

# **EL USO DE LA HOJA DE CALCULO ELECTRONICO EN LA INVESTIGACION DE OPERACIONES**

**Ing. HILDA MERY HOLGUIN DIAZ**

**Ing. CESAR JARAMILLO NARANJO**

**PROF. U.C.P.R.**

## **INTRODUCCION**

Esta edición de PAGINAS, destinada al V Encuentro de Informática Universitaria contiene la justificación y las dos primeras partes del estudio " LA INTERSECCION ENTRE EL LOTUS y LA INVESTIGACION DE OPERACIONES"

La Universidad Católica Popular del Risaralda ha querido de esta manera aumentar su vinculación con el encuentro y colaborarles a los autores en la difusión de su trabajo.

Es nuestro aporte al desarrollo de la investigación científica en Colombia.

## **PRESENTACION DE LA HOJA ELECTRONICA**

Una hoja electrónica no es otra cosa que la representación de una tabla o matriz mediante celdas. La cual posee características particulares.

Es difícil imaginar cómo este paquete de software tan versátil y exitoso como lo es el LOTUS 123. Aun no ha sido presentado como herramienta para la implementación de los modelos de investigación de operaciones en los microcomputadores.

El LOTUS 123 pertenece a una tercera generación de hojas electrónicas este sistema ostenta una gran variedad de habilidades para graficar tanto en pantallas monocromáticas como policromáticas en la integración con base de datos para recuperación y almacenamiento de información en mayores velocidades de ejecución y en una gran variedad de capacidades de clasificación

Las hojas de cálculo electrónico tienen características muy particulares como por ejemplo:

La capacidad interactiva de entrar datos cambiar datos y cambiar todo lo que se desee viendo lo que está pasando.

Tiene 5000 entradas y a veces hasta 13000.

La sencillez para entregar los resultados directamente a una Impresora.

El Lotus como graficador presenta posibilidades que en su conjunto son muy útiles para complementar Informes; permite presentar gráficas de barras. Líneas. Barras superpuestas, pastel y la representación X y Y en un sistema cartesiano, lo cual contribuye, de una manera muy significativa en la ilustración de cualquier género de informes.

## **OBJETIVOS**

La aplicación directa de la hoja de cálculo electrónico como herramienta útil para la solución de problemas de investigación de operaciones como los siguientes:

El Problema de la Diligencia.

Reparto de correo.

Transporte de Petróleo.

Planeación de la producción.

Planeación financiera.

Los cuales pertenecen a problemas de programación dinámica.

El CPM que es un problema de redes

## **JUSTIFICACION**

### **REFERENCIA HISTORICA:**

CONGRESOS DE LA "OPERATION RESEARCH SOCIETY OF AMERICA" ORSA

Se presentan algunos de los temas tratados en los diferentes congresos, de la ORSA sobre el uso de la hoja electrónica En mayo de 1985: (Boston)

Aplicaciones del LOTUS 123 en la planeación y control de la producción.

Programación Dinámica en una hoja electrónica.

Planeación de la producción usando hojas electrónicas.

Soporte para decisiones sobre seguridad relativa para incendios: Un modelo de hoja de cálculo en microcomputador, para sistemas complejos.

En noviembre de 1985 (Atlanta)

Un modelo de planeación con Programación Lineal en una hoja de cálculo para diagnóstico de medios ambientes de grupos relacionados.

Optimización con una hoja electrónica.

Aplicaciones del Visicall en Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones.

Tamaño de sistemas de bacterias y análisis de inversiones con el Lotus 123.

Administración de proyectos usando CPM en Lotus 123.

En abril de 1986 (Los Ángeles)

Sistemas de manejo del computador con hoja de cálculo para resolver problemas de decisión multicriterio, multipersona.

Modelos de hoja de cálculo electrónico en microcomputador como herramientas de soporte de decisiones administrativas en el campo de la salud.

Dos enfoques para planeación de fondos: Programación Lineal contra la hoja de cálculo electrónico.

Modelo de colocación financiera usando el Lotus 123.

Pronósticos basados en análisis de series de tiempo usando el LOTUS 123.

Implementación del algoritmo del camino más corto en una hoja de cálculo electrónico Lotus 123.

Plantilla Symphony- Lotus para análisis cuantitativos de decisiones de negocios.

Análisis de decisiones en el computador personal usando una hoja de cálculo electrónico de un lenguaje de modelación de alto nivel.

En octubre de 1986 (Miami Beach)

Optimacros: Decisiones optimas con Macros de hojas electrónicas.

Aplicaciones del POM/MS: Modelos de hojas electrónicas para microcomputadores.

Un modelo de soporte de BID en Lotus 123

Un modelo de control de costos para la selección de la mezcla de productos en la operación de un restaurante.

Aplicaciones del Lotus 123 para el control de calidad industrial.

En mayo de 1987 (New Orleans)

Usando Lotus 123 para programación de clases.

Aplicación del software "punto cinco"

Programación Dinámica con el software de la hoja de cálculo electrónico

Un modelo de hoja de cálculo para el aprendizaje de los análisis de curvas de costos

Aplicaciones de la hoja de cálculo electrónico en los sistemas de decisión en manejo de inventarios.

Integración del software de microcomputadores y la simulación Montecarlo.

Además un taller por JAMES K. HO del colegio de Administración de Negocios de la Universidad de Tennessee, titulado: CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION E INVESTIGACION DE OPERACIONES EN EL MEDIO DE LA HOJA DE CALCULO ELECTRONICO. Donde trata de lo siguiente:

La hoja de cálculo electrónico tabula datos de textos y numéricos en arreglos rectangulares de celdas. Los datos en las diferentes celdas se pueden relacionar con funciones matemáticas. A medida que los valores en las celdas se van cambiando automáticamente se hacen los cálculos necesarios para reflejar los cambios.

La popularidad de ese software se ha extendido desde las aplicaciones evidentes en contabilidad de análisis financiero hasta muchas otras formas de análisis cuantitativo para la toma de decisiones.

Realmente se ha convertido en una herramienta cuantitativa muy importante en los cálculos de los negocios, por esta razón las aplicaciones futuras de los modelos de decisión de MS/OR se engrandecerá muchísimo si se pueden integrar completamente en el ambiente de la hoja de cálculo electrónico.

El taller plantea por medio de experiencias reales los varios enfoques del modelado y solución de problemas de MS/OR usando la hoja de cálculo electrónico.

Para los profesores que enseñan MS/OR a estudiantes que han usado el software de hoja de cálculo en otros cursos como contabilidad, finanzas, mercados etc. tal integración puede mejorar significativamente la recepción de los estudiantes y comprender los objetivos.

Para los practicantes familiarizados con el medio ambiente de la hoja actividad de cálculo electrónico, muchos modelos de decisión quedan más cerca de la mano que con herramientas usadas previamente. Para este taller no se necesita conocimiento previo del software de la hoja de cálculo, pero se asume que los asistentes conocen técnicas de MS/OR.

Se distribuyó una monografía del Sr. HO llamada Programación Lineal y Dinámica con 123.

Los temas tratados en el taller:

Revisión del Lotus 123.

Un curso con macros.

Modelos sencillos como Cadenas de Markow

Modelos sencillos como Simulación

Análisis de decisión.

Programación Dinámica.

Programación Lineal.

El futuro.

## **OBJETIVOS DEL TALLER**

1. identificación de las clases de modelo MS/OR más aptos para aplicar en hoja de cálculo.

2. Solución de muchos modelos de MS/OR en la hoja de cálculo electrónico.
3. Comprender las ventajas y desventajas de los diversos enfoques.
4. Evaluación de los futuros desarrollos en esta área.

En octubre de 1987 (San Luis)

Solución de problemas de Programación no Lineal en LOTUS 123.

Aplicaciones de Macros del Lotus 123 para inteligencia artificial.

Programación de empleados de tiempo parcial usando Lotus 123.

El LOTUS 123 como herramienta para la programación diaria en las actividades de prueba de los sistemas de combate.

Simulación Estocástica en una hoja electrónica.

Programación lineal usando Lotus 123 en el microcomputador.

Diseño de interfaces para los soportes de decisiones en la hoja de cálculo electrónico.

Programación lineal con Macros de la hoja electrónica.

Detectando estacionalidad: una aplicación de la hoja de cálculo en un microcomputador para el POM/MS.

Pronósticos usando Lotus 123.

Uso de la hoja electrónica para analizar entregas de materiales en un peligrosos.

Evaluación comparativa usando la hoja electrónica Lotus.

Punto Cinco: Modelos especiales. "R 1

Usando la hoja electrónica en el puesto de trabajo.

## **EL PROBLEMA DE LA DILIGENCIA**

## **1. OBJETIVOS**

Introducir al usuario en la implementación de la Programación Dinámica en una hoja electrónica.

Resolver el