que calcularemos utilizando variables continuas, y otra es la cifra que debe emplearse para su empleo real.

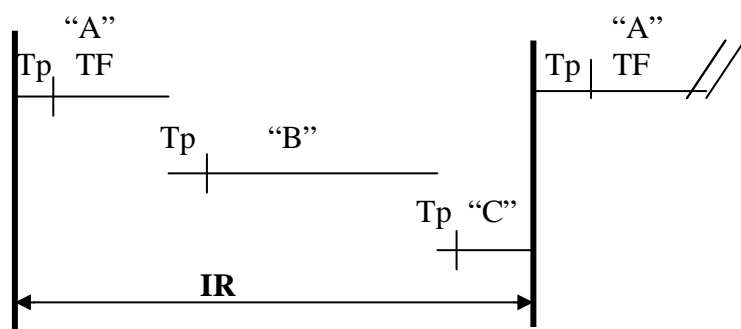
2.- PLANTEAMIENTO MATEMATICO

En primer lugar obtendremos la expresión de lo que, en nuestra Teoría, llamaremos: “Intervalo de Repetición” (IR) y “Carga de un Producto” (c). Una vez determinada la expresión de (c) plantearemos las ecuaciones para obtener la cantidad de Unidades Productivas (Q) que se precisan en un Proceso de Fabricación Encadenado en el que se programan varios modelos de producto. Una vez obtenido la expresión de (Q) plantearemos las ecuaciones que permiten obtener la distribución de las Unidades Productivas en cada una de las Fases de Fabricación y para cada uno de los modelos de producto programados.

2.1.- CARGA DE UN PRODUCTO (c), INTERVALO DE REPETICIÓN Y TIEMPO DE FABRICACIÓN (TF).

Llamaremos Carga de un Producto (c) en una Unidad Productiva al cociente entre su Demanda Estimada (DE) y la Producción (PR) que este Producto permite obtener a la Unidad Productiva que lo fabrica. Si para medir las (DE) y las (PR) se consideran las mismas unidades de medida, la (c) es un número adimensional del que seguidamente pasamos a justificar su aplicación. Lo utilizaremos como un índice para determinar el Tiempo de Fabricación que requiere un producto al fabricarse en una determinada Unidad Productiva, cuando debe COORDINAR con la fabricación de otros productos. Para introducir el concepto de CARGA y, al propio tiempo, ayudarnos a entender la idea de COORDINACIÓN entre los Lanzamientos de los diferentes modelos de producto, utilizaremos el concepto de INTERVALO DE REPETICIÓN (IR). Para explicar el concepto de Intervalo de Repetición utilizamos el siguiente ejemplo:

Supongamos que la Empresa fabrica y vende 3 productos: “A”, “B” y “C”. Una vez determinada la SECUENCIA en que se realizarán sus Lanzamientos y su cantidad, se procede a su fabricación. El INTERVALO DE REPETICIÓN es la duración del tiempo comprendido desde que se inicia la puesta en fabricación del Lote del primer producto hasta que se termina la fabricación del Lote del tercer producto. Incluye pues los Tiempos de Preparación (T_p) de la Unidad Productiva y los Tiempos de Fabricación (TF) correspondientes a los Tamaños de los Lotes de los tres productos.



A este intervalo de tiempo le llamamos “de repetición” porque esta duración de tiempo, o sea su amplitud, se irá repitiendo varias veces durante el intervalo de tiempo en que este vigente la Planificación de la Producción (En la Figura se ha representado un (IR) y el inicio del que le sigue).

La secuencia de fabricación de los productos es siempre la misma: “A”, “B”, “C”., desde el primer IR hasta el último IR de la Planificación. Las veces que se repetirá el IR será igual a la cantidad de Lanzamientos que se haya determinado realizar y esta cantidad es la misma para todos los productos programados en una misma Unidad Productiva.

Para calcular el Tiempo de Fabricación (TF) que debe asignarse a un producto dentro de un Intervalo de Repetición (IR) y en función de su Carga, procederemos de la siguiente forma: Exigimos que se cumpla la condición de que el Tamaño de Lote (L) de un producto sea tal que pueda suministrar toda la cantidad de unidades de venta que se ha previsto que nos pueden solicitar durante un (IR) (ya que hasta la iniciación de un nuevo (IR) no se volverá a fabricar el producto en cuestión). Esta condición exige:

$$L = (DD) \times (IR) \quad (\text{N}^\circ 1)$$

en la que DD = Demanda Diaria. Resultado de dividir la Demanda Total por la cantidad de días Laborables del periodo de la Planificación. La unidad de medida del (IR) será el “Día Laboral” ya que la Demanda también la expresaremos en días.

