

EL TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN

Recopilado por:
Ing. Eduardo Pereira Calvo MBA
Julio, 2014

LA IMPORTANCIA DEL TIEMPO DE RESPUESTA

Uno de los aspectos fundamentales en la satisfacción o insatisfacción de los consumidores es el tiempo de respuesta. El consumidor valora de modo distinto el tiempo que tarda en ser atendido dependiendo de la fase del proceso de consumo en la que se encuentre:

- A. En la fase de búsqueda y evaluación la masificación es un indicador de calidad y reduce el riesgo. Consideramos como un indicador positivo el que el restaurante tenga muchos consumidores.
- B. La masificación en la fase de consumo suele tener efectos perjudiciales. Nos desagrada la masificación mientras estamos comiendo.
- C. En la fase pos consumo puede volver a considerarse un indicador de selección acertada el elegir un servicio masificado.

EL CONSUMIDOR VALORA DE MODO DISTINTO EL TIEMPO QUE TARDA EN SER ATENDIDO DEPENDIENDO DE LA FASE DEL PROCESO DE CONSUMO EN LA QUE SE ENCUENTRE.

Uno de los aspectos esenciales en los servicios es el tiempo de respuesta y cómo se organiza el proceso de atención de los clientes. Es preciso gestionar el tiempo de espera de los consumidores y tener en cuenta que:

- A. Los consumidores no ocupados sienten que el tiempo transcurre más lentamente. Una gestión adecuada suele intentar distraer al cliente que espera ser atendido.
- B. Proporcionar un rol. Lo importante es proporcionar un rol a las personas y transmitirles sensación de control y evitar crispación. Como ver un video o leer una revista.
- C. La ansiedad hace que el tiempo transcurra más lentamente. Informar sobre las causas de la espera y del tiempo que tendrá que esperar puede disminuir la tensión y reducir la incertidumbre del cliente.
- D. Cuando los servicios son personalizados existe una mayor disposición para esperar un cierto tiempo para la prestación del servicio.

ANÁLISIS DEL TIEMPO TEÓRICO DEL FLUJO

Toda organización tiene función de producción, trátase de productos y/o servicios, por ello es de suma importancia que esta función se administre de la mejor manera con el fin de alcanzar la ventaja competitiva.

LA ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PROPENDE POR LA UTILIZACIÓN MÁS ECONÓMICA DE UNOS MEDIOS CON EL FIN DE TRANSFORMAR UNOS MATERIALES EN PRODUCTOS O REALIZAR UNOS SERVICIOS.

Aunque generalmente se asocia a la producción con el hecho de producir bienes materiales como alimentos, vestidos o automóviles, la función de producción está presente en cualquier ente socio-económico sea que este ofrezca bienes materiales o servicios intangibles.

La función de producción u operativa tiene como objeto las operaciones físicas que hay que realizar para transformar las materias primas en productos o para la realización de un servicio, por lo tanto la administración de la producción propende por la

utilización más económica de unos medios (locaciones, maquinaria o recursos de cualquier tipo) por personas (operarios, empleados) con el fin de transformar unos materiales en productos o realizar unos servicios.



PRODUCCIÓN

Para familiarizarnos con la producción que mejor que conocer algunos de sus términos básicos:

1. **Servicio:** bien intangible que tiene dos características básicas, la individualización y el ser muy perecederos.
2. **Producto:** bien tangible que resulta de un proceso de fabricación
3. **Capacidad:** valor teórico al que nos referimos como la cantidad por unidad de tiempo que se obtendría al utilizar al máximo todos los recursos disponibles (Ejemplo: 10 relojes/ hora).
4. **Capacidad demostrada:** valor medio de las capacidades desarrolladas por el proceso productivo durante un determinado período de tiempo, a ella se recurre como un término más práctico y menos teórico de lo que es la capacidad.

Por ejemplo, si un proceso ha arrojado las siguientes producciones en una semana: 10 relojes/día, 8 relojes/día, 7 relojes/día, 12 relojes/día, 11 relojes/día, 14 relojes/día y 9 relojes/día; entonces la capacidad demostrada es:

$$\text{Capacidad Demostrada} = \frac{10+8+7+12+11+14+9}{7 \text{ días}} = 10,14 \text{ relojes/día}$$



5. **Carga:** cantidad de producto por unidad de tiempo que se exige a un proceso en un momento determinado.
6. **Sobrecarga:** cuando la carga es superior a la capacidad y el proceso no puede operar todo lo deseado y aparecen inventarios de productos.
7. **Cuello de botella:** recursos que limitan la capacidad y originan sobrecarga.
8. **Tiempo de producción:** tiempo necesario para realizar una o varias operaciones. Se descompone en tiempo de espera, de preparación, de operación y de transferencia.
9. **Tiempo de espera:** tiempo que está el producto hasta que comienza la operación
10. **Tiempo de preparación:** tiempo que se necesita para disponer adecuadamente los recursos que van a efectuar la operación
11. **Tiempo de operación:** tiempo consumido por los recursos en efectuar la operación.
12. **Tiempo de transferencia:** tiempo necesario para transportar una cantidad de producto que ya ha sido sometido a una operación a otra nueva.

EL ÚNICO DE ESTOS TIEMPOS QUE AGREGA VALOR ES EL TIEMPO DE OPERACIÓN, LA ADMINISTRACIÓN DEBE BUSCAR LA FORMA DE HACER QUE LOS DEMÁS SEAN MÍNIMOS.

El único de estos tiempos que agrega valor es el tiempo de operación, la administración debe buscar la forma de hacer que los demás sean mínimos.

13. **Capacidad productiva:** es la cantidad de recursos, principalmente fuerza laboral y maquinaria, que están disponibles en el proceso productivo.



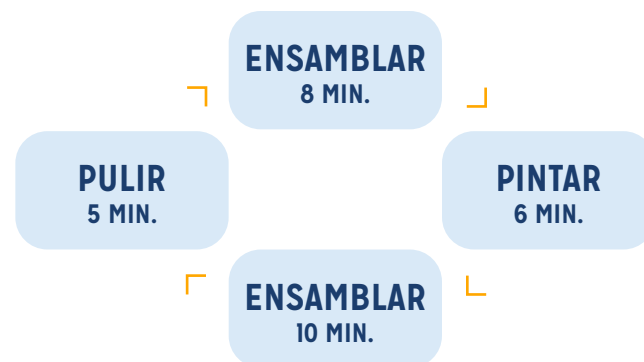
14. **Proceso de flujo continuo:** proceso donde el flujo de producto sigue siempre una secuencia de operaciones que viene establecida por las características del producto. Dentro de ellos se tienen:
 15. **Procesos continuos:** aquellos que producen sin pausa alguna y sin transición entre operación y operación, generalmente se usan en productos totalmente estandarizados.
 16. **Procesos en serie:** procesos en los que hay una transición entre las operaciones y están diferenciadas por requerir la aplicación de maquinaria o mano de obra distinta en cada operación.
 17. **Procesos de flujo en lotes:** en estos procesos cualquier cambio entre productos de la misma familia requiere una preparación previa de la maquinaria. La preparación supone un tiempo en que la línea de producción estará parada, lo que implica a su vez un coste valorable en términos de producción no hecha que hay que recuperar con la producción de lotes de muchas unidades y así distribuir ese costo entre más unidades.
 18. **Procesos de flujo alternado:** producen en lotes pero de cantidades mínimas, incluso unidades. Se requiere que los tiempos de preparación estén minimizados para que sea rentable.
 19. **Procesos de flujo intermitente:** procesos de producción que no tienen una secuencia fija de operaciones, el flujo de operaciones está determinado por el producto procesado y para ello no hay una máquina específica sino diferentes máquinas capaces de hacer diferentes tareas.
 20. **Procesos sin flujo:** procesos donde se disponen las operaciones alrededor del producto. No existe ningún flujo diseñado a priori, por ello son especialmente útiles para los productos por diseño.

Para desarrollar un análisis cuantitativo de procesos productivos generalmente se hace referencia a indicadores de gestión que permiten evaluar el desempeño y eficiencia de dicho proceso en el tiempo. Algunos de los indicadores más utilizados son capacidad, tiempo de flujo y tiempo de ciclo. A continuación los definimos brevemente:

- » **Capacidad de un proceso:** corresponde a la tasa máxima de producción, es decir, cuántas unidades en un intervalo de tiempo un proceso (sistema) puede producir.
- » **Tiempo de flujo:** es el tiempo de producción, es decir, es el tiempo mínimo total que una unidad se demora en pasar por el sistema.
- » **Tiempo de ciclo:** es el tiempo promedio entre la producción de dos unidades consecutivas.

A continuación presentaremos un proceso de producción sencillo de fabricación de muebles.

FIGURA 1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE MUEBLES



Fuente: Elaboración propia.

- A. La capacidad del proceso es de 10 [u/hora]
- B. El Tiempo de Flujo (para la primera unidad) es de 19 [min] (5+8+6)
- C. El Tiempo de Ciclo del proceso es de 6 [min] (si se producen 10[u/hora] en promedio se produce una cada 6 [min])

3. **¿Cómo determinar entonces cuántas unidades completas se alcanzan a procesar en la primera hora de trabajo?**

Para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$T(N) = TF + (1 / Cap) * (N - 1)$$

En nuestro ejemplo: $60 = 19 + 6 (N-1) \Rightarrow N = 7,833 \sim 7$

Es decir, se alcanzan a producir en forma completa 7 unidades en la primera hora. Notar que esto no contradice la capacidad del proceso. Si tomamos un horizonte de tiempo más amplio (2 horas, 3 horas, etc.) la cantidad de unidades que se puedan procesar en promedio en una hora convergerá a la capacidad del proceso que es de 10 [u/hora].

El motivo de lo anterior es que cada vez el efecto de las primeras unidades (hasta la estabilización del proceso) es menor.

TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN PLANIFICACIÓN

Una operación es una tarea elemental que se realiza en una máquina. El conjunto de operaciones se denomina trabajo y están relacionadas entre sí por medio de precedencias debidas a restricciones tecnológicas que definen la ruta.

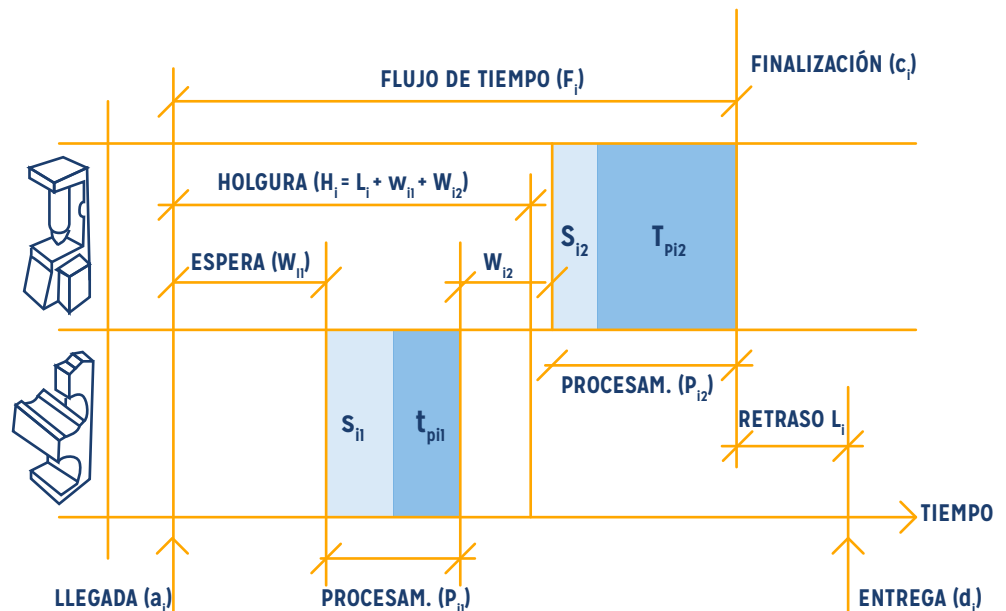
FIGURA 3.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente dibujo recoge todos los conceptos que se definen en detalle a continuación.

FIGURA 4.



Fuente: Elaboración propia.

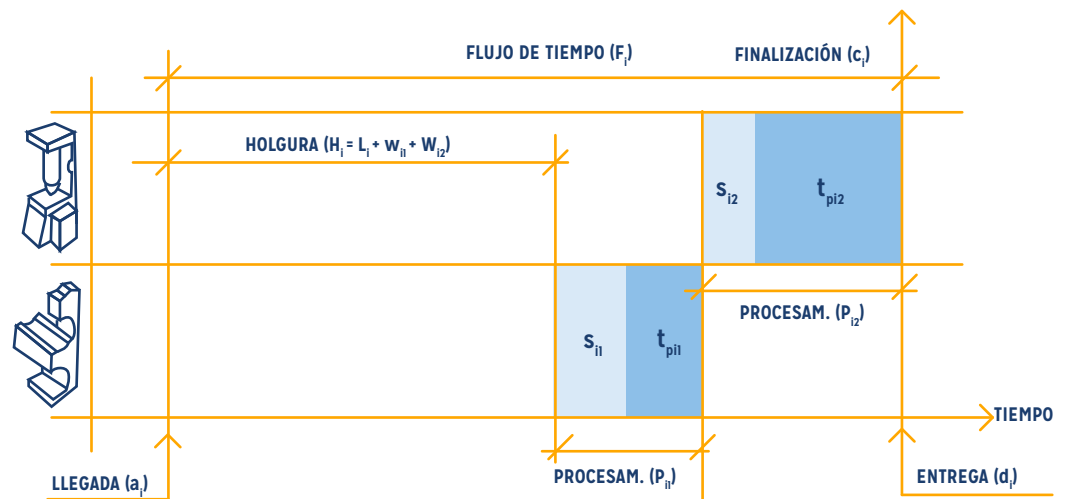
- A. **El tiempo de procesamiento (p_i)** es la duración de la operación. Incluye el tiempo de cambio (t_c) que, en la mayoría de los casos, es independiente de la secuencia (salvo en el caso de empresas de envasado y fabricación, por ejemplo, de pinturas o helados)
- B. **El tiempo de espera (w_i)** es el tiempo que el trabajo está en cola esperando a ser procesado en una máquina.
- C. **La fecha de llegada (a_i)** es el instante en el que el trabajo llega al taller y a partir del cual puede ya procesarse. Es decir, no es el momento en el que el cliente hace el pedido, sino el momento en que el pedido llega a planificación.
- D. **La fecha de finalización (c_i)** corresponde al instante en el que se termina la última operación de un trabajo.
- E. **La fecha de entrega (d_i)** es el instante en el que hay que entregar el trabajo. Generalmente viene fijada por el cliente.

Existen unos datos que se obtienen a partir de estos conceptos y que permiten comparar distintas planificaciones. Los tres más importantes son:

1. **El flujo de tiempo ($F_i = c_i - a_i$ ó $F_i = p_i + w_i$)** es el tiempo transcurrido desde la llegada del trabajo hasta la finalización de la última tarea. Se puede definir como la diferencia entre el tiempo de finalización y el de llegada ($c_i - a_i$); o bien, desde el punto de vista de su estancia en el taller, se puede calcular como la suma del tiempo de procesamiento y el tiempo de espera ($p_i + w_i$).
2. **El retraso ($L_i = c_i - d_i$)** cuantifica lo pronto (o tarde) que se ha terminado el trabajo y se calcula como la diferencia entre la fecha de finalización y la de entrega. Si es mayor que cero significa que el trabajo se ha terminado después de su fecha de entrega prevista y, entonces, se denomina tardanza (T_i). Si, por el contrario, es menor que cero, el trabajo se ha acabado antes de la fecha prevista, se denomina prontitud (E_i).
3. **La holgura ($H_i = d_i - (a_i + p_i)$)** representa el margen de tiempo que existe para planificar un pedido, es decir, sabiendo el tiempo en el que llega y el tiempo de procesamiento, y conociendo la fecha en la que hay que entregar el artículo, es fácil calcular el margen del que se dispone para planificarlo.



FIGURA 5.



Fuente: Elaboración propia.

Las características anteriores se calculan para cada trabajo. Existen otras medidas agregadas que tienen en cuenta el conjunto de trabajos que forman, por ejemplo, el pedido completo de un cliente.

- » **El Intervalo de fabricación (M)** es el intervalo necesario para planificar los n trabajos que componen la lista de planificación.
- » **El flujo medio de tiempo (F)** es el valor medio del flujo de tiempo para los n trabajos. Este término es importante, ya que el inventario en proceso es directamente proporcional al flujo medio de tiempo, es decir, cuanto mayor sea este valor, más inventario habrá en proceso. También puede verse en sentido contrario, es decir, en empresas en las que hay mucho inventario en proceso los plazos de entrega que se pueden prometer son más altos.



REGLAS DE DESPACHO

Las reglas de despacho permiten definir las prioridades entre los trabajos que se encuentran en un taller. Pueden ser sencillas, basadas en un dato del producto, como el tiempo de procesamiento o la fecha de entrega; también se pueden obtener a través de cálculos entre diferentes variables (como la holgura).

Las principales reglas de despacho que se manejan en producción son:

- A. **FIFO (*First In First Out*) ó PEPA (Primero en Entrar, Primero en Atender):** Se emplea a menudo y, especialmente, con productos perecederos, donde toma el nombre de FEFO (*First Expiration First Out*).
- B. **LIFO (*Last In First Out*) ó UEPA (Último en Entrar, Primero en Atender):** No es muy común, pero en ocasiones, cuando el material ocupa grandes superficies y la rotación es elevada (planchas de acero de gran tamaño) suele ser útil esta regla.
- C. **SPT (*Sort Process Time*):** Ordena los trabajos de menor a mayor tiempo de procesamiento. Es una de las más utilizadas.
- D. **LPT (*Longest Process Time*):** Ordena los trabajos de mayor a menor tiempo de procesamiento.
- E. **EDD (*Earliest Due Date*):** Ordena los trabajos en función de la fecha de entrega, de forma creciente, es decir, el primer trabajo de la lista es el que tiene menor fecha de entrega.
- F. **Holgura mínima:** Considera el tiempo restante total hasta la finalización del trabajo. De esta forma se programan antes los trabajos con mayores posibilidades de retrasarse.

LAS REGLAS DE DESPACHO PERMITEN DEFINIR LAS PRIORIDADES ENTRE LOS TRABAJOS QUE SE ENCUENTRAN EN UN TALLER. PUEDEN SER BASADAS EN UN DATO DEL PRODUCTO; TAMBIÉN SE PUEDEN OBTENER A TRAVÉS DE CÁLCULOS ENTRE DIFERENTES VARIABLES (COMO LA HOLGURA).



LOS MODELOS DE LÍNEA DE ESPERA CONSISTEN EN FÓRMULAS Y RELACIONES MATEMÁTICAS QUE PUEDEN USARSE PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS (MEDIDAS DE DESEMPEÑO) PARA UNA COLA.

Se han elaborado modelos para ayudar a los administradores a entender y tomar mejores decisiones sobre la operación de las líneas de espera. En la terminología de los métodos cuantitativos, una línea de espera también se conoce como cola y el cuerpo de conocimiento que tiene que ver con las líneas de espera se conoce como teoría de las colas o simplemente teoría de colas.

Los modelos de línea de espera consisten en fórmulas y relaciones matemáticas que pueden usarse para determinar las características operativas (medidas de desempeño) para una cola.

Las características operativas de interés incluyen las siguientes:

1. Probabilidad de que no haya unidades o clientes en el sistema
2. Cantidad promedio de unidades en la línea de espera
3. Cantidad promedio de unidades en el sistema (la cantidad de unidades en la línea de espera más la cantidad de unidades que se están atendiendo)
4. Tiempo promedio que pasa una unidad en la línea de espera
5. Tiempo promedio que pasa una unidad en el sistema (el tiempo de espera más el tiempo de servicio)
6. Probabilidad que tiene una unidad que llega de esperar por el servicio.



ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE LÍNEA DE ESPERA

Para ilustrar las características básicas de un modelo de línea de espera, consideramos la cola en el Burger Dome, que vende hamburguesas, papas fritas, refrescos y malteadas, así como un número limitado de artículos de especialidad y postres.

Aunque a Burger Dome le gustaría servir inmediatamente a cada cliente, a veces llegan más comensales de los que puede manejar el personal de Burger Dome, por tanto, los clientes esperan en línea para hacer sus pedidos y recibir sus alimentos.

DEFINIR EL PROCESO DE LLEGADA PARA UNA LÍNEA DE ESPERA IMPLICA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA LA CANTIDAD DE LLEGADAS EN UN PERIODO DADO.

A Burger Dome le preocupa que los métodos que se usan actualmente para servir a los clientes den como resultado tiempos de espera excesivos. La administración desea realizar un estudio con el fin de ayudar a determinar el mejor enfoque para producir los tiempos de espera y mejorar el servicio.

LÍNEA DE ESPERA DE UN SOLO CANAL:

Cada cliente que entra al restaurante de Burger Dome debe pasar por un canal, una estación para tomar y surtir el pedido, para colocar el pedido, pagar la cuenta y recibir el producto. Cuando llegan más clientes forman una línea de espera y aguardan que se desocupe la estación para tomar y surtir el pedido.

DISTRIBUCIÓN DE LLEGADAS:

Definir el proceso de llegada para una línea de espera implica determinar la distribución de probabilidad para la cantidad de llegadas en un periodo dado. Para muchas situaciones de línea de espera, cada llegada ocurre aleatoria e independientemente de otras llegadas y no podemos predecir cuándo ocurrirá. En tales casos los analistas cuantitativos han encontrado que la distribución de probabilidad de poisson proporciona una buena descripción del patrón de llegadas.

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE SERVICIO:

El tiempo de servicio es el tiempo que pasa un cliente en la instalación una vez el servicio ha iniciado. Se puede utilizar la distribución de probabilidad exponencial para encontrar la probabilidad de que el tiempo de servicio sea menor o igual que un tiempo t .

EL TIEMPO DE SERVICIO ES EL TIEMPO QUE PASA UN CLIENTE EN LA INSTALACIÓN UNA VEZ EL SERVICIO HA INICIADO.

DISCIPLINA EN LA LÍNEA DE ESPERA:

Al describir un sistema de línea de espera debemos definir la manera en que las unidades que esperan el servicio se ordenan para recibirlo.

En general para la mayoría de las líneas de espera orientadas al cliente, las unidades que esperan servicio se acomodan según el principio el primero que llega, el primero al que se sirve; este enfoque se conoce como disciplina de línea de espera o disciplina de cola FCFS (*first-come, first served*).

Sin embargo algunas situaciones exigen disciplinas de cola diferentes:

- » El primero que llega, primero al que se le sirve
- » Último en entrar, primero en salir
- » Atención primero a la prioridad más alta

OPERACIÓN DE ESTADO ESTABLE:

Generalmente la actividad se incrementa gradualmente hasta un estado normal o estable. El período de comienzo o principio se conoce como período transitorio, mismo que termina cuando el sistema alcanza la operación de estado estable o normal.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Antes de que pueda llevarse a cabo un análisis económico de una línea de espera, debe elaborarse un modelo de costo total, el cual incluye el costo de esperar y el costo de servicio.

Fórmula:

$$TC = CwL + CsK$$

Donde:

Cw = costo de esperar por periodo para cada unidad.

L = cantidad promedio de unidades en el sistema.

Cs = costo de servicio por periodo para cada canal.

K = cantidad de canales.

Para realizar un análisis económico de una línea de espera debemos obtener estimaciones razonables del costo de esperar y el costo de servicio. En el problema de Burger Dome, el costo de esperar sería el costo por minuto para un cliente que espera por servicio. Este costo no es un costo directo para Burger Dome; sin embargo, si Burger Dome lo ignora y permite líneas de espera largas, los clientes comerán en otra parte. Por tanto Burger Dome experimentará pérdida en ventas y en efecto, incurrirá en un costo.

Generalmente es más fácil determinar el costo del servicio. Este es el costo relevante asociado con la operación de cada canal de servicio; en el problema de Burger Dome, incluiría los salarios y prestaciones del empleado y cualquier otro costo directo asociado con la operación del canal de servicio. En Burger Dome este costo se estima en \$7 por hora. Suponemos que Burger Dome está dispuesto a asignar un costo de \$10 por hora para el tiempo de espera del cliente. Usamos la cantidad promedio en el sistema, L .



Sistema de un solo canal (L=3 clientes)

$TC = 10 (3) + 7 (1) = \$37.00$ por hora

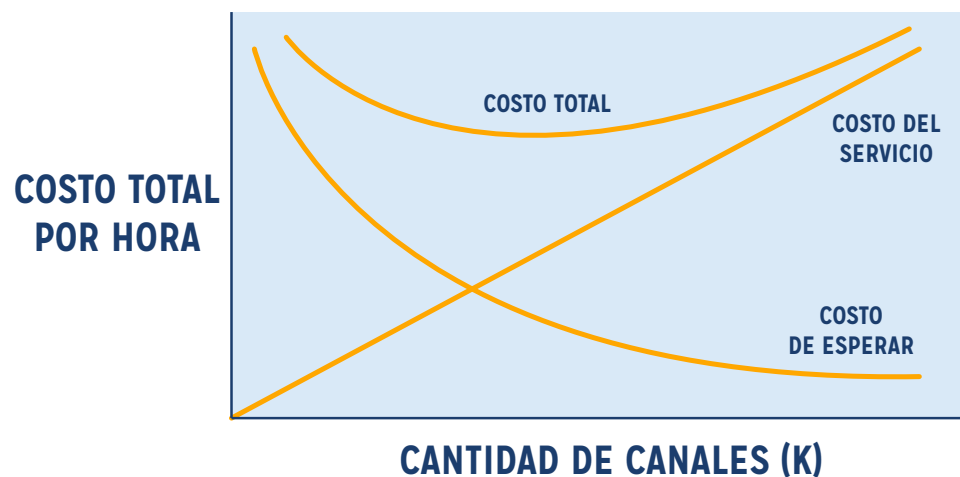
Sistema de dos canales (L=0.8727 clientes)

$TC = 10 (0.8727) + 7 (2) = \22.73 por hora

Por tanto, con base en los datos de costo proporcionados por Burger Dome, el sistema de dos canales proporciona la operación más económica.

La forma general de las curvas de costo en el análisis económico de las líneas de espera consiste en que el costo del servicio aumenta conforme aumenta la cantidad de canales; pero con más canales, el servicio es mejor. Como resultado, el tiempo de espera y el costo disminuyen conforme se aumenta la cantidad de canales. Puede encontrarse la cantidad de canales que proporcionará una buena aproximación al diseño de costo total mínimo evaluando el costo total para varias alternativas de diseño.

FIGURA 6.



Fuente: Elaboración propia.



BIBLIOGRAFÍA

El Aula Fácil. (29 de 05 de 2014). *El Aula Fácil*. Obtenido de Lección 32: <http://www.aulafacil.com/cursosfidelizacion/Lecc-32.htm>

Galeón. (29 de 05 de 2014). MODELOS DE LÍNEA DE ESPERA. Obtenido de Galeon.Com: <http://metodosunoydos.galeon.com/enlaces2221688.html>

GEO Tutoriales . (29 de 05 de 2014). *Preguntas Frecuentes sobre Procesos*. Obtenido de Gestion de Operaciones: <http://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/preguntas-frecuentes-sobre-procesos-capacidad-tiempo-de-flujo-y-tiempo-de-ciclo/#.Uh-Z49LV6zk>

López, C. (29 de 05 de 2014). *Conceptos básicos de producción*. Obtenido de GestoPolis: <http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/no%2011/pnbasica.htm>

Universidad de Navarra. (29 de 05 de 2014). *Planificación Detallada*. Obtenido de TECNUN: <http://www.unav.es/ocw/orgproduccionII/material/teoriaPL.pdf>

The logo consists of the word "ILUMNO" in a white, bold, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a white circle with a small gap at the top, resembling a stylized eye or a lens. The logo is positioned on the left side of the page, centered vertically, and is set against a solid orange rectangular background.

ILUMNO