

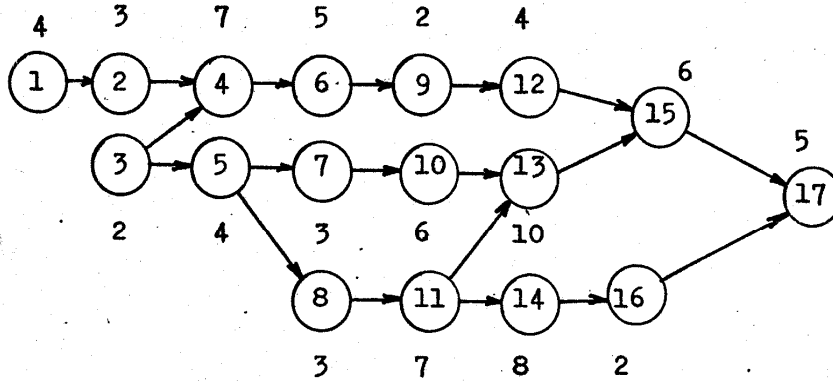
METODO DE MANSOOR.

Este método hace uso de las mismas técnicas que el método anterior, con una variante modificada mediante la cual analiza todas las posibilidades de tiempo de ocio y número de estaciones reduciendo al máximo estas y encontrando un tiempo de ciclo mínimo para cualquier número de estaciones dado, garantizando con esto un balance óptimo.

El objetivo principal de este algoritmo, es el de determinar las condiciones más apropiadas para la operación e instalación de una línea de producción, en la que deberán analizarse las capacidades máximas de productividad de la línea, la eficiencia de operación, el número mínimo de estaciones de trabajo que cumplan con la demanda de la línea, así como el reducir al máximo los tiempos de ocio y holgura, pues si se aumenta el tiempo de ciclo arriba de su valor mínimo, disminuirá notablemente la eficiencia, pues se tiene:

$$\text{eficiencia} = \frac{T}{n \cdot TC} \times 100$$

La aplicación de este método para nuestro ejemplo quedará de la siguiente manera:



1er. PASO

Determinar el número máximo posible de estaciones.

$$n = \frac{T}{t_i \text{ máximo}} = \frac{81}{10} = 8.1 = 8 \text{ (se redondea a entero-menor).}$$

2do. PASO

Seleccionar el tiempo de ciclo mínimo para n_{max} -- mediante:

$$TC_{\text{min. } n_{\text{máximo}}} = \frac{T}{n_{\text{máximo}}} = \frac{81}{8} = 10.1 = 11 \text{ (se redondea a entero mayor.)}$$

Introduciendo una variante de este método tenemos:

$$\text{unidades de holgura} = UH = (TC \times n) - T = (11 \times 8) - 81 = 7$$

Si en una estación de trabajo, se tiene un tiempo no asignado \emptyset (tiempo de ocio), este deberá ser menor o igual que UH, pues de lo contrario podría asignarse un nuevo e_1 a la estación, pues si persiste reducir el tiempo de ocio.

Al iniciar la asignación se tendrá un UH mismo que cambiará cada vez que se haga una nueva estación, esta se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{UH nuevo} = \text{UH último} - \emptyset \text{ (del elemento asignado).}$$

Si el tiempo de ocio (\emptyset) del elemento asignado, es mayor que UH último, entonces se elimina elemento asignado a dicha estación y se busca un nuevo elemento que pueda entrar en la estación, cuidando que se cumpla con los requisitos de procedencia en caso de no haber el elemento adecuado, TC se aumenta en una unidad y se procede nuevamente a aplicar las reglas dadas para este método.

Si todavía no se encuentra un balance adecuado, habiéndose encontrado este, se calcula su eficiencia y si UH es diferente a 0, se disminuye en una unidad y se comienza a tratar el método desde el 2do. paso, analizar todas las posibilidades hasta $n = 2$.

Se tienen las mismas asignaciones que para el método de Helgeson & Birnie.

Para nuestro ejemplo tendremos:

e_i	t_i	Requisito	P_i
3	2	-	74
5	4	3	54
8	3	5	41
11	7	8	38
1	4	-	36
2	3	1	32
7	3	5	30
4	7	2,3	29
10	6	7	27
6	5	4	22
3	10	10,11	21
9	2	6	17
14	8	11	15
12	4	9	15
15	6	12,13	11
16	2	14	7
17	5	15,16	5

$$TC = 11 \quad n = 8 \quad UH = 7$$



EL SABER
HARA
INGENIERIA
BIB

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 3 \quad 5 \quad 8 \\ t_i \ 2 \quad 4 \quad 3 \\ \phi_i \ 9 \quad 5 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH = 7 \quad \phi = 2$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 11 \quad 1 \\ t_i \ 7 \quad 4 \\ \phi_i \ 4 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH = 5 \quad \phi = 0$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 2 \quad 7 \\ t_i \ 3 \quad 3 \\ \phi_i \ 8 \quad \textcircled{5} \end{array} \right\} \quad UH = 5 \quad \phi = 5$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 4 \\ t_i \ 7 \\ \phi_i \ \textcircled{4} \end{array} \right\} \quad UH = 0 \quad \phi = 4$$

Aumentando TC en una unidad.

$$TC = 12 \quad n = 8 \quad UH = (12 \times 8) - 81 = 15$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 3 \quad 5 \quad 8 \\ t_i \ 2 \quad 4 \quad 3 \\ \phi_i \ 10 \quad 6 \quad \textcircled{3} \end{array} \right\} \quad UH = 15 \quad \phi = 3$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 11 \quad 1 \\ t_i \ 7 \quad 4 \\ \phi_i \ 5 \quad \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad UH=12 \quad \phi=1$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 2 \quad 7 \quad 10 \\ t_i \ 3 \quad 3 \quad 6 \\ \phi_i \ 9 \quad 6 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=11 \quad \phi=0$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 4 \quad 6 \\ t_i \ 7 \quad 5 \\ \phi_i \ 5 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=11 \quad \phi=0$$

$$E_5 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 13 \quad 9 \\ t_i \ 10 \quad 2 \\ \phi_i \ 2 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=11 \quad \phi=0$$

$$E_6 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 14 \quad 12 \\ t_i \ 8 \quad 4 \\ \phi_i \ 4 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=11 \quad \phi=0$$

$$E_7 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 15 \quad 16 \\ t_i \ 6 \quad 2 \\ \phi_i \ 6 \quad \textcircled{4} \end{array} \right\} \quad UH=11 \quad \phi=4$$

$$E_8 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 17 \\ t_i \ 5 \\ \phi_i \ 7 \end{array} \right\} \quad UH=7 \quad \phi=7$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{8 \times 12} = 84.4$$

$$\text{para } n = 8 - 1 = 7$$

$$n = 7 \quad \text{TC} = \frac{81}{7} = 11.5 = 12 \quad \text{UH} = (12 \times 7) - 81 = 3$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 7 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 3 \\ \phi_i \ 10 \ 6 \ 3 \ \underline{0} \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 3 \quad \phi = 0$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 11 \ 1 \\ t_i \ 7 \ 4 \\ \phi_i \ 5 \ \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 3 \quad \phi = 1$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 2 \ 4 \\ t_i \ 3 \ 7 \\ \phi_i \ 9 \ \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 2 \quad \phi = 2$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 10 \ 6 \\ t_i \ 6 \ 5 \\ \phi_i \ 6 \ 1 \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 0 \quad \phi = 1$$

E_4 no se puede generar, pues su $\phi = 1$ y mayor--
que UH por lo que no cumple con las reglas por lo--
tanto debe aumentarse TC en una unidad y continúe--
aplicando las reglas.

$$TC = 13 \quad n = 7 \quad UH = (13 \times 7) - 81 = 10$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 1 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 4 \\ \phi_i \ 11 \ 7 \ 4 \ \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=10 \quad \phi=0$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 11 \ 2 \ 7 \\ t_i \ 7 \ 3 \ 3 \\ \phi_i \ 6 \ 3 \ \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=10 \quad \phi=0$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 4 \ 10 \\ t_i \ 7 \ 6 \\ \phi_i \ 6 \ \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=10 \quad \phi=0$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 6 \ 9 \ 12 \\ t_i \ 5 \ 2 \ 4 \\ \phi_i \ 8 \ 6 \ \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=10 \quad \phi=2$$

$$E_5 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 13 \\ t_i \ 10 \\ \phi_i \ \textcircled{3} \end{array} \right\} \quad UH=8 \quad \phi=3$$

$$E_6 \left\{ \begin{array}{l} c_i \ 14 \ 16 \\ t_i \ 8 \ 2 \\ \phi_i \ 5 \ \textcircled{3} \end{array} \right\} \quad UH=5 \quad \phi=3$$

$$E_7 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 15 \quad 17 \\ t_i \quad 6 \quad 5 \\ \phi_i \quad 7 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=2 \quad \phi=2$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{7 \times 13} = 89\%$$

$$\text{Para } n = 6 \quad TC_{\min} = \frac{81}{6} = 13.5 = 14 \quad UH = 84 - 81 = 3$$

$$n = 6 \quad TC = 14 \quad UH = 3$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 3 \quad 5 \quad 8 \quad 1 \\ t_i \quad 2 \quad 4 \quad 3 \quad 4 \\ \phi_i \quad 12 \quad 8 \quad 5 \quad \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=1$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 11 \quad 2 \quad 7 \\ t_i \quad 7 \quad 3 \quad 3 \\ \phi_i \quad 7 \quad 4 \quad \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad UH=2 \quad \phi=1$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 4 \quad 10 \\ t_i \quad 7 \quad 6 \\ \phi_i \quad 7 \quad \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad UH=1 \quad \phi=1$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 6 \quad 9 \quad 12 \\ t_i \quad 5 \quad 2 \quad 4 \\ \phi_i \quad 9 \quad 7 \quad \textcircled{3} \end{array} \right\} \quad UH=0 \quad \phi=3$$

No puede generarse la estación 4 por tener un tiempo de ocio mayor a UH. Aumentando el tiempo de ciclo en una unidad se tiene:

$$TC = 15 \quad n=6 \quad UH = (15 \times 6) - 81 = 9$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 3 \quad 5 \quad 8 \quad 1 \\ t_i \quad 2 \quad 4 \quad 3 \quad 4 \\ \phi_i \quad 13 \quad 9 \quad 6 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=9 \quad \phi=2$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 11 \quad 2 \quad 7 \\ t_i \quad 7 \quad 3 \quad 3 \\ \phi_i \quad 8 \quad 5 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=7 \quad \phi=2$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 4 \quad 10 \\ t_i \quad 7 \quad 6 \\ \phi_i \quad 8 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=5 \quad \phi=2$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 6 \quad 13 \\ t_i \quad 5 \quad 10 \\ \phi_i \quad 10 \quad \underline{0} \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=0$$

$$E_5 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 9 \quad 14 \quad 12 \\ t_i \quad 2 \quad 8 \quad 4 \\ \phi_i \quad 13 \quad 5 \quad \textcircled{1} \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=1$$

$$E_6 \left\{ \begin{array}{l} a_i \quad 15 \quad 16 \quad 17 \\ t_i \quad 6 \quad 2 \quad 5 \\ \phi_i \quad 9 \quad 7 \quad \textcircled{2} \end{array} \right\} \quad UH=2 \quad \phi=2$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{6 \times 15} = 90\%$$

$$\text{para } n=5 \quad TC_{\min.} = \frac{81}{5} = 17 \quad UH = (17 \times 15) - 81 = 4$$

$$n = 5 \quad TC = 17 \quad UH = 4$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \\ \phi_i \ 15 \ 11 \ 8 \ ① \end{array} \right\} \quad UH=4 \quad \phi=1$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 1 \ 2 \ 7 \ 4 \\ t_i \ 4 \ 3 \ 3 \ 7 \\ \phi_i \ 13 \ 10 \ 7 \ ② \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=0$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 10 \ 6 \ 9 \ 12 \\ t_i \ 6 \ 5 \ 2 \ 4 \\ \phi_i \ 11 \ 6 \ 4 \ ③ \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=0$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 13 \ 15 \\ t_i \ 10 \ 6 \\ \phi_i \ 7 \ ④ \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=1$$

$$E_5 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 14 \ 16 \ 17 \\ t_i \ 8 \ 2 \ 5 \\ \phi_i \ 9 \ 7 \ ⑤ \end{array} \right\} \quad UH=2 \quad \phi=2$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{5 \times 17} = 95.3\%$$

$$\text{para } n = 4 \quad \text{TC}_{\min.} = \frac{81}{4} = 20.2 \approx 21 \quad \text{UH} = (21 \times 4) - 81 = 3$$

$$n = 4 \quad \text{TC} = 21 \quad \text{UH} = 3$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \ 1 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \ 4 \\ \phi_i \ 19 \ 15 \ 12 \ 5 \ ① \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 3 \quad \phi = 1$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 2 \ 7 \ 4 \ 10 \\ t_i \ 3 \ 3 \ 7 \ 6 \\ \phi_i \ 18 \ 15 \ 8 \ ② \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 2 \quad \phi = 2$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 6 \ 13 \ 9 \ 12 \\ t_i \ 5 \ 10 \ 2 \ 4 \\ \phi_i \ 16 \ 6 \ 4 \ ③ \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 0 \quad \phi = 0$$

$$E_4 \left\{ \begin{array}{l} a_i \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \\ t_i \ 8 \ 6 \ 2 \ 5 \\ \phi_i \ 13 \ 7 \ 5 \ ④ \end{array} \right\} \quad \text{UH} = 0 \quad \phi = 0$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{4 \times 21} = 96.4$$

$$\text{para } n = 3 \quad \text{TC}_{\min.} = \frac{81}{3} = 27 \quad \text{UH} = (27 \times 3) - 81 = 0$$

$$n = 3 \quad TC = 27 \quad UH = 0$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} Q_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \ 1 \ 2 \ 7 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \ 4 \ 3 \ 3 \\ \phi_i \ 25 \ 21 \ 18 \ 11 \ 7 \ 4 \ 0 \end{array} \right\} \quad UH=0 \quad \phi=1$$

No puede asignarse estas actividades a esta estación, por lo que deberá aumentarse TC a 28

$$n = 3 \quad TC = 28 \quad UH = (28 \times 3) - 81 = 3$$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} Q_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \ 1 \ 2 \ 7 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \ 4 \ 3 \ 3 \\ \phi_i \ 26 \ 22 \ 19 \ 12 \ 8 \ 5 \ 2 \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=2$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} Q_i \ 4 \ 10 \ 6 \ 3 \\ t_i \ 7 \ 6 \ 5 \ 10 \\ \phi_i \ 21 \ 15 \ 10 \ 0 \end{array} \right\} \quad UH=1 \quad \phi=0$$

$$E_3 \left\{ \begin{array}{l} Q_i \ 9 \ 14 \ 12 \ 15 \ 16 \ 17 \\ t_i \ 2 \ 8 \ 4 \ 6 \ 2 \ 5 \\ \phi_i \ 26 \ 18 \ 14 \ 8 \ 6 \ 0 \end{array} \right\} \quad UH=1 \quad \phi=1$$

$$\text{eficiencia} = \frac{81}{3 \times 28} = 96.4\%$$

para $n=2$ $TC_{\min.} = \frac{81}{2} = 40.5 = 41$ $UH = (41 \times 2) - 81 = 1$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} C_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \ 1 \ 2 \ 7 \ 4 \ 10 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \ 4 \ 3 \ 3 \ 7 \ 6 \\ \phi_i \ 39 \ 35 \ 32 \ 25 \ 21 \ 18 \ 15 \ 8 \ ② \end{array} \right\} \quad UH=1 \quad \phi=2$$

No puede generarse la estación 1 por ser ϕ mayor que UH. Aumentar TC en 1 unidad.

$n = 2$ $TC = 42$ $UH = (42 \times 2) - 81 = 3$

$$E_1 \left\{ \begin{array}{l} C_i \ 3 \ 5 \ 8 \ 11 \ 1 \ 2 \ 7 \ 4 \ 10 \\ t_i \ 2 \ 4 \ 3 \ 7 \ 4 \ 3 \ 3 \ 7 \ 6 \\ \phi_i \ 40 \ 36 \ 33 \ 26 \ 22 \ 19 \ 16 \ 9 \ ③ \end{array} \right\} \quad UH=3 \quad \phi=3$$

$$E_2 \left\{ \begin{array}{l} C_i \ 6 \ 3 \ 9 \ 14 \ 12 \ 15 \ 16 \ 17 \\ t_i \ 5 \ 10 \ 2 \ 8 \ 4 \ 6 \ 2 \ 5 \\ \phi_i \ 37 \ 27 \ 25 \ 17 \ 13 \ 7 \ 5 \ ④ \end{array} \right\} \quad UH=0 \quad \phi=0$$

eficiencia = $\frac{81}{2 \times 42} = 96.4\%$

Como podemos apreciar a lo largo de este ejemplo, se han analizado todas las posibilidades para TC y para diferente número de estaciones. Del balance obtenido para $n=4$, $n=3$ y $n=2$ se obtuvo la mayor eficiencia. Normalmente se seleccionará la alternativa con $n=4$ por repartir ésta mejor el tiempo de ocio, pero deberán tomarse en cuenta las observaciones hechas al principio de este trabajo.