Como que el Tamaño del Lote también puede expresarse como:

$$L = (PD) \times (TF) \quad (\text{N}^\circ 2)$$

(PD) = Producción Diaria; (TF) = Tiempo de Fabricación de un Lote expresado en Días Laborables

se deduce que:

$$TF = (L) / (PD) \quad (\text{N}^\circ 3)$$

Por lo que

$$TF = ((DD) \times (IR)) / (PD) = ((DD)/(PD)) \times (IR) \quad (\text{N}^\circ 4)$$

De acuerdo con la definición dada anteriormente, llamando **“Carga del Producto”** a:

$$(c) = DD/PD$$

se tiene:

$$TF = (c) \times (IR) \quad (\text{N}^\circ 5)$$

Vemos que la cantidad de días laborables de fabricación (TF) que requiere el Lote de Fabricación (L) de un producto en cada uno de los Intervalos de Repetición, será igual a la Carga en la Unidad Productiva que lo fabrique multiplicada por la amplitud del Intervalo de Repetición.

2.2.- CANTIDAD DE UNIDADES PRODUCTIVAS NECESARIAS: Q

Para obtener la fórmula que nos permite calcular la cantidad total de Unidades Productivas (Q) que deberán utilizarse para fabricar todos los productos que se programen juntos y dentro de un plazo de vigencia de tiempo (TD) de la Planificación, partimos de la ecuación:

$$Q \times TD = [(\Sigma (c) \times IR) + Q \times (\Sigma (TP) + TL)] \times NL \quad (\text{N}^\circ 6)$$

Las variables que contiene son: el sumatorio $\Sigma (c)$ representa la suma de las Cargas de todos los productos que se programan juntos; $\Sigma (TP)$ es la suma de los Tiempos de Preparación, expresado en Días Laborables, que requiere cada uno de los productos; TL es el “Tiempo Libre”. Su significado es el siguiente: permite dejar al final de cada uno de los Intervalos de Repetición una determinada cantidad de horas laborables “libres”; o sea, no dedicadas a la fabricación de los productos que se han programado juntos. Este tiempo libre puede servir, por ejemplo, para dedicar a las Unidades Productivas (Mano de Obra Directa) a realizar otros “trabajos indirectos”, como pueden ser: almacenajes; ensayos con prototipos... Es evidente que la introducción de esta variable es opcional. Si nos interesa que las (U.P.) trabajen a plena saturación de trabajo, consideraremos el valor: $TL = 0$. Otra variable que aparece en la ecuación es el Número de Lanzamientos que se pretende realizar (NL).

El planteamiento de esta ecuación es el siguiente:

Cada Unidad Productiva (UP) empleada equivale a una disponibilidad de TD días laborables. Por lo que, si suponemos que en la fabricación actuaran (Q) Unidades Productivas, la disponibilidad total de Días Laborables será: $Q \times TD$.

La cantidad ($Q \times TD$) de Días Laborables se habrá empleado de dos formas distintas. Una parte estará dedicada a la fabricación de los productos. Otra parte estará dedicada a realizar las Preparaciones, previas a la fabricación, de las Unidades Productivas. Es decir, si suponemos que en cada una de las Fases de Fabricación actúan uno o más operarios, cuando se para la “cadena” para hacer el cambio de fabricación a otro producto, todas estas Unidades Productivas, o sea, los operarios, permanecen en “Tiempo de Preparación”. Lo mismo podemos comentar respecto al “Tiempo Libre” (TL).

La parte de tiempo correspondiente a la fabricación se expresa: (Aplicamos la ecuación n° 5)

$$TTF = (\Sigma (c) \times IR) \times NL \quad (\text{N}^\circ 7)$$

Recuerde que la $\Sigma (c)$ representa la suma de las Cargas de todos los productos, en cada una de las Unidades Productivas que intervienen. Al multiplicarlas cada una por (IR) se obtiene la cantidad de días de fabricación (DF) que debe contener un (IR).

Como el (TD) contendrá una cantidad de (IR) igual al Número de Lanzamientos (NL), el Tiempo Total de Fabricación (TTF) será igual a: $(\Sigma (c) \times IR) \times NL$

La parte de tiempo correspondiente a las Preparaciones de todas las Unidades Productivas que intervienen en la fabricación de todos los productos se expresa:

$$TTP = [Q \times \Sigma (TP)] \times NL \quad (\text{N}^\circ 8)$$

En la que:

TP = Es el Tiempo de Preparación, expresado en Días Laborables, que requiere una Unidad Productiva para un determinado producto. Este (TP) se precisa en cada uno de los Intervalos de Repetición de la Planificación.

Al añadirle el sumatorio a esta expresión, o sea: $\Sigma (TP)$ representa el Tiempo de Preparación total que requiere una Unidad Productiva para todos los productos programados y en uno cualquiera de los Intervalos de Repetición.

Al multiplicar: $\Sigma (TP)$ por (Q) hace que se considere la totalidad de las Unidades Productivas que pueden intervenir en la fabricación de todos los productos programados, ya que todas se encuentran “paradas”, o sea, sin fabricar.

Al multiplicar: $[Q \times \Sigma (TP)]$ por (NL) se considera la totalidad de Intervalos de Repetición que existen dentro del Tiempo Disponible (TD). En consecuencia se tiene en cuenta la totalidad de los Tiempos de Preparación que merman Tiempo Disponible.

Respecto al “Tiempo Libre” (TL) hacemos el mismo planteamiento que hemos realizado para el (TP), por lo que se tendrá:

$$TTL = [Q \times TL] \times NL \quad (\text{N}^\circ 9)$$

Una vez justificado el planteamiento de la referida ecuación, para obtener la fórmula que nos permite calcular la cantidad (Q) de unidades productivas a utilizar en función de las variables:

$$Q = f (TD, DD, PD, NL, TP, TL)$$

deberemos despejar el valor (Q) de esta ecuación. (Ecuación N° 6)

Para despejar el valor (Q) hacemos los siguientes pasos:

$$Q \times \frac{TD}{NL} = (\Sigma (c) \times IR) + Q \times (\Sigma (TP) + TL) \quad \text{Y como} \quad \frac{TD}{NL} = IR$$

$$Q \times IR = (\Sigma (c) \times IR) + Q \times \Sigma (TP) + Q \times TL \Rightarrow Q = \Sigma (c) + \frac{Q \times (\Sigma (TP) + TL)}{IR}$$

$$Q = \frac{\Sigma (c)}{1 - \frac{NL \times (\Sigma (TP) + TL)}{TD}} \quad (\text{N}^\circ 10)$$

Utilizando esta fórmula podemos calcular la cantidad total de Unidades Productivas (personas) que se precisan para fabricar un conjunto de modelos de productos que se incluyen dentro de una misma Planificación. Nos falta averiguar el cómo deben repartirse estas Unidades Productivas entre las Fases de Fabricación y para cada uno de los productos. O sea, se trata de hacer cumplir las dos condiciones que deben imponerse a los Procesos Encadenados.

2.3.- FORMULA A UTILIZAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS ENTRE LAS DISTINTAS FASES DE FABRICACIÓN

Para todos los productos, representaremos mediante: $(PD)_1$, $(PD)_2$, $(PD)_3...$ a las Producciones Diarias que una Unidad Productiva puede obtener respectivamente en las Fases de Fabricación: $F_1, F_2, F_3...$

También, para todos los productos, representaremos mediante $(UP)_1, (UP)_2, (UP)_3...$ a las cantidades de Unidades Productivas que deberán asignarse a las Fases de Fabricación: $F_1, F_2, F_3...$

Para un determinado producto, la exigencia correspondiente a la primera condición de los Procesos de Fabricación Encadenados, la de mantener la velocidad de flujo entre todas las Fases de Fabricación, la podemos representar mediante:

$$(PD)_1 \times (UP)_1 = (PD)_2 \times (UP)_2 = (PD)_3 \times (UP)_3 = \dots$$

Por lo que si queremos expresar la cantidad de (UP) que corresponden asignar a una Fase en función de la cantidad asignada a otra, haremos:

$$(UP)_i = \frac{(PD)_x}{(PD)_i} (UP)_x$$

Representando: $i \Rightarrow$ la Fase que queremos calcular; $x =$ la Fase observada

Si elegimos una Fase cualquiera a la que, para distinguirla, le llamamos Fase Base, y teniendo en cuenta que para la fabricación de cualquiera de los productos programados se necesitan (Q) Unidades Productivas (Recuerde que, de acuerdo con la segunda condición, exigimos que esta cifra sea igual para todos los productos), podemos plantear la ecuación:

$$(UP)_b \frac{(PD)_1}{(PD)_b} + (UP)_b \frac{(PD)_2}{(PD)_b} + (UP)_b \frac{(PD)_3}{(PD)_b} + \dots = Q$$

En la que $(UP)_b$ representa la cantidad de Unidades Productivas a asignar a la Fase Base y $(PD)_b$ la Producción Diaria obtenida por una Unidad Productiva en esta Fase Base.

Observe que la Fase Base se ha elegido completamente al azar, ya que no se trata más que expresar una propiedad que se cumple para cualquier Fase. Por lo que para cualquier Fase, que la podemos considerar como Base, podemos obtener la cantidad de (UP) a asignarle utilizando la siguiente fórmula:

$$(UP)_b = \frac{Q}{\frac{(PD)_b}{(PD)_1} + \frac{(PD)_b}{(PD)_2} + \frac{(PD)_b}{(PD)_3} + \dots}$$

que podemos convertirla en:

$$(UP)_b = \frac{Q}{(PD)_b \left[\frac{1}{(PD)_1} + \frac{1}{(PD)_2} + \frac{1}{(PD)_3} + \dots \right]}$$

Llamando: $I = \frac{1}{(PD)_1} + \frac{1}{(PD)_2} + \frac{1}{(PD)_3} + \dots$ Se trata de la suma de los valores inversos de las (PD)

se tiene:

$$(UP)_b = \frac{Q}{(PD)_b \times I} \quad (\text{N}^\circ 11)$$

Substituyendo el valor de (Q) por la cifra que se obtenga al aplicar la primera fórmula (Formula N° 10) y realizando el cálculo que se indica, se obtiene la cantidad de Unidades Productivas a asignar a una determinada Fase de Fabricación; en este caso la que se ha designado como “b”.

3.- EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LAS FORMULAS

Con objeto de indicar los datos necesarios para la aplicación de las referidas Fórmulas, y observar las respuestas obtenidas, comentamos brevemente un ejemplo.

En un proceso de “fabricación en cadena” se fabrican cinco productos: A1, A2, A3, A4 y A5, que requieren cada uno de ellos 4 Fases de Fabricación. Se quiere planificar los lanzamientos de estos productos, cuyos “Datos Generales de la Planificación” son:

Duración del periodo de la Planificación = 280 días laborables. Duración del horario laboral: 8 horas/día laboral. Se han estimado las Demandas de cada producto durante todo el periodo de tiempo en que estará vigente la Planificación; estas son:

A1 => 14.000 u.v. ; A2 => 5.600 u.v. ; A3 => 33.600 u.v. ; A4 => 22.400 u.v. ;
A5 => 25.200 u.v. (u.v. = unidades de venta)

El Tiempo de Preparación de la Cadena para proceder a la fabricación de un producto puede considerarse que es el mismo para todos ellos. Este tiempo es: TP = 2,121 horas laborables (Dato que deberá traducirse a Días Laborables). Se han observado las Producciones Diarias que puede alcanzar una Unidad Productiva en cada una de las Fases de Fabricación y para cada uno de los cinco productos. Los resultados obtenidos son:

Producto	PRODUCCIONES DIARIAS DE UNA U.P. (En unidades de Producto en Proceso al día)			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
A1	50	40	25	30
A2	15	25	30	10
A3	40	30	15	40
A4	20	15	25	50
A5	30	40	45	50

Asignar la cantidad y distribución de las Unidades Productivas necesarias en el caso en que se decida realizar: NL = 20 lanzamientos, de tal forma que exista una perfecta Coordinación entre los Lanzamientos de los productos y se utilicen el mínimo de Unidades Productivas. Suponer dos casos: 1°. Se trabaja con una Saturación de la Capacidad de Producción del 100 %; o sea, no se deja “Tiempo Libre”. 2°. Se deja un “Tiempo Libre” al final de cada Intervalo de Repetición de 1 día laboral (o sea, 8 horas laborales).

RESPUESTA

(Hemos utilizado un Programa de Informática que contiene las Fórmulas)

Primer Supuesto:

El reparto de las Unidades Productivas obtenido es el siguiente:

Producto	Cantidad de U.P. en cada Fase de Fabricación				Total de U.P. necesarias para cada producto
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	
A1	9,69	12,11	19,38	16,15	57,33
A2	15,92	9,55	7,96	23,89	57,33
A3	9,55	12,74	25,48	9,55	57,33
A4	16,22	21,63	12,98	6,49	57,33
A5	19,00	14,25	12,67	11,40	57,33

Recuerde que estas cantidades se obtienen considerando un Número de Lanzamiento NL = 20. Observe que: 1° Se necesitan la misma cantidad total de U.P. para todos los productos. 2° Si multiplica la cantidad de U.P. por sus producciones en cada una de las Fases de Fabricación, se obtiene la misma velocidad de producción. 3° Existe una perfecta Coordinación entre los Lanzamientos. Por brevedad de espacio disponible solo indicamos: compruebe que la Demanda Media Diaria: $DMD = DE/TD$, es igual al suministro (S) que da diariamente la U.P. en cada Intervalo de Repetición IR; $S = (DE/NL)/IR$ (siendo $IR = TD/NL$).

Para el Segundo Supuesto se obtendría que la cantidad total de U.P. sería: 62,24. Esta cantidad es mayor a la anterior debido a la existencia de los “Tiempos Libres” que hemos planificado dejar durante el transcurso de la Planificación de la Producción. Es evidente que todas las anteriores cifras deberán “redondearse” a la unidad entera inmediata.