



**UNAP**



**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ADMINISTRACIÓN**

**EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PREDICCIÓN EMPRESARIAL II**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN**

**PRESENTADO POR:**

**RICKY REYLLER RENGIFO REATEGUI**

**CONTAMANA, PERÚ**

**2019**



# UNAP

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS  
FACEN

“OFICINA DE ASUNTOS ACADEMICOS”



## ACTA DE EXAMEN ORAL DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ACTUALIZACIÓN ACADÉMICA

En la ciudad de Contamana, a los 30 días del mes de AGOSTO del 2019, a horas 12.00 se ha constituido en la Filial de Contamana, el jurado designado mediante Resolución Decanal N° 1287 -UNAP-DFACEN/19, integrado por el CPC. LENER TUESTA CÁRDENAS, Dr. (Presidente), Lic. Adm. EDWIN SARABIA MURRIETA, Mg. (Miembro) y el Lic. Adm. LUIS ABRAHAM TORREJÓN VILLACORTA, Mg. (Miembro), para proceder al acto del Examen Oral de Suficiencia Profesional - Actualización Académica del Bachiller en Ciencias Administrativas RICKY REYLLER RENGIFO REATEGUI, tendiente a optar el Título Profesional de LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN.

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos y sustentado en la Ley N°30220, el jurado procedió al examen oral sobre la Balota N° 12: “PREDICCIÓN EMPRESARIAL II”.

El acto público fue aperturado por el Presidente del Jurado, dándose lectura a la resolución que fija la realización del examen oral.

De inmediato procedió a invitar al examinado a realizar una breve exposición sobre el tema del examen y posteriormente a los señores del jurado a formular las preguntas que crean convenientes relacionadas al acto. Luego de un amplio debate y a criterio del Presidente del Jurado, se dio por concluido el examen oral pasando el jurado a la evaluación y deliberación correspondiente en privado; concluyendo que el examinado ha sido: APROBADO POR MAYORÍA

El Jurado dio a conocer el resultado del examen en Acto Público, siendo las 12.55 PM se dio por terminado el acto académico.

CPC. LENER TUESTA CÁRDENAS, Dr.  
Presidente

Lic. Adm. EDWIN SARABIA MURRIETA, Mg.  
Miembro

Lic. Adm. LUIS ABRAHAM TORREJÓN VILLACORTA, Mg.  
Miembro

Somos la Universidad licenciada más importante de la Amazonia del Perú, rumbo a la acreditación

Calle Nanay N°352-356- Distrito de Iquitos – Maynas – Loreto  
<http://www.unapiquitos.edu.pe> - e-mail: [facenunap@yahoo.es](mailto:facenunap@yahoo.es)  
Teléfonos: #065-243644 / #065-234364 - Decanatura: #065-224342 / 944670264

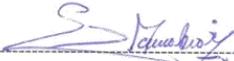


MIEMBROS DEL JURADO



---

CPC. ABELARDO LENER TUESTA CARDENAS, Dr.  
PRESIDENTE  
Matricula N° 10-0180



---

LIC. ADM. EDWIN SARABIA MURRIETA, Mgr  
MIEMBRO  
Matricula N° 00-1524



---

LIC.ADM. LUIS ABRAHAM TORREJON VILLACORTA  
MIEMBRO  
Matricula N° 00-1527

## **INDICE**

	<b>Pág</b>
<b>PORTADA</b>	01
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b>	02
<b>MIEMBROS DEL JURADO</b>	03
<b>INDICE</b>	04
<b>RESUMEN</b>	06
<b>I) PROGRAMACION LINEAL</b>	<b>07</b>
1.1. CONCEPTO	08
1.2. FORMULACION DE UN PROBLEMA	09
1.3. APLICACIONES DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL	09
1.4. ANALISIS GRAFICO	10
1.4.1. TRAZAR EL GRAFICO DE LAS RESTRICCIONES	10
1.4.2. IDENTIFICAR LA REGION FACTIBLE	12
1.4.3. TRAZAR LA LINEA DE FUNCION OBJETIVO	13
1.4.4. ENCONTRAR LA SOLUCION VISUAL	15
1.4.5. ENCONTRAR LA SOLUCION ALGEBRAICA	16
1.5. EL MÉTODO SIMPLEX	16
1.5.1. METODOLOGÍA DEL MÉTODO SIMPLEX	16
<b>II) METODO PERT/CPM</b>	<b>18</b>
2.1. CONCEPTOS	18
2.2. USOS	20
2.3. PROCEDIMIENTO PARA TRAZAR UN MODELO DE RED	20
2.4. METODO PERT (Program Evaluation and Review Technique)	23
2.4.1. PASOS EN EL PROCESO DE PLANEAMIENTO DEL PERT	24
2.4.2. VENTAJAS DEL PERT	26
2.5. CPM (Critical Path Method)	27
2.5.1. LIMITACIONES DEL CPM	28

<b>III) TEORIA DE COLAS</b>	<b>29</b>
3.1. POR QUÉ SE FORMAN LAS FILAS DE ESPERA	29
3.2. USOS DE LA TEORIA DE FILAS DE ESPERA	30
3.3. ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS DE FILAS DE ESPERA	30
3.3.1. POBLACION DE CLIENTES	31
3.3.2. EL SISTEMA DE SERVICIO	32
3.3.3. REGLA DE PRIORIDAD	35
3.4. DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES	36
3.4.1. DISTRIBUCION DE LLEGADAS	36
3.4.2. DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE SERVICIO	37
3.5. EL USO DE MODELOS DE FILAS DE ESPERA PARA ANALIZAR OPERACIONES	37
3.5.1. MODELO CON UN SOLO SERVIDOR	39
3.5.2. MODELO CON MULTIPLES SERVIDORES	40
3.5.3. MODELO CON FUENTE FINITA	40
3.6. AREAS DE DECISION PARA LA GERENCIA	41
<b>IV) SOFTWARE PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PREDICCIÓN EMPRESARIAL</b>	<b>43</b>
4.1 ETAPAS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE SIMULACION	43
4.2 MODELOS DE SIMULACION	45
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>49</b>

## RESUMEN

Es un estudio que trata de la **programación lineal** es un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado, formulado a través de un sistema de inecuaciones lineales, optimizando la función objetivo, también lineal.

Consiste en optimizar (minimizar o maximizar) una función lineal, denominada función objetivo, de tal forma que las variables de dicha función estén sujetas a una serie de restricciones que expresamos mediante un sistema de inecuaciones lineales.

El PERT/CPM proporciona una herramienta para controlar y monitorear el progreso del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel en éste y su importancia en la terminación del proyecto se manifiesta inmediatamente para el director del mismo. Las actividades de la ruta crítica, permiten por consiguiente, recibir la mayor parte de la atención, debido a que la terminación del proyecto, depende fuertemente de ellas. Las actividades no críticas se manipularan y remplazaran en respuesta a la disponibilidad de recursos.

El estudio de las colas es importante porque proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que podemos esperar de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes.

Finalmente, "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema".

## I) PROGRAMACION LINEAL

### 1.1. CONCEPTO

Es una técnica matemática relativamente reciente (siglo XX), que consiste en una serie de métodos y procedimientos que permiten resolver problemas de optimización en ámbito, sobre todo de las ciencias sociales.

Las técnicas matemáticas de programación lineal son usadas con éxito en la solución de problemas referentes a la asignación de personal, transporte, cartera de inversión entre otros.

Un problema de programación Lineal consta de una función objetivo lineal por maximizar o minimizar, sujeta a restricciones en la forma de igualdades o desigualdades.

Los métodos para hallar la solución en la Programación Lineal son el método Gráfico y el Método Simplex.

Para demostrar cómo se resuelven problemas en la administración de operaciones con esta técnica, es preciso explicar primero varias características comunes de todos los modelos de programación lineal y las suposiciones matemáticas que se aplican a ellos:

- a) **Función objetivo:** expresa matemáticamente lo que se intenta maximizar (por ejemplo, las utilidades o el valor presente) o minimizar (por ejemplo, los costos o el desperdicio).
- b) **Variables de decisión:** Las variables que representan las opciones que están bajo el control de la persona que toma las decisiones.
- c) **Restricciones:** Las limitaciones que restringen las opciones permisibles para las variables de decisión.
- d) **Región factible:** región que representa todas las combinaciones permisibles de las variables de decisión en un modelo de programación lineal.
- e) **Parámetro:** Un valor que la persona a cargo de tomar decisiones no puede controlar y que no cambia cuando se implementa la solución.
- f) **Certidumbre:** palabra que se utiliza para describir que un hecho se conoce sin lugar a duda.
- g) **Linealidad:** características del modelo de programación lineal que implica proporcionalidad y aditividad; no puede haber productos ni potencias de la variable de decisión.
- h) **No negatividad:** suposición de que las variables de decisión deben ser positivas o cero.

## 1.2 FORMULACION DE UN PROBLEMA

Las aplicaciones de la programación lineal comienzan con la formulación de un modelo del problema con las características generales antes descritas. El proceso de construcción de un modelo se ilustra aquí con el problema de la mezcla de productos, que es un tipo de problema de planificación para un solo periodo, cuya solución proporciona las cantidades óptimas de producción (o mezcla de productos) de un grupo de productos o servicios sujetos a restricciones de la capacidad de los recursos disponibles y la demanda del mercado. La formulación de un modelo que permita representar cada problema único, aplicando las siguientes secuencias de tres pasos, constituye la parte más creativa de la programación lineal y posiblemente, la más difícil.

**Paso 1: Definir las variables de decisiones.** ¿Qué es lo que se pretende decidir? Defina específicamente cada variable de decisión, recordando que las definiciones empleadas en la función objetivo deberán ser igual de útiles en caso de las restricciones. También deberán ser lo más específicos que sea posible. Considere las dos definiciones alternativas siguientes:

$X_1$  = producto 1

$X_1$  = número de unidades del producto 1 que se producirán y venderán el próximo mes.

**Paso 2: Escribir la función objetiva.** ¿Qué es lo que se intenta maximizar o minimizar? Si se trata de las utilidades del mes entrante, escriba una función objetiva en la cual las utilidades del próximo mes sea una función de las variables de decisión. Identifica los parámetros que acompañaran a cada variable de decisión. Por ejemplo, si cada unidad  $X_1$  vendida produce una utilidad de \$7, la utilidad total del producto  $X_1 = 7X_1$ . Si una variable no tiene efecto alguno sobre la función objetiva, el **coeficiente** de su función objetiva será 0. Con frecuencia, la función objetiva es igual a Z, y la meta que se persigue es maximizar o minimizar Z.

**Paso 3: Escribir las restricciones.** ¿Qué factores limitan los valores de las variables de decisión? Identifique las restricciones y los parámetros de cada variable de decisión incluida en esas expresiones. Igual que en el caso de la función objetiva, el parámetro de una variable que no produce efecto alguno sobre una restricción es 0. A fin de mantener la debida corrección formal, escriba también las restricciones de no negatividad.

Como comprobación de la consistencia, asegúrese de utilizar la misma unidad de medición en ambos lados de cada restricción y en la función

objetiva. Por ejemplo, supongamos que el lado derecho de una restricción esta expresado en horas de capacidad por mes. Entonces si una variable de decisión en el lado izquierdo de la restricción mide el número de unidades producida por mes, las dimensiones del parámetro que se multiplica por la variable de decisión deberán ser horas por unidad, porque:

$$\left( \frac{\text{Horas}}{\text{Unidades}} \right) \left( \frac{\text{Unidades}}{\text{Mes}} \right) = \left( \frac{\text{Horas}}{\text{Mes}} \right)$$

Por supuesto, también es posible saltar de un paso a otro, dependiendo de la parte del problema en que este concentrada la atención. Si no logra superar el paso 1, ensaye con un nuevo conjunto de definiciones para las variables de decisión. Puede haber más de una forma de construir correctamente el modelo de un problema.

### 1.3 APLICACIONES DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

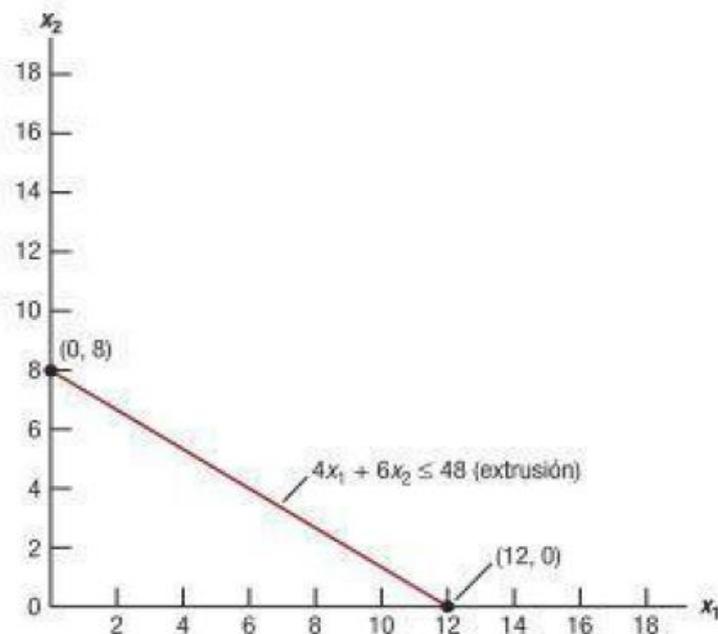
- **Aplicación bancaria:** los bancos desean asignar sus fondos para alcanzar la rentabilidad más alta posible. Debe operar dentro de los términos de liquidez establecidos por el ente regulador y mantener suficiente flexibilidad para satisfacer las demandas de préstamos de sus clientes.
- **Aplicación en publicidad:** Una agencia de publicidad desea alcanzar la mejor exposición posible para los productos de su cliente al costo de publicidad más bajo posible. Hay una docena de revistas posibles en las que se puede anunciar cada una con diferentes tarifas de anuncios y diferentes lectores.
- **Aplicación en manufactura:** Un fabricante de muebles desea maximizar sus utilidades. Tienen límites definidos sobre los tiempos de producción disponibles en sus tres departamentos, así como compromisos de muebles con sus clientes.
- **Aplicación en nutrición:** Un economista en un país en desarrollo desea preparar una mezcla alimentaria rica en proteínas al costo más bajo posible. Hay diez ingredientes posibles de los que se puede extraer proteínas y cada uno está disponible en cantidades diferentes a precios diferentes.

## 1.4. ANALISIS GRAFICO

Una vez que se ha formulado el modelo, se buscara la solución óptima. En la práctica, la mayoría de los problemas de programación lineal se resuelve con ayuda de la computadora. Sin embargo, se puede comprender el significado de los resultados que esta ofrece, así como los conceptos de programación lineal en general, analizando un problema sencillo de dos variables con el método gráfico de programación lineal. Por consiguiente, se empezará con el método gráfico, a pesar de que no es una técnica práctica para resolver los problemas que tiene tres o más variables de decisión. Los cinco pasos básicos son:

### 1.4.1. TRAZAR EL GRAFICO DE LAS RESTRICCIONES

Para empezar, se trazará el grafico de las ecuaciones de restricción, pasando por alto la parte de la desigualdad correspondiente a las restricciones ( $<0>$ ). Al hacer que cada restricción se convierta en una igualdad ( $=$ ), esta se transforma en la ecuación de una línea recta. La recta se traza en cuanto se identifique dos puntos contenidos en ellas. Se pueden elegir dos puntos cuales quiera razonablemente distantes; los más sencillos de encontrar son las intersecciones con los ejes, es decir, aquellos donde la recta cruza cada uno de los ejes. Para encontrar la intersección con el eje de  $X_1$ ,  $X_2$  s establece igual a cero y se resuelve la ecuación para  $X_1$ .



$$4X_1 + 6X_2 = 48$$

Para la intersección con el eje  $X_1$ ,  $X_2 = 0$ , por lo tanto,

$$4X_1 + 6(0) = 48$$

$$X_1 = 12$$

Para encontrar la intersección con el eje  $X_2$ , se establece  $X_1 = 0$  y se resuelve la ecuación para obtener  $X_2$ :

$$4(0) + 6X_2 = 48$$

$$X_2 = 8$$

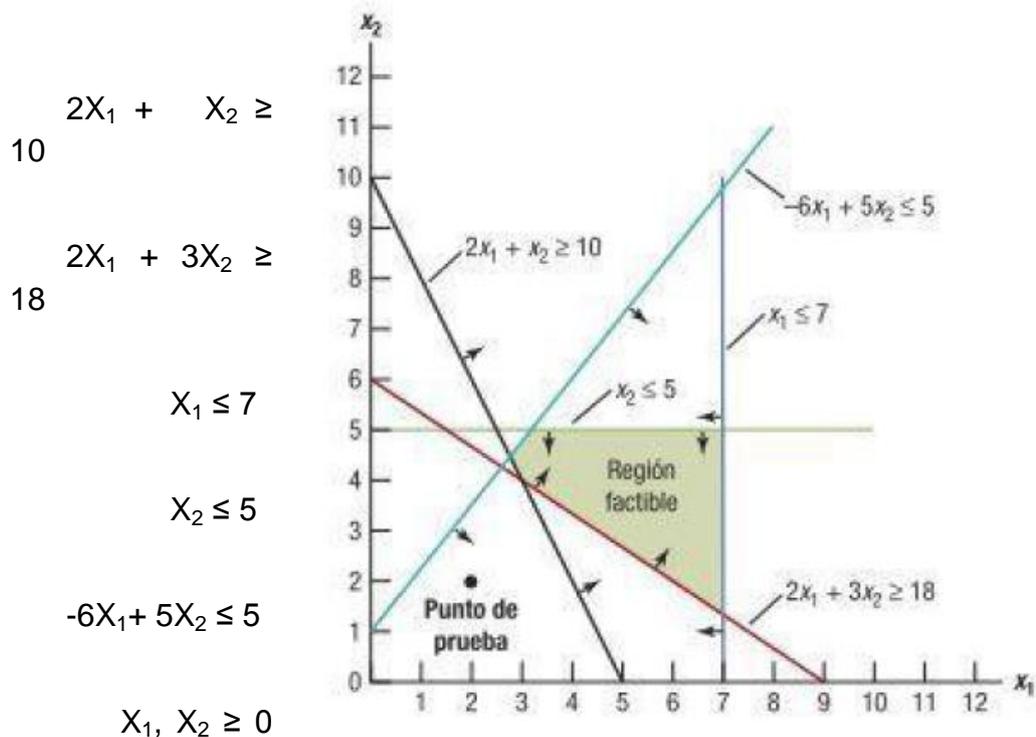
Se unen los puntos  $(0, 8)$  y  $(12, 0)$  por medio de una línea recta, como se muestra en figura anterior.

### 1.4.2. IDENTIFICAR LA REGION FACTIBLE

La región factible es el área del gráfico que contiene las soluciones que satisfacen simultáneamente todas las restricciones, incluso las restricciones de no negatividad. Para encontrar la región factible, localice primero los puntos factibles de cada restricción y, a continuación, el área que satisfaga todas las restricciones. Generalmente, las tres reglas siguientes identifican los puntos factibles de una restricción dada:

- Para la restricción  $=$ , solo los puntos de la línea son soluciones factibles.
- Para la restricción  $\leq$ , los puntos de la línea y los puntos debajo o a la izquierda de ella son soluciones factibles.
- Para la restricción  $\geq$ , los puntos de la línea y los puntos arriba o a la derecha de la misma son soluciones factibles.

Las excepciones a estas reglas se presentan cuando uno o varios de los parámetros del lado izquierdo de una restricción son negativos. En esos casos, se traza la línea de la restricción y se hace una prueba con alguno de los puntos que se localizan a un lado de la misma. Si dicho punto no satisface la restricción, eso significa que se encuentra en la parte no factible del gráfico. Suponga que un modelo de programación lineal tiene las siguientes cinco restricciones, además de las restricciones de no negatividad:



La región factible es la región sombreada en la figura. Las flechas que aparecen en cada restricción indican el lado que es factible de cada línea. Las reglas son válidas para todas las restricciones, excepto la quinta, pues esta tiene un parámetro negativo,  $-6$ , para  $X_1$ . Arbitrariamente se selecciona  $(2,2)$  como el punto de prueba, que, como se aprecia en la figura, está debajo y a la derecha de la línea. En ese punto se encuentra que  $-6(2) + 5(2)$ . Puesto que  $-2$  no es mayor que  $5$ , la porción de la figura que contiene  $(2,2)$  es factible cuando menos para esta quinta restricción.

### 1.4.3. TRAZAR LA LINEA DE FUNCION OBJETIVO

Ahora es necesario encontrar la solución que optimice la función objetivo. Aun cuando todos los puntos de la región factible representan soluciones posibles, la búsqueda se puede limitar a los puntos localizados en los vértices. Un punto extremo se localice en la intersección de dos (o posiblemente más) líneas de restricción, en la frontera de la región factible. No es necesario considerar ninguno de los puntos interiores de la región factible porque por lo menos uno de los puntos extremo es mejor que cualquiera de los puntos interiores. En forma similar, se puede pasar por alto otros puntos de la frontera de la región factible porque existe un punto extremo que es cuando menos tan satisfactorio como cualquiera de ellos. En la figura los anteriores, los cinco puntos extremos están marcados con las letras A, B, C, D y E. el punto A es el origen  $(0,0)$  y se puede pasar por alto porque cualquier otro punto factible es una solución mejor. Se puede probar con cada uno de los demás puntos extremos de la función objetivo y sustituye estos valores en la función objetivo, el valor resultante de  $Z$  es 320:

$$34X_1 + 40X_2 = Z$$

$$34(0) + 40(8) = 320$$

Sin embargo, es posible que no puedan interpretar con precisión los valores de  $X_1$  y  $X_2$  correspondiente a alguno de los puntos (por ejemplo C o D) del gráfico. La resolución algebraica de dos ecuaciones lineales para cada punto extremo también resulta ineficaz cuando hay muchas restricciones y por lo tanto, muchos puntos extremos.

El mejor procedimiento consiste en trazar la función objetivo sobre el gráfico de la región factible, para valores arbitrarios de  $Z$ . A partir de esa línea de la función objetivo es posible distinguir visualmente la mejor solución. Si la función objetivo es utilidades, cada línea se conoce como una *línea isoutilidades* y cada punto de esta producirá la misma utilidad.

Si  $Z$  mide el costo, esa recta se llama *línea isocosto* y cada uno de sus puntos representa el mismo costo. Para simplificar la búsqueda se traza la primera recta en la región factible, más o menos donde esperamos que se encuentre la solución óptima. En el ejemplo Stratton Company, hagamos pasar una línea por el punto  $E(8,0)$ . Este es un punto extremo que podría ser incluso la solución óptima porque está alejado del origen. Para trazar esa línea, se identificará primero su valor  $Z$  como  $34(8) + 40(0)$  es igual a 272 por lo tanto, la ecuación de la línea de la función objetivo que pasa por  $E$  es la siguiente:

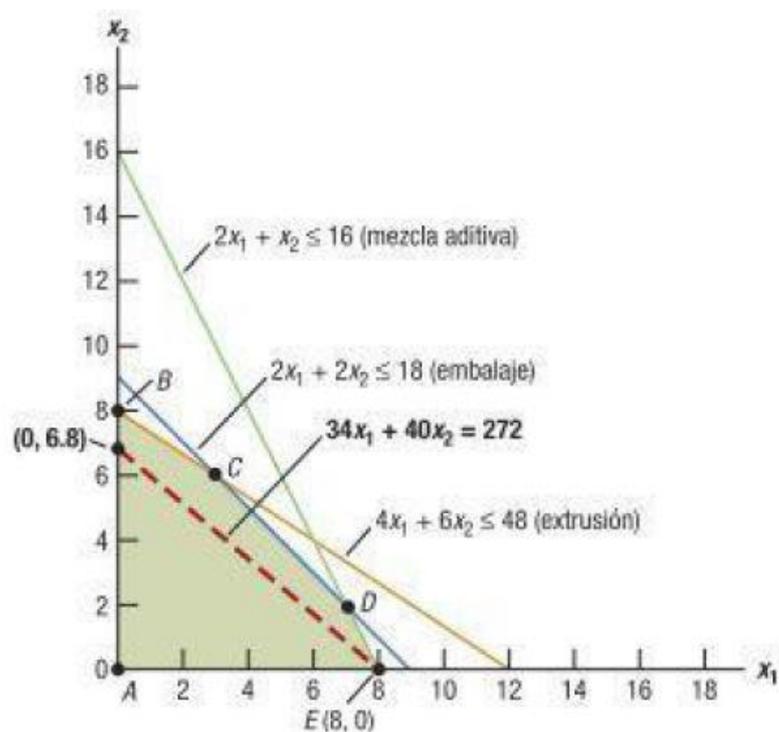
$$34X_1 + 40X_2 = 272$$

Cada punto de la línea definido por esta ecuación tiene un valor de la función objetivo de 272. Para trazar la línea, es necesario identificar un segundo punto de esta recta y después unir los dos puntos. Se usará la intersección  $X_2$ , donde  $X_1 = 0$ :

$$34(0) + 40X_2 = 272$$

$$X_2 = 6.8$$

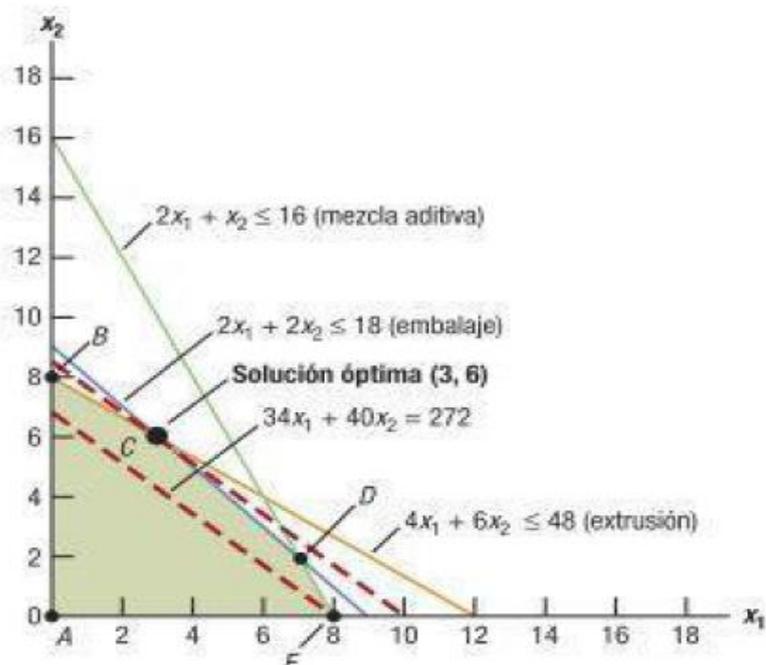
La siguiente figura muestra la línea isoutildades que une los puntos  $(8,0)$  y  $(0,6.8)$  se podría trazar una serie de otras líneas discontinuas paralelas a la primera línea. Cada una tendría su propio valor de  $Z$ . Las líneas por encima de la primera que se trazaran tendrían valor de  $Z$  más altos. Las líneas por debajo de la primera tendrían valores de  $Z$  más bajos.



#### 1.4.4. ENCONTRAR LA SOLUCION VISUAL

Ahora se eliminan los puntos extremos A y E para no considerarlos como solución óptima, puesto que hay otros puntos preferibles arriba y a la derecha de la línea isoutilidades con  $Z = 272$ . Como la meta es maximizar las utilidades, la mejor solución es el punto de la línea isoutilidades que este más alejado del origen, pero que todavía toque la región factible (en problemas de minimización este será el punto de la región factible sobre la línea isocosto que se encuentre más cerca del origen). Para identificar cuál de los puntos extremos restantes (B, C o D) es el punto óptimo, se dibujara paralelamente a la primera recta, una o más líneas isoutilidades que produzcan mejores valores de  $Z$  (más alto si la meta es maximizar y más bajo si de lo que se trata en minimizar). La línea que apenas toque la región factible corresponderá a la solución óptima. Para el problema de Stratton Company, la figura siguiente muestra la segunda línea isoutilidades. La solución óptima es el último punto que toque la región factible, es decir, el punto C. Tal parece que dicho punto se encuentra en las cercanías de (3,6), pero la solución visual no es exacta. Un problema de programación lineal puede tener más de una solución de óptima. Esta situación se presenta cuando la función objetivo es paralela a una de las caras de la región factible. Este caso se presentaría si, en el problema de Stratton Company, la función objetivo fuera  $\$38X_1 + \$38X_2$ .

Los puntos (3,6) y (7,2) serían óptimos, lo mismo que cualquier otro punto de la línea que une esos dos puntos extremo. En este caso la gerencia probablemente basaría su decisión final en factores no cuantificables. Sin embargo, es importante comprender que al optimizar una función objetivo, solo es necesario considerar los puntos extremos de la región factible.



### 1.4.5. ENCONTRAR LA SOLUCION ALGEBRAICA

Para encontrar la solución exacta se tiene que usar el álgebra. Para empezar, se identificara la pareja de restricciones que definen el punto extremo en su intersección. A continuación, se formulara las restricciones como ecuaciones y se resolverá en forma simultanea puede resolverse de diversas maneras. Si se trata de problemas pequeños, el método más sencillo es el siguiente:

**Paso 1:** Desarrolle una ecuación con una sola incógnita. Comience multiplicando ambos lados de la ecuación por una constante, de manera que el coeficiente de una de las dos variables de decisión sea idéntico en ambas ecuaciones. Después, reste una ecuación de la otra y resuelva la ecuación resultante para obtener el valor de su última incógnita.

**Paso 2:** Sustituye el valor de esas variable de decisión en cualquiera de las restricciones originales y resuelva la ecuación para encontrar la otra variable de decisión.

### 1.5 EL MÉTODO SIMPLEX:

A diferencia del Método Gráfico, el método simplex es un método algebraico general que puede utilizarse para resolver problemas de programación lineal con un número muy grande de variables y de restricciones.- Es una colección de reglas que se aplican de una forma relativamente mecánica a un problema con relaciones lineales para obtener soluciones secuencialmente mejoradas.

El método simplex utiliza los conceptos básicos del álgebra matricial para determinar la intersección de 2 o más líneas hiperplanas. Es un proceso iterativo que identifica la solución factible inicial.

#### 1.5.1. METODOLOGÍA DEL MÉTODO SIMPLEX

##### Requisitos:

Existen 3 requisitos o condiciones que deben cumplir a fin de resolver los problemas de programación lineal con el método simplex:

- 1- Todas las restricciones deben formularse como ecuaciones
- 2- La constante del miembro derecho no puede ser negativa para una restricción
- 3- Todas las variables están restringidas a valores no negativas.

**Ejemplo:**

Maximizar:

$$Z = 7X_1 + 10X_2$$

Restricciones:

$$7X_1 + 7X_2 \leq 49$$

$$10X_1 + 5X_2 \leq 50$$

$$X_1; X_2 \geq 0$$

**Solución:**

Maximizar:

$$Z = 7X_1 + 10X_2 + 0S_3 + 0S_4$$

Restricciones:

$$7X_1 + 7X_2 + 1S_3 + 0S_4 = 49$$

$$10X_1 + 5X_2 + 0S_3 + 1S_4 = 50$$

## II) METODO PERT/CPM

### 2.1. CONCEPTOS

La problemática de la planeación de proyectos no ha sido una problemática reciente, si no que desde tiempos pasados nuestros antepasados han enfrentado emprendimientos de gran envergadura que significaron una problemática desde el punto de la planificación.

Actualmente se han logrado perfeccionar herramientas que permiten a los administradores de dichos proyectos, realizar una labor más eficiente permitiendo una óptima aplicación de los recursos en las mismas y logrando una maximización de los mismos.

Admitiendo que la ejecución de un proyecto o elaboración se puede subdividir en planear, programar y controlar, y hablando de manera clásica, podemos considerar las técnicas PERT (Program Evaluation and review Technique) y el CPM (Critical Path Method,) que son los más usuales para un primer cometido. En general estas técnicas resultan útiles para una gran variedad de proyectos que contemplen:

- Investigación y desarrollo de nuevos productos y procesos.
- Construcción de plantas, edificios, y carreteras.
- Diseño de equipo grande y complejo.
- Diseño e instalación de sistemas nuevos.
- Diseño y control de epidemias,
- y otras múltiples aplicaciones en las cuales se requiera una planificación adecuada.

Las preguntas esenciales de la elaboración de un proyecto comprenden:

- Cuál es el tiempo que se requiere para terminar el proyecto.
- Cuáles son las fechas programadas de inicio y finalización del proyecto.
- Que actividades son críticas y deben terminarse exactamente según lo programado para poder mantener el proyecto según el cronograma.
- Cuales actividades pueden ser demoradas sin afectar el tiempo de terminación del proyecto.

Para demostrar cómo se resuelven problemas en la administración de proyectos con el método PERT Y CPM, es preciso explicar primero varias características comunes que se aplican para comprender la terminología empleada:

- a. **PERT:** La traducción de las siglas en inglés significan: técnica de revisión y evaluación de programas, es una técnica de redes desarrollado en la década de los 50, utilizada para programar y controlar programas a realizar. Cuando hay un grado extremo de incertidumbre y cuando el control sobre el tiempo es más importante sobre el control del costo.
- b. **CPM:** La traducción de las siglas en inglés significan: método del camino crítico, es uno de los sistemas que siguen los principios de redes, que fue desarrollado en 1957 y es utilizado para planear y controlar proyectos, añadiendo el concepto de costo al formato PERT.
- c. **Actividad.** Es un trabajo que se debe llevar a cabo como parte de un proyecto, es simbolizado mediante una rama de la red de PERT.
- d. **Lista de actividades.** Es una lista cuidadosa y ordenada donde se recopilan todas las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.
- e. **Evento.** Se dice que se realiza un evento, cuando todas las actividades que llegan a un mismo nodo han sido terminadas. Son los círculos numerados que forman parte del diagrama de red y representan el principio y el fin de las actividades que intervienen en el proyecto.
- f. **Rama.** Son las flechas que forman Parte del diagrama de red y significan las actividades en el proyecto.
- g. **Ruta crítica o camino crítico.** Camino es una secuencia de actividades conectadas, que conduce del principio del proyecto al final del mismo, por lo que aquel camino que requiera el mayor trabajo, es decir, el camino más largo dentro de la red, viene siendo la ruta crítica o el camino crítico de la red del proyecto.
- h. **Predecesor Inmediato.** Es una actividad que debe Preceder (estar antes) inmediatamente a una actividad dada en un proyecto, también nombradas prioridades inmediatas.
- i. **Diagrama de red.** Es una red de círculos numerados y conectados con flechas, donde se muestran todas las actividades que intervienen en un determinado proyecto y la relación de prioridad entre las actividades en la red.
- j. **Actividad ficticia.** Actividades imaginarias que existen dentro del diagrama de red, sólo con el Propósito de establecer las relaciones de precedencia y no se les asigna tiempo alguno, es decir, que la actividad ficticia Permite dibujar redes con las relaciones de

Precedencia apropiadas, se representa por medio de una línea punteada.

- k. **Holgura.** Es el tiempo libre en la red, es decir, la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin afectar la fecha de terminación del, proyecto total.
- l. **Tiempo optimista.** Es el tiempo mínimo o más corto posible en el cual es probable que sea terminada una actividad si todo marcha a la Perfección, utilizado en el PERT y simbolizado con “a”.
- m. **Tiempo más probable.** Es el tiempo que esta actividad sea más probable que tome sí se repitiera una y otra vez, en otras palabras, es el tiempo normal que se necesita en circunstancias ordinarias, utilizado en el PERT y simbolizado con “m”.
- n. **Tiempo pesimista.** Es el tiempo máximo o más largo posible en el cual es probable sea terminada una actividad bajo las condiciones más desfavorables, utilizado en el PERT y simbolizado con “b”.
- ñ. **Tiempo esperado para una actividad.** Es el tiempo calculado en el PERT usando el promedio ponderado.

$$(a+4m+b)/6.$$

## 2.2. USOS

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- a) Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- b) Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de él, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
- c) Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

## 2.3. PROCEDIMIENTO PARA TRAZAR UN MODELO DE RED

Para aplicar CPM o PERT se requiere conocer la lista de actividades que incluye un proyecto. Se considera que el proyecto está terminado cuando todas las actividades han sido completadas. Para cada actividad, puede existir un conjunto de actividades predecesoras que deben ser completadas antes de que comience la nueva actividad. Se construye

una malla o red del proyecto para graficar las relaciones de precedencia entre las actividades. En dicha representación gráfica, cada actividad es representada como un arco y cada nodo ilustra la culminación de una o varias actividades.

Consideremos un proyecto que consta de solo dos actividades A y B. Supongamos que la actividad A es predecesora de la actividad B. La representación gráfica de este proyecto se muestra en la **figura 1**. Así, el nodo 2 representa la culminación de la actividad A y el comienzo de la actividad B.



FIGURA 1

Si suponemos ahora que las actividades A y B deben ser terminadas antes que una actividad C pueda comenzar, la malla del proyecto queda como se muestra en la **figura 2**. En este caso, el nodo 3 representa que las actividades A y B se han terminado, además del inicio de la actividad C. Si la actividad A fuera predecesora de las actividades B y C, la red quedara como se muestra en la **figura 3**.

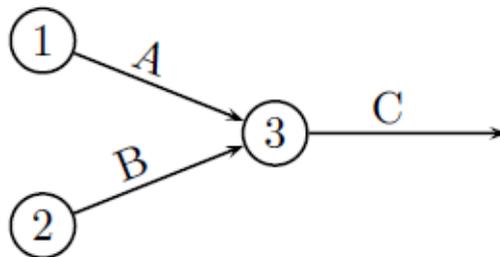


FIGURA 2

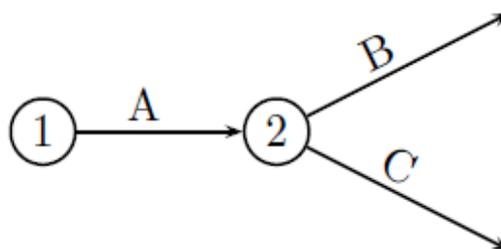


FIGURA 3

Dado un conjunto de actividades y sus relaciones de pre decisión, se puede construir una representación gráfica de acuerdo a las siguientes reglas:

- a) El nodo 1 representa el inicio del proyecto. Por lo tanto, las actividades que parten del nodo 1 no pueden tener predecesoras.
- b) El nodo Terminal o final del proyecto debe representar el término de todas las actividades incluidas en la red.
- c) Una actividad no puede ser representada por más de un arco en la red.
- d) Dos nodos deben estar conectados por a lo más un arco.

Para no violar las reglas 3 y 4, a veces es necesario introducir una **actividad artificial o dummy** que posee tiempo de duración nulo. Por ejemplo, supongamos que las actividades A y B son predecesoras de la actividad C y además comienzan al mismo tiempo. En este caso, una primera representación podría ser la indicada en la **figura 4**. Sin embargo, la red de la **figura 4** viola la regla 4. Para corregir este problema, se introduce una actividad artificial indicada con un arco segmentado en la **figura 5**.

La red de la **figura 5** refleja el hecho de que la actividad C tiene como predecesoras a A y B, pero sin violar la regla 4. En otros casos, se deben agregar actividades artificiales para no violar la regla 3.

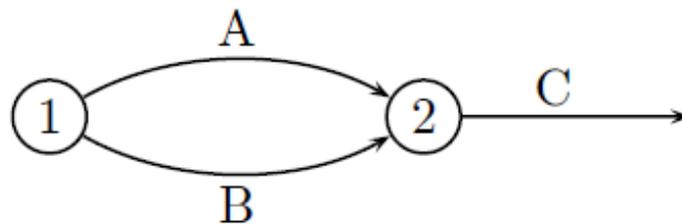


FIGURA 4

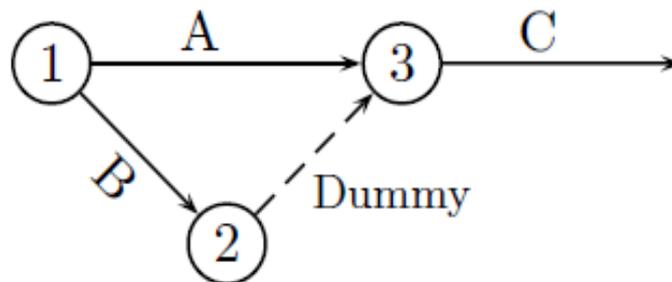


FIGURA 5

Para ilustrar la representación de proyectos más complejos, consideremos el proyecto definido en el Cuadro 1. En este caso, dado que las actividades C y D tienen los mismos predecesores es preciso incorporar una actividad artificial para no violar la regla 3. La malla para el Ejemplo 1 se muestra en la figura 6.

La numeración de los nodos debe ser de tal forma que siempre una actividad conecte un nodo de menor numeración con uno de mayor identificación en el sentido de avance del proyecto.

Actividad	Predecesoras	Duración (días)
<i>A</i>	–	6
<i>B</i>	–	9
<i>C</i>	<i>A, B</i>	8
<i>D</i>	<i>A, B</i>	7
<i>E</i>	<i>D</i>	10
<i>F</i>	<i>C, E</i>	12

CUADRO 1

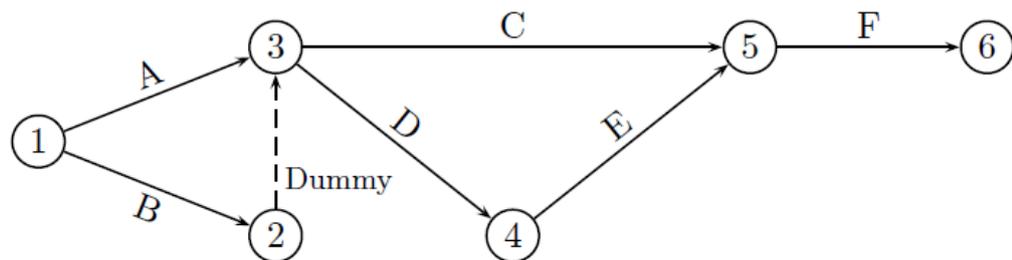


FIGURA 6

#### 2.4. METODO PERT (Program Evaluation and Review Technique)

En CPM se asume que la duración de cada actividad es conocida con certeza. Claramente, en muchas ocasiones este supuesto no es válido. PERT intenta corregir este error suponiendo que la duración de cada actividad es una variable aleatoria. Para cada actividad, se requiere estimar las siguientes cantidades:

**a =Tiempo Optimista:** Duración de la actividad bajo las condiciones más favorables.

**b =Tiempo Pesimista:** Duración de la actividad bajo las condiciones más desfavorables

**m =Tiempo Normal:** El valor más probable de la duración de la actividad.

Tiempo más probable es el tiempo requerido para completar la actividad bajo condiciones normales. Los tiempos optimistas y pesimistas proporcionan una medida de la incertidumbre inherente en la actividad, incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.

Con la distribución definida, la media (esperada) y la desviación estándar, respectivamente, del tiempo de la actividad para la actividad Z puede calcularse por medio de las fórmulas de aproximación.

$$T_e(Z) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma(Z) = \frac{b - a}{6}$$

El tiempo esperado de finalización de un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica. De modo similar, suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes (realísticamente, una suposición fuertemente cuestionable), la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.

#### 2.4.1. PASOS EN EL PROCESO DE PLANEAMIENTO DEL PERT

a) **Identifique las actividades y los precedentes**

Las actividades son las tareas requeridas para terminar el proyecto. Los precedentes son los acontecimientos que marcan el principio y el final de una o más actividades. Es provechoso enumerar las tareas en una tabla que en pasos más últimos se pueda ampliar para incluir la información sobre secuencia y duración.

b) **Determine la secuencia de la actividad**

Este paso se puede combinar con el paso de la identificación de la actividad puesto que la secuencia de la actividad es evidente para

algunas tareas. Otras tareas pueden requerir más análisis para determinar el orden exacto en la cual deben ser realizadas

c) **Construya el diagrama de red**

Usando la información de la secuencia de la actividad, un diagrama de la red se puede dibujar demostrando la secuencia de actividades seriales y paralelas.

d) **Tiempos de actividad de estimación**

Si  $T_{ij}$  es la variable aleatoria asociada a la duración de la actividad (i; j), PERT asume que  $T_{ij}$  sigue una distribución Beta. Sin entrar en mayores detalles de esta distribución, se puede demostrar que el valor esperado y la varianza de la variable aleatoria  $T_{ij}$  quedan definidas por:

$$E[T_{ij}] = \frac{a + 4m + b}{6}$$

e) **Determine la trayectoria crítica**

La trayectoria crítica es determinada agregando los tiempos para las actividades en cada secuencia y determinando la trayectoria más larga del proyecto. La trayectoria crítica determina el tiempo total del calendario requerido para el proyecto. Si las actividades fuera de la trayectoria crítica aceleran o retrasaron el tiempo (dentro de los límites), entonces el tiempo total de proyecto no varía, la cantidad del tiempo que una actividad no crítica de la trayectoria sin alterar la duración del proyecto se denomina como tiempo flojo.

Si la trayectoria crítica del proyecto no resulta obvia, entonces puede ser provechoso determinar las cuatro cantidades siguientes para cada actividad:

- **FIP** : Fecha de inicio más próxima.
- **FTP** : Fecha de término más próxima.
- **FIL** : Fecha de inicio más lejana.
- **FTL** : Fecha de terminación más lejana.

Se calculan estos tiempos usando la época prevista para las actividades relevantes. Los tiempos más tempranos del comienzo y del final de cada actividad son determinados trabajando adelante a través de la red y determinando el tiempo más temprano en el cual una actividad puede comenzar y acabar a considerar sus actividades del precursor. Los tiempos más últimos del comienzo y del final son los tiempos más últimos que una actividad puede comenzar y acabar sin variar el proyecto. El FIL y el FTL son encontrados trabajando al revés a través de la red. La diferencia en el final más último y más temprano de cada actividad es holgura de esa actividad. La trayectoria crítica entonces es la trayectoria a través de la red en la cual ningunas de las actividades tienen holgura.

La variación en el tiempo de la terminación del proyecto puede ser calculada sumando las variaciones en los tiempos de la terminación de las actividades en la trayectoria crítica. Dado esta variación, una puede calcular la probabilidad que el proyecto será terminado por cierta fecha si se asume que una distribución normal de la probabilidad para la trayectoria crítica.

Puesto que la trayectoria crítica determina la fecha de la terminación del proyecto, el proyecto puede ser acelerado agregando los recursos requeridos para disminuir la época para las actividades en la trayectoria crítica.

f) **La actualización según como el proyecto progresa**

Haga los ajustes en la carta del PERT como progresa el proyecto. Mientras que el proyecto revela, los tiempos estimados se pueden sustituir por épocas reales. En casos donde hay retrasa, los recursos adicionales puede ser necesario permanecer en horario y la carta del PERT se puede modificar para reflejar la nueva situación.

## 2.4.2. VENTAJAS DEL PERT

El PERT es útil porque proporciona la información siguiente:

- Tiempo previsto de la terminación del proyecto.
- Probabilidad de la terminación antes de una fecha especificada.
- Las actividades de la trayectoria crítica que afectan directamente el tiempo de la terminación.
- Las actividades que tienen tiempo flojo y que pueden prestar recursos a las actividades de la trayectoria crítica.
- Fechas del comienzo y del extremo de la actividad.

## 2.5. CPM (Critical Path Method)

Pasos en el planeamiento del proyecto del CPM:

### a) **Especifique las actividades individuales.**

De la estructura de la interrupción del trabajo, un listado se puede hacer de todas las actividades en el proyecto. Este listado se puede utilizar como la base para agregar la información de la secuencia y de la duración en pasos más últimos.

### b) **Determine la secuencia de las actividades**

Algunas actividades son dependientes en la terminación de otras. Un listado de los precursores inmediatos de cada actividad es útil para construir el diagrama de la red del CPM.

### c) **Dibuje el diagrama de la red**

Una vez que se hayan definido las actividades y el su ordenar, el diagrama del CPM puede ser dibujado. El CPM fue desarrollado originalmente como actividad en red del nodo (AON), pero algunos planificadores del proyecto prefieren especificar las actividades en los arcos.

### d) **Estime la época de la terminación para cada actividad.**

El tiempo requerido para terminar cada actividad se puede estimar usando experiencia previa o las estimaciones de personas bien informadas. El CPM es un modelo determinista que no considera la variación en el tiempo de la terminación, tan solamente un número se utiliza para la estimación del tiempo de una actividad.

### e) **Identifique la trayectoria crítica (la trayectoria más larga a través de la red**

La trayectoria crítica es la trayectoria de la largo duración a través de la red. La significación de la trayectoria crítica es que las actividades que mienten en ella no se pueden retrasar sin dela ying el proyecto. Debido a su impacto en el proyecto entero, el análisis de trayectoria crítica es un aspecto importante del planeamiento del proyecto.

La trayectoria crítica puede ser identificada determinando los cuatro parámetros siguientes para cada actividad:

- **FIP** : Fecha de inicio más próxima.
- **FTP**: Fecha de término más próxima.
- **FIL** : Fecha de inicio más lejana.
- **FTL**: Fecha de terminación más lejana.

La época floja para una actividad es el tiempo entre su hora de salida más temprana y más última, o entre su tiempo más temprano y más último del final. La holgura es la cantidad de tiempo que una actividad se puede retrasar más allá de su comienzo más temprano o final más temprano sin delatarse el proyecto.

La trayectoria crítica es la trayectoria a través de la red del proyecto en la cual ninguna de las actividades tienen holgura, es decir, la trayectoria para la cual  $FIP = FIL$  y  $FTP = FTL$  para todas las actividades en la trayectoria. Retrasar en la trayectoria crítica retrasa el proyecto. Semejantemente, acelerar el proyecto que es necesario reducir el tiempo total requerido para las actividades en la trayectoria crítica.

**f) Ponga al día el diagrama del CPM**

Pues progresa el proyecto, los tiempos reales de la terminación de la tarea serán sabidos y el diagrama de la red se puede poner al día para incluir esta información. Una trayectoria crítica nueva puede emerger, y los cambios estructurales se pueden realizar en la red si los requisitos del proyecto cambian.

**2.5.1. LIMITACIONES DEL CPM**

El CPM fue desarrollado para el complejo pero los proyectos bastante rutinarios con incertidumbre mínima en los tiempos de la terminación del proyecto. Para menos proyectos de la rutina hay más incertidumbre en los tiempos de la terminación, y límites de esta incertidumbre la utilidad del modelo determinista del CPM.

### III) TEORIA DE COLAS

Cualquiera que haya tenido que esperar el cambio de luces en un semáforo, ingresar a un restaurante, o en una oficina de registro civil, ha vivido la dinámica de las filas de espera. Tal vez uno de los mejores ejemplos de administración eficaz de filas de espera sea el que se observa en Walt Disney World. Es posible que en un día lleguen solamente 25,000 visitantes al parque, pero al día siguiente pueden arribar 90,000. Un análisis cuidadoso de los flujos de los procesos, la tecnología del equipo para el traslado de personas (manejo de materiales), la capacidad y la distribución física permite a esta organización mantener los tiempos de espera en niveles aceptables para el público que desea entrar a las diversas atracciones.

El análisis de filas de espera es de interés para los gerentes porque afecta el diseño de los procesos, la planificación de la capacidad, el desempeño de los procesos, y en última instancia, el desempeño de la cadena de valor.

#### 3.1. POR QUÉ SE FORMAN LAS FILAS DE ESPERA

Se conoce como fila de espera una hilera formada por uno o varios “clientes” que esperan recibir un servicio. Los clientes pueden ser personas u objetos inanimados, como maquinas que requieren mantenimiento, pedidos de mercancías en espera de ser enviados o artículos del inventario en espera de ser utilizados. Las filas de espera se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda de un servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo. En la mayoría de los problemas de fila espera que se presentan en la vida real, la tasa de demanda varía: es decir, los clientes llegan a intervalos imprevisibles. Lo más común es que también haya variaciones en la tasa de producción del servicio, dependiendo de las necesidades del cliente. Suponga que los clientes de un banco llegan a una tasa promedio de 15 por hora durante todo el día, y que el banco tiene la capacidad para atender a clientes por hora, en promedio. ¿Por qué tendría que formase alguna vez una fila de espera en ese banco? Las respuestas son que la tasa de llegada de los clientes varía en el transcurso del día y que el tiempo necesario para atender a cada uno de ellos también es variable. A mediodía, es factible que lleguen 30 clientes al banco. Algunos querrán realizar transacciones complicadas que requieran tiempos de procesamiento superiores al promedio. La fila de espera puede aumentar a 15 clientes durante ciertos periodos, antes de desaparecer finalmente. A pesar de que el gerente del banco haya previsto una

capacidad más que suficiente, considerada en promedio, es posible que se sigan formando filas de espera.

Las filas de espera pueden formarse a pesar de que el tiempo necesario para atender a los clientes sea constante. Por ejemplo, un tren subterráneo está controlado por computadoras para que llegue puntualmente a distintas estaciones de su ruta. Cada tren está programado para llegar a una estación, por ejemplo, cada 15 minutos. A pesar de que el tiempo de servicio es constante, se forman filas de espera cuando los pasajeros tienen que esperar al siguiente tren o no logran abordar alguno a causa del gran número de personas que se aglomeran en las estaciones en las horas más agitadas del día. Por consiguiente, en este caso, la variabilidad de la tasa de demanda determina la longitud de las filas de espera. En general, si no hay variabilidad en las tasas de demanda o servicio y se cuenta con capacidad suficiente, no se formarían filas de espera.

### 3.2. USOS DE LA TEORIA DE FILAS DE ESPERA

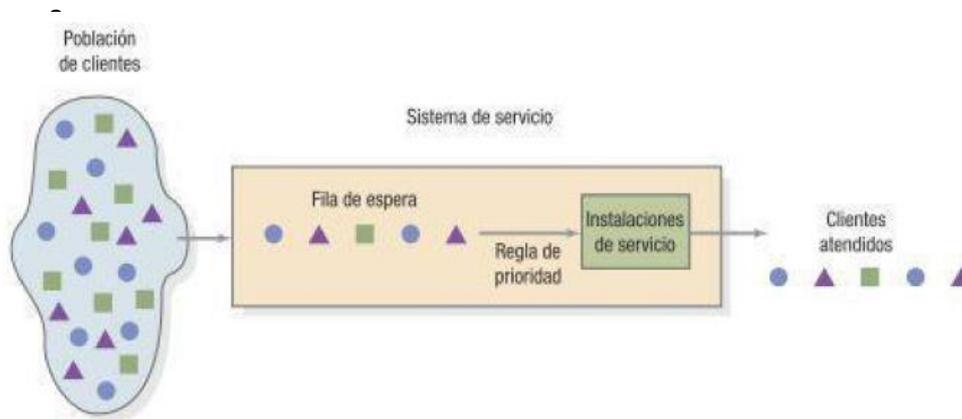
La teoría de filas de espera es aplicable a empresas de servicio y manufactureras, porque relaciona las llegadas de los clientes y las características de procesamiento del sistema de servicio con las características de la producción de dicho sistema. En esta exposición, se usará el término “servicio” en sentido amplio, es decir, como la acción de realizar un trabajo para un cliente. El sistema de servicio puede consistir en la operación de cortar el cabello en una peluquería, resolver las quejas de los clientes, o procesar una orden de producción de partes en una cierta máquina. Otros ejemplos de clientes y servicios son las filas de los espectadores que se forman frente a la taquilla de un teatro para comprar entradas, los camiones que aguardan para ser descargados en un almacén, las máquinas en espera de ser reparadas por una cuadrilla de mantenimiento y los pacientes que hacen antesala para ser examinados por un médico. Cualquiera que sea la situación, los problemas de filas de espera tienen varios elementos en común.

### 3.3. ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS DE FILAS DE ESPERA

El análisis de los problemas de filas de espera comienza con una descripción de los elementos básicos de la situación. Cada situación específica tendrá características diferentes, pero cuatro elementos son comunes a todas ellas:

- a) Un insumo, o **población de clientes**, que genera clientes potenciales.

- b) Una fila de espera formada por los clientes.
- c) La **instalación de servicio**, constituida por una persona (o una cuadrilla), una maquina (o grupo de máquinas) o ambas cosas, si así se requiere para proveer el servicio que el cliente solicita.
- d) Una **regla de prioridad** para seleccionar al siguiente cliente que



a) o por la instalación de servicio.

### 3.3.1. POBLACION DE CLIENTES

La fuente de insumos para el sistema de servicios es una población de clientes. Si el número potencial de nuevos clientes para el sistema de servicios resulta afectado notablemente por el número de clientes que ya se encuentran en el sistema, se dice que esa fuente de insumos es **finita**. Por ejemplo, suponga a una cuadrilla de mantenimiento se le asigna la responsabilidad de reparar 10 máquinas. La población de clientes para la cuadrilla de mantenimiento es de 10 máquinas en buen estado de funcionamiento. Esa población genera los clientes de la cuadrilla de mantenimiento como una función de las tasas de fallas de las máquinas. A medida que un mayor número de máquinas fallan y entran al sistema de servicio, ya sea para esperar su turno o para ser reparada de inmediato, la población de clientes se va haciendo más pequeña y se reduce la tasa a la que dicha población es capaz de generar otro cliente. En consecuencia, se dice que la población de clientes es finita.

Por otro lado, una población de clientes **infinita** es aquella en la que el número de clientes que entran al sistema no afecta la tasa a la cual dicha población genera nuevos clientes. Por ejemplo, considere una operación de ventas por correo para la cual la población de clientes está constituida por los compradores que han recibido un catálogo de los productos que vende la compañía. En virtud de que la población de clientes es muy grande y solo una pequeña fracción de los compradores

hace pedido en un momento determinado, el número de nuevos pedidos que genera no resulta afectada en forma notable por el número de pedidos que está en espera de servicio o que se procesan en el sistema de servicio. En este caso, se dice que la población de clientes es infinita.

Los clientes de la fila de espera pueden ser pacientes o impacientes, lo cual no tiene nada que ver con el florido lenguaje que algún cliente espera mucho tiempo en una fila, durante un día, podría usar. En el contexto de los problemas de filas de espera, un cliente impaciente es el que decide no entrar al sistema (lo evita) o sale de éste antes de que lo atiendan (renuncia). En el caso de los métodos utilizados en este suplemento, se supondrá, para efectos de simplificación, que todos los clientes que son pacientes.

### 3.3.2. EL SISTEMA DE SERVICIO

El sistema de servicio puede describirse en términos del número de filas y la distribución de las instalaciones.

**a) Numero de filas:** Las filas de espera se diseñan en forma de una sola fila o filas múltiples. La figura 2 muestra un ejemplo de cada una de esas distribuciones. En general se usa una sola fila en mostradores de aerolíneas, ventanillas de bancos y algunos restaurantes de comida rápida, mientras que las filas múltiples son comunes en tiendas de abarrotes, operaciones en ventanillas bancarias para automovilistas y tiendas de descuento. Cuando se dispone de varios servidores y cada uno de ellos puede manejar transacciones de tipo general, la distribución de una sola fila mantiene a todos ellos uniformemente ocupados y proyecta en los clientes una sensación de igualdad y justicia. Estos piensan que serán atendidos por orden de llegada, y no por el grado que hayan podido adivinar los diferentes tiempos de espera al formarse en una fila en particular. El diseño de filas múltiples es preferible cuando algunos de los servidores brindan un conjunto de servicios limitado. En esta distribución, los clientes eligen los servicios que necesitan y esperan en la fila donde se suministra dicho servicio, como sucede en las tiendas de abarrotes en las que hay filas especiales para los clientes que pagan en efectivo o para los que compran menos de diez artículos.

Algunas veces, los elementos que esperan su turno no forman “filas” en el sentido estricto de la palabra. Las maquinas que necesitan reparaciones en el taller de producción de una fábrica puede permanecer en sus respectivos sitios y la cuadrilla de mantenimiento es la que tiene que acudir a cada lugar. No obstante, se puede

considerar que esas máquinas forman una sola fila o filas múltiples, según el número de cuadrillas de reparación y sus respectivas especialidades. Asimismo, los usuarios que llaman por teléfono para pedir un taxi también forman una fila, aunque cada uno se encuentre en un lugar diferente.

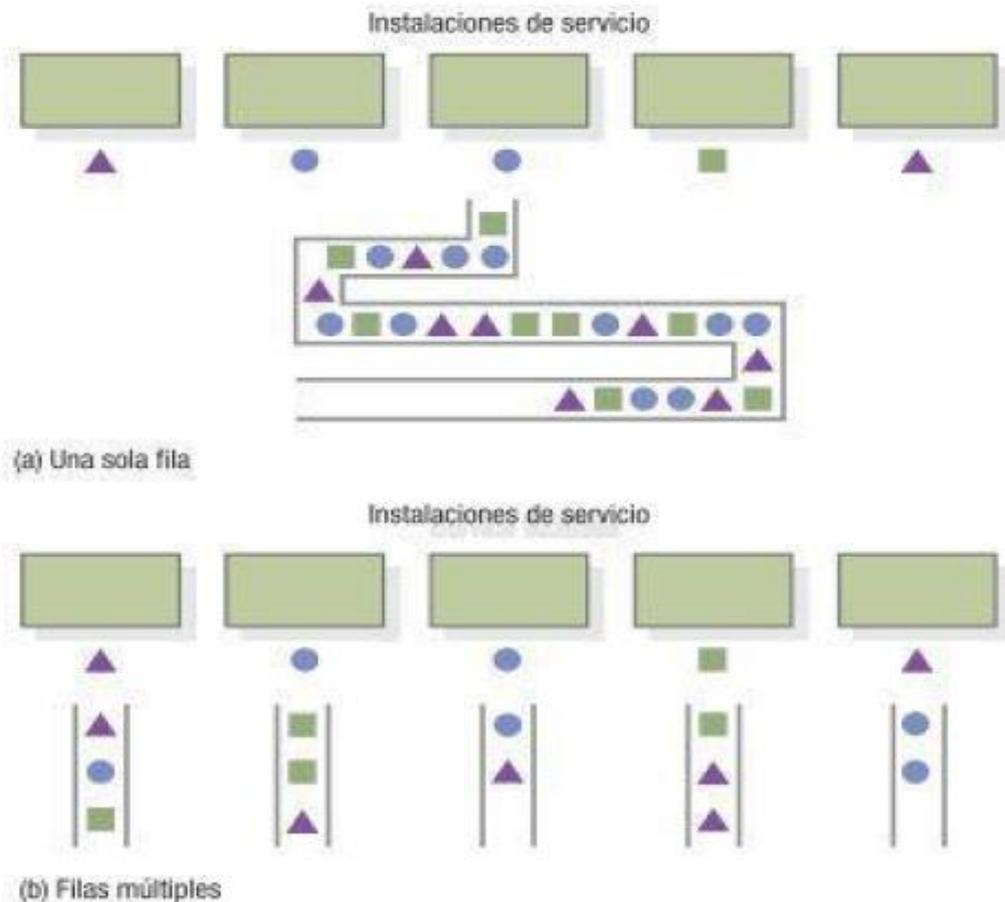


FIGURA 2

- b) Distribución de instalación de servicios:** Las instalaciones de servicio consisten en el personal y el equipo necesario para proporcionar dicho servicio al cliente. Las distribuciones de las instalaciones de servicio se definen por el número de canales y faces. Un **Canal** es una o más instalaciones necesarias para proporcionar un servicio determinado. Una **Fase** es un solo paso en la prestación del servicio. Algunos servicios requieren una sola fase, en tanto que otros necesitan una secuencia de fases. En consecuencia, una instalación de servicio usa alguna combinación de canales y fases. Los gerentes deben elegir una distribución con base en el volumen de clientes y el carácter de los servicios

proporcionados. La figura 3 muestra algunos ejemplos de los cinco tipos básicos de distribuciones de las instalaciones de servicio.

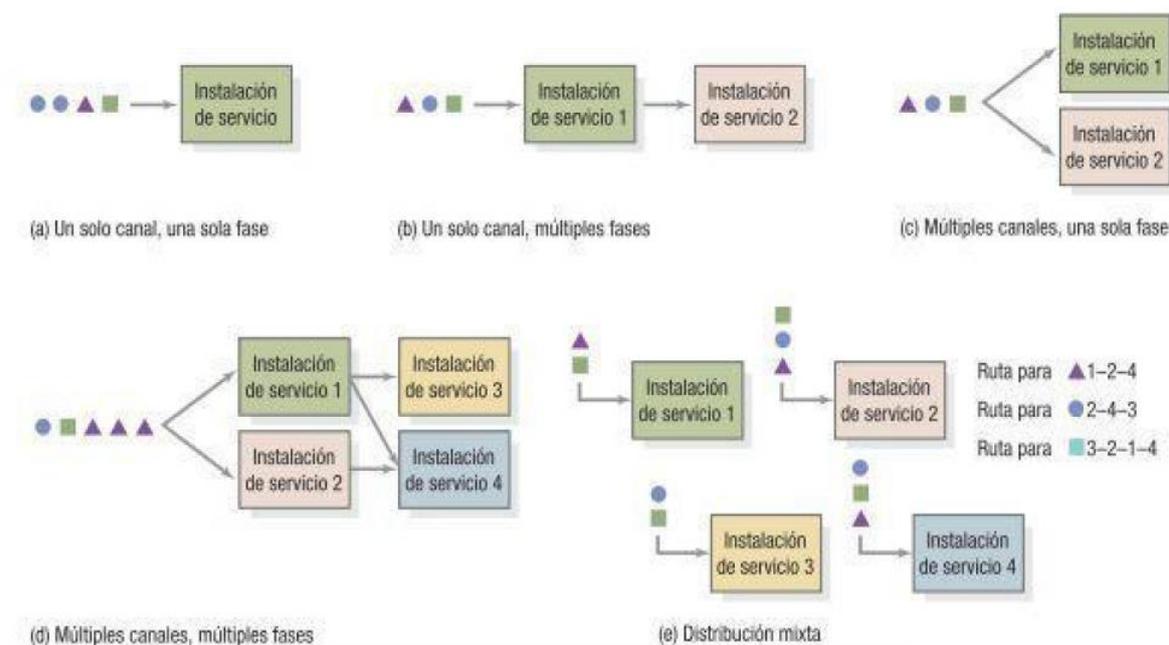


FIGURA 3

En el sistema de **un solo canal y una sola fase**, todos los servicios solicitados por un cliente pueden proporcionarse en una instalación con un solo servidor. En ese caso, los clientes forman una sola fila y van pasando uno por uno a través de la instalación de servicio. Ejemplos de esto son los servicios de lavado de automóviles donde los conductores no necesitan bajar de sus vehículos, o en cualquier maquina en la que deban procesarse varios lotes de partes.

La distribución de **un solo canal y múltiples fases** se usa cuando es conveniente que los servicios se brinden en secuencia por varias instalaciones, pero el volumen de clientela u otras restricciones limitan el diseño de un solo canal. Los clientes forman una sola fila y avanzan en sucesión ordenada de una instalación de servicio a la siguiente. Un ejemplo de esta distribución son los McDonald's para automovilistas, donde la primera instalación toma el pedido, la segunda lo cobra y la tercera entrega los alimentos.

La distribución de **múltiples canales y una sola fase** se usa cuando la demanda es suficientemente grande para justificar que el mismo servicio se brinde en más de una instalación o cuando los servicios ofrecidos por las instalaciones son diferentes. Los clientes forman una o varias filas,

dependiendo del diseño. En el diseño de una sola fila, los clientes son atendidos por el primer servidor disponible, como sucede en los bancos. Si cada canal tiene su propia fila de espera, los clientes aguardan hasta que el servidor de su respectiva fila puede atenderlos, como sucede en los denominados autobancos.

La distribución de **múltiples canales y múltiples fases** se presenta cuando los clientes pueden ser atendidos por una de las instalaciones de la primera fase, pero después requieren servicios de una instalación de la segunda fase, y así sucesivamente. En algunos casos, los clientes no pueden cambiar de canales después de iniciado el servicio; en otros sí. Un ejemplo de esta distribución son las lavanderías automáticas. Las lavadoras son las instalaciones de la primera fase y las secadoras son las instalaciones de la segunda fase. Algunas lavadoras y secadoras están diseñadas para recibir cargas de mayor volumen, con lo cual se brinda al cliente la posibilidad de elegir entre varios canales.

En problema más complejo de filas de espera intervienen clientes cuyos servicios requeridos tienen secuencias únicas; por consiguiente, el servicio no puede dividirse claramente en distintas fases. En esos casos se utiliza una distribución mixta. En este tipo de distribución, las filas de espera se forman frente a cada instalación, como en un taller de producción intermitente, donde cada trabajo personalizado tal vez requiera el uso de diversas máquinas y diferentes rutas.

### **3.3.3 REGLA DE PRIORIDAD**

La regla de prioridad determina a qué cliente se deberá atender a continuación. En la mayoría de los sistemas de servicio que conocemos, se aplica la regla de “el que llega primero tiene prioridad” (FCFS, del inglés first-come first –served). El cliente que se encuentra en el primer lugar de la fila de espera tiene la más alta prioridad, y el que llega al último tiene la prioridad más baja. En otras disciplinas para determinar ordenes de prioridad, se concede la preferencia la cliente que tiene la fecha prometida de vencimiento más próxima (EDD, del inglés earlist due date) o al que corresponda el tiempo de procesamiento más corto (SPT, del inglés shortest processing time).

Una disciplina prioritaria es una regla que permite a un cliente de más alta prioridad interrumpir el servicio de otro cliente. Por ejemplo, en la sala de urgencias de un hospital, se atiende primero a los pacientes que llegan con heridas que representan amenazas más graves para la vida, sin importar el orden en que hayan llegado. La construcción de modelos de sistemas que tienen disciplinas de prioridad complejas se realiza generalmente por medio de una simulación por computadora.

### 3.4. DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES

Las fuentes de variación en los problemas de filas de espera provienen del carácter aleatorio de la llegada de los clientes y de las variaciones que se registran en los tiempos requeridos para proporcionar el servicio. Cada una de esas fuentes se describe mediante una distribución de probabilidades.

#### 3.4.1. DISTRIBUCION DE LLEGADAS

La llegada de clientes a las instalaciones de servicio es aleatoria. La variabilidad en los intervalos de llegadas de los clientes a menudo se describe por medio de una distribución de Poisson. Que especifica la probabilidad de que “n” clientes lleguen en “T” periodos de tiempo.

$$P_n = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} \text{ para } n=0,1,2,\dots$$

Dónde:

$P_n$  = probabilidad de n llegadas en T periodos de tiempo

$\lambda$  = número promedio de llegadas de clientes por periodo

e = 2.7183

La media de la distribución de Poisson es  $\lambda T$ , y la varianza también es  $\lambda T$ . La distribución de Poisson es una distribución discreta; es decir, las probabilidades corresponden a un número específico de llegadas por unidad de tiempo.

Otra forma de especificar la distribución de las llegadas consiste en hacerlo en términos de **tiempos entre llegadas** de clientes; es decir, el tiempo que transcurre entre la llegada de dos clientes sucesivos. Si la población de clientes los genera de acuerdo con una distribución de Poisson, la *distribución exponencial* describe la probabilidad de que el próximo cliente llegue durante los siguientes T periodos de tiempo. En virtud de que la distribución exponencial también describe los tiempos de servicio, los detalles de dicha distribución se examinarán en la siguiente sección.

### 3.4.2. DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE SERVICIO

La distribución exponencial describe la probabilidad de que el tiempo de servicio de L cliente en una instalación determinada no sea mayor que T periodos de tiempo. La probabilidad puede calcularse con la siguiente formula:

$$P(t \leq T) = 1 - e^{-\mu T}$$

Dónde:

$\mu$  = número promedio de clientes que completan el servicio por periodo

t = tiempo de servicio del cliente

T = tempo de servicio objetivo

La media de la distribución del tiempo de servicio es  $1/\mu$ , y la varianza es  $(1/\mu)^2$ . A medida que T se incrementa, la probabilidad de que el tiempo de servicio del cliente sea menor que T se va aproximando a 1.0.

Algunas características de la distribución exponencial no siempre se ajustan a una situación real. El modelo de distribución exponencial se basa en la suposición de que cada tiempo de servicio es independiente de los tiempos que lo precedieron. Sin embargo, en la vida real, la productividad puede mejorar a medida que los servidores humanos aprenden a hacer mejor su trabajo. Otra suposición en la que se basa este modelo es que los tiempos de servicio muy pequeños, igual que los muy grandes, son posibles. No obstante, las situaciones de la vida real requieren a menudo un tiempo de duración fija para su puesta en marcha, algún límite para la duración total del servicio o un tiempo de servicio casi constante.

### 3.5. EL USO DE MODELOS DE FILAS DE ESPERA PARA ANALIZAR OPERACIONES

Los gerentes de operaciones suelen utilizar modelos de filas de espera para equilibrar las ventajas que podrían obtener incrementando la eficiencia del sistema de servicio y los costos que esto implica. Además, los gerentes deben considerar los costos de no mejorar el sistema: las filas de espera largas o los tiempos de espera prolongados provoca que los clientes eviten el sistema o renuncien a permanecer ahí. Por lo tanto, es preciso que los gerentes se interesen en las siguientes características de operación del sistema.

- a. **Longitud de la fila:** El número de clientes que forman una fila de espera refleja una de estas dos condiciones: las filas cortas significan que el servicio al cliente es bueno o que la capacidad es excesiva. Asimismo, las filas largas indican poca eficiencia del servidor o la necesidad de aumentar la capacidad.
- b. **Número de clientes en el sistema:** El número de clientes que forman la fila y reciben servicio también se relaciona con la eficiencia y la capacidad de dicho servicio. Un gran número de clientes en el sistema provoca congestión y puede dar lugar a la insatisfacción del cliente, a menos que se agregue más capacidad.
- c. **Tiempo de espera en la fila:** las filas largas no siempre significan tiempos de espera prolongados. Si la tasa de servicio es rápida, una fila larga puede ser atendida eficientemente. Sin embargo, cuando el tiempo de espera parece largo, los clientes tienen la impresión de que la calidad del servicio es deficiente. Los gerentes tratan de cambiar la tasa de llegada de los clientes o de diseñar el sistema para que los largos tiempos de espera parezcan más cortos de lo que realmente son. Por ejemplo, en Walt Disney World, los clientes que forman filas para entrar a una atracción determinada se entretienen con la exhibición de videos y también reciben información acerca de cuánto tiempo tendrán que esperar, lo que parece ayudarles a soportar la espera.
- d. **Tiempo total en el sistema:** El tiempo total transcurrido desde la entrada al sistema hasta la salida del mismo puede indicar problemas con los clientes, la eficiencia del servidor o la capacidad. Si algunos clientes pasan demasiado tiempo en el sistema del servicio, tal vez sea necesario cambiar la disciplina prioritaria, incrementar la productividad o ajustar de algún modo la capacidad.
- e. **Utilización de las instalaciones de servicio:** La utilización colectiva de instalaciones de servicio refleja el porcentaje de tiempo que estas permanecen ocupadas. El objetivo de la gerencia es mantener altos niveles de utilización y rentabilidad, sin afectar adversamente las demás características de operación.

El mejor método para analizar un problema de filas de espera consiste en relacionar las cinco características de operación y sus respectivas alternativas con su valor monetario. En esos casos, es necesario que el análisis compare el costo de aplicar la alternativa en cuestión con una evaluación subjetiva del costo que implicaría el hecho de no hacer dicho cambio.

A continuación se presentaran tres modelos y algunos ejemplos que ilustran la forma en que los modelos de fila de espera ayudan a los gerentes de operaciones en la toma de decisiones:

### 3.5.1. MODELO CON UN SOLO SERVIDOR

El modelo de filas de espera más sencillo corresponde a un solo servidor y una sola fila de clientes. Para especificar con más detalle el modelo, se harán las siguientes suposiciones:

- La población de clientes es infinita y todos los clientes son pacientes.
- Los clientes llegan de acuerdo con una distribución de Poisson y con una tasa media de llegada de  $\lambda$ .
- La distribución del servicio es exponencial, como una tasa media de servicio de  $\mu$ .
- La tasa media de servicio es mayor que la tasa media de llegadas.
- A los clientes que llegan primero se les atiende primero.
- La longitud de la fila de espera es ilimitada.

A partir de estas suposiciones, se pueden aplicar varias fórmulas para describir las características de operación de sistema:

$\rho$  = utilización promedio del sistema

$$= \frac{\lambda}{\mu}$$

$P_n$  = probabilidad de que  $n$  clientes estén en el sistema

$$= (1 - \rho)\rho^n$$

$L$  = número promedio de clientes en el sistema de servicio

$$= \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$L_q$  = número promedio de clientes en la fila de espera

$$= \rho L$$

$W$  = tiempo promedio transcurrido en el sistema, incluido el servicio

$$= \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$W_q$  = tiempo promedio de espera en la fila

$$= \rho W$$

### 3.5.2. MODELO CON MULTIPLES SERVIDORES

En el modelo con múltiples servidores, los clientes forman una sola fila y eligen entre  $s$  servidores al que esté disponible. El sistema de servicio tiene una sola fase. Se partirá de las siguientes suposiciones, además de las que se hicieron para el modelo con un solo servidor: hay  $s$  servidores idénticos, y la distribución del servicio para cada uno de ellos es exponencial, con un tiempo medio de servicio igual a  $1/\mu$ . Siempre debe ocurrir que  $s\mu$  sea mayor que  $\lambda$ .

Con estas suposiciones, se puede aplicar varias fórmulas para describir las características de operación del sistema de servicio:

$\rho$  = utilización promedio del sistema

$$= \frac{\lambda}{s\mu}$$

$P_0$  = probabilidad de que haya cero clientes en el sistema

$$= \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left( \frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}$$

$P_n$  = probabilidad de que haya  $n$  clientes en el sistema

$$= \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0 & 0 < n < s \\ \frac{(\lambda/\mu)^n}{s!s^{n-s}} P_0 & n \geq s \end{cases}$$

$L_q$  = número promedio de clientes en la fila de espera

$$= \frac{P_0(\lambda/\mu)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}$$

$W_q$  = tiempo promedio de espera de los clientes en la fila

$$= \frac{L_q}{\lambda}$$

$W$  = tiempo promedio pasado en el sistema, incluido el servicio

$$= W_q + \frac{1}{\mu}$$

$L$  = número promedio de clientes en el sistema de servicio

$$= \lambda W$$

### 3.5.3. MODELO CON FUENTE FINITA

Ahora se considerara una situación en la que todas las suposiciones del modelo de con un solo servidor son apropiados, excepto una. En este caso la población de clientes es finita, porque solo existen  $N$  clientes potenciales. Si  $N$  es mayor que 30 clientes, resulta adecuado el modelo con un solo servidor vasado en la suposición de que la población de

clientes es infinita. En los demás casos, el modelo con fuente finita es el que más conviene utilizar. Las fórmulas que se usan para calcular las características de operación de este sistema de servicio son los siguientes:

$P_0$  = probabilidad de que haya cero clientes en el sistema

$$= \left[ \sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]^{-1}$$

$\rho$  = utilización promedio del servidor

$$= 1 - P_0$$

$L_q$  = número promedio de clientes en la fila de espera

$$= N - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

$L$  = número promedio de clientes en el sistema de servicio

$$= N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

$W_q$  = tiempo promedio de espera en la fila

$$= L_q [(N - L)\lambda]^{-1}$$

$W$  = tiempo promedio pasado en el sistema, incluido el servicio

$$= L [(N - L)\lambda]^{-1}$$

### 3.6. AREAS DE DECISION PARA LA GERENCIA

Después de analizar un problema de filas de espera, la gerencia puede mejorar el sistema de servicio introduciendo cambios en una o más de las siguientes áreas:

- a) **Tasas de llegada:** Es frecuente que la administración tenga la posibilidad de influir en la tasa de llegada de los clientes,  $\lambda$ , ya sea por medio de publicidad, promociones especiales o precios diferenciales. Por ejemplo, una compañía telefónica aplica precios diferenciales para inducir un cambio en los patrones de las llamadas residenciales de larga distancia, de modo que en lugar de que los clientes las hagan durante el día, prefieran hacerlas por la noche.
- b) **Número de instalaciones de servicio:** Al aumentar el número de instalaciones de servicios, como los depósitos de herramientas, casetas de peaje o cajas en las sucursales bancarias, o bien, al dedicar algunas instalaciones de una fase a un conjunto de servicios únicos, la gerencia logra acrecentar la capacidad del sistema.

- c) **Numero de fases:** los gerentes pueden optar por asignar tareas de servicios a fases secuenciales si consideran que dos instalaciones de servicio secuenciales son más eficientes que una sola. Por ejemplo, en las líneas de ensamblaje, la decisión se refiere al número de fases o trabajadores necesarios en dicha línea. La determinación del número de trabajadores que se requieren en la línea también implica la asignación de cierto conjunto de elemento de trabajo a cada uno de ellos. Un cambio en la distribución de la instalación puede incrementar la tasa de servicio,  $\mu$ , de cada instalación y la capacidad de servicio de todo el sistema.
  
- d) **Numero de servidores por instalación:** Los gerentes influyen en la tasa de servicios cuando asignan más de una persona a una instalación de servicio.
  
- e) **Eficiencia del servidor:** Si se ajusta la razón capital a mano de obra, se idean métodos mejorados de trabajo o se instituyen programas de incentivos, la gerencia puede elevar la eficiencia de los servidores asignados a una instalación de servicios. Los cambios de ese tipo se refleja en  $\mu$ .
  
- f) **Regla de prioridad:** Los gerentes establecen la regla de prioridad que debe aplicarse, deciden si cada instalación de servicio debe tener una regla de prioridad diferente y si se permitirá que por motivos de prioridad, se altere el orden previsto (señalando, en este último caso, en qué condiciones se hará tal cosa). Estas decisiones afectan los tiempos de espera de los clientes y la utilización de los servidores.
  
- g) **Distribución de las filas:** Los gerentes pueden influir en los tiempos de espera de los clientes y la utilización de los servidores al decidir si habrá una sola fila o si cada instalación tendrá su respectiva fila en el curso de una fase de servicio determinada.

## IV) SOFTWARE PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PREDICCIÓN EMPRESARIAL

En las ciencias **Simulación** es el artificio contextual que referencia la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.

Thomas T. Goldsmith Jr. y EstleRay Mann la define así: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

Una definición más formal formulada por R.E. Shannones: "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema".

### 4.1 ETAPAS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

#### 4.1.1 Definición del sistema

Consiste en estudiar el contexto del problema, identificar los objetivos del proyecto, especificar los índices de medición de la efectividad del sistema, establecer los objetivos específicos del modelamiento y definir el sistema que se va a modelar.

#### 4.1.2 Formulación del modelo

Una vez definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, se define y construye el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa el modelo.

#### 4.1.3 Colección de datos

Es importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados.

#### 4.1.4 Implementación del modelo en la computadora

Con el modelo definido, el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje como el fortran, algol, lisp, etc., o se utiliza algún paquete como Automod, Promodel, Vensim, Stella y iThink, GPSS, simula, simscript, Rockwell Arena, [Flexsim], etc., para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.

#### **4.1.5 Verificación**

El proceso de verificación consiste en comprobar que el modelo simulado cumple con los requisitos de diseño para los que se elaboró. Se trata de evaluar que el modelo se comporta de acuerdo a su diseño del modelo

#### **4.1.6 Validación Del Sistema**

A través de esta etapa es valorar las diferencias entre el funcionamiento del simulador y el sistema real que se está tratando de simular. Las formas más comunes de validar un modelo son:

1. La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
2. La exactitud con que se predicen datos históricos.
3. La exactitud en la predicción del futuro.
4. La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
5. La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

#### **4.1.7 Experimentación**

La experimentación con el modelo se realiza después que este haya sido validado. La experimentación consiste en comprobar los datos generados como deseados y en realizar un análisis de sensibilidad de los índices requeridos.

#### **4.1.8 Interpretación**

En esta etapa del estudio, se interpretan los resultados que arroja la simulación y con base a esto se toma una decisión. Es obvio que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación colaboran a soportar decisiones del tipo semi-estructurado.

#### **4.1.9 Documentación**

Dos tipos de documentación son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación del tipo técnico y la segunda se refiere al manual del usuario, con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado.

## 4.2 MODELOS DE SIMULACIÓN

La experimentación puede ser un trabajo de campo o de laboratorio. El modelo de método usado para la simulación sería teórico, conceptual o sistémico.

Después de confirmar la hipótesis podemos ya diseñar un teorema. Finalmente si este es admitido puede convertirse en una teoría o en una ley.

### 4.2.1 MODELO TEÓRICO

El '**modelo teórico**' debe contener los elementos que se precisen para la simulación. Un ejemplo con trabajo de laboratorio es un programa de estadística con ordenador que genere números aleatorios y que contenga los estadísticos de la media y sus diferentes versiones : cuadrática- aritmética-geométrica-armónica. Además debe ser capaz de determinar la normalidad en términos de probabilidad de las series generadas. La hipótesis de trabajo es que la media y sus versiones también determinan la normalidad de las series. Es un trabajo experimental de laboratorio. Si es cierta la hipótesis podemos establecer la secuencia teorema, teoría, ley. Es el modelo principal de toda una investigación científica, gracias a ello podemos definir o concluir la hipótesis, las predicciones, etc.

### 4.2.2 MODELO CONCEPTUAL

El **modelo conceptual** desea establecer por un cuestionario y con trabajo de campo, la importancia de la discriminación o rechazo en una colectividad y hacerlo por medio de un cuestionario en forma de una simulación con una escala de actitud. Después de ver si la población es representativa o adecuada, ahora la simulación es la aplicación del cuestionario y el modelo es el cuestionario para confirmar o rechazar la hipótesis de si existe discriminación en la población y hacia qué grupo de personas y en que cuestiones. Gran parte de las simulaciones son de este tipo con modelos conceptuales.

### 4.2.3 MODELO SISTÉMICO

El **modelo sistémico** se construye utilizando como metodología la Dinámica de sistemas. Se simula el sistema social en una de sus representaciones totales. El análisis de sistemas es una representación total. Un plan de desarrollo en el segmento de transportes con un modelo de ecología humana, por ejemplo. El énfasis en la teoría general de sistemas es lo adecuado en este tipo de simulaciones. Este método, que es para un Sistema complejo, es sumamente abstracto, no se limita a la descripción del sistema, sino que debe incluir en la simulación las entradas y salidas de energía y procesos de homeostasis, autopoiesis y retroalimentación.

Tanto el programa de estadística, como la escala de actitud, como el sistema total, son perfectas simulaciones de la realidad y modelizan todos los elementos en sus respectivas hipótesis de trabajo. Son también un microclima y el ambiente o el escenario en los procesos de simulación/experimentación. Otras propiedades que deben contener las simulaciones es que sean repetibles indefinidamente. Que eviten el efecto de aprendizaje que incita al encuestador a rellenar él mismo los cuestionarios y que se podrá evitar con algún control, que sean flexibles o mejorables y que no sea invasivo o cambiar la población de las muestras sucesivas.

#### 4.2.4 SIMULACIÓN POR COMPUTADORA

Es un intento de modelar situaciones de la vida real por medio de un programa de computadora, lo que requiere ser estudiado para ver cómo es que trabaja el sistema. Ya sea por cambio de variables, quizás predicciones hechas acerca del comportamiento del sistema.

La simulación por computadora se ha convertido en una parte útil del modelado de muchos sistemas naturales en física, química y biología, y sistemas humanos como la economía y las ciencias sociales (sociología computacional),<sup>3</sup> así como en dirigir para ganar la penetración (profundidad) su comportamiento cambiará cada simulación según el conjunto de parámetros iniciales supuestos por el entorno. Las simulaciones por computadora son a menudo consideradas seres humanos fuera de un *loop* de simulación.

Tradicionalmente, el modelado formal de sistemas ha sido a través de un modelo matemático, que intenta encontrar soluciones analíticas a problemas que permiten la predicción del comportamiento de un sistema de un conjunto de parámetros y condiciones iniciales. La simulación por computadora es frecuentemente usada como un accesorio para, o sustitución de, sistemas de modelado para los cuales las soluciones analíticas de forma cerrada simple no son posibles. Ahí se encuentran muchos tipos diferentes de simulación por computadora, la característica común que todas ellas comparten es el intento por generar una muestra de escenarios representativos para un modelo en que una enumeración completa de todos los estados posibles serían prohibitivos o imposibles. Varios paquetes de software existen para modelar por computadora en el funcionamiento de la simulación se realiza sin esfuerzo y simple (por ejemplo: la simulación Montecarlo y el modelado estocástico como el Simulador de Riesgo).

Es cada vez más común escuchar acerca de simulaciones a muchas clases designadas como "ambientes sintéticos". Esta etiqueta ha sido adoptada al ampliar la definición de "simulación", que abarca virtualmente cualquier representación computarizada.

#### 4.2.5 SIMULACIÓN EN INFORMÁTICA

En informática la simulación tiene todavía mayor significado especializado: Alan Turing usó el término "simulación" para referirse a lo que pasa cuando una computadora digital corre una tabla de estado (corre un programa) que describe las transiciones de estado, las entradas y salidas de una máquina sujeta a discreto-estado. La simulación computarizada de una máquina sujeta.

En programación, un simulador es a menudo usado para ejecutar un programa que tiene que correr en ciertos tipos de inconvenientes de computadora o en un riguroso controlador de prueba de ambiente. Por ejemplo, los simuladores son frecuentemente usados para depurar un microprograma (microcódigo) o algunas veces programas de aplicación comercial. Dado que, la operación de computadoras es simulada, toda la información acerca de la operación de computadoras es directamente disponible al programador, y la velocidad y ejecución pueda variar a voluntad.

Los simuladores pueden ser usados para interpretar la ingeniería de seguridad o la prueba de diseño de lógica VLSI, antes de que sean construidos. En informática teórica el término "simulación" representa una relación entre los sistemas de transición de estado. Esto es usado en el estudio de la semántica operacional.

En el área de las ciencias son de gran ayuda ya que los estudiantes relacionan conceptos abstractos con reales (el choque de moléculas) y también ayuda en el sentido de los recursos ya que solo se tiene que disponer con un par de computadores y no con todo el aparataje de un laboratorio entero.

## CONCLUSIONES:

1. Es una técnica matemática relativamente reciente (siglo XX), que consiste en una serie de métodos y procedimientos que permiten resolver problemas de optimización en ámbito, sobre todo de las ciencias sociales.
2. La problemática de la planeación de proyectos no ha sido una problemática reciente, si no que desde tiempos pasados nuestros antepasados han enfrentado emprendimientos de gran envergadura que significaron una problemática desde el punto de la planificación.
3. Cualquiera que haya tenido que esperar el cambio de luces en un semáforo, ingresar a un restaurante, o en una oficina de registro civil, ha vivido la dinámica de las filas de espera. Tal vez uno de los mejores ejemplos de administración eficaz de filas de espera sea el que se observa en Walt Disney World.
4. En las ciencias **Simulación** es el artificio contextual que referencia la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- ❖ CANNAVOS G.- Probabilidad y Estadística Aplicación y Métodos. Ed. en Español Mc GRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO 1995.
- ❖ D.G. Kleinbaum, L. L. Kupper, K. E. Muller.- Applied Regression Analysis and Multivariable Methods. PWS-KENT Publishing Company. 1988.
- ❖ GALDOS.- Cálculo y Estadística III Edición Única. Grupo La República. Lima Perú 2005.
- ❖ FISTERRA.- Técnicas de Regresión: Regresión Lineal Simple.
- ❖ PITA FERNANDEZ S, REY SIERRA T, VILA ALONSO MT.- Relaciones entre Variables Cuantitativas.
- ❖ V ABRAIRA, A. PEREZ DE VARGAS.- Métodos Multivariantes en Bioestadística. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces 1996.
- ❖ TORINO H. Resumen del Libro de Estadística de Berenson y Levine. Dirección:  
<http://www.monografias.com/trabajos13/beren/beren.shtml>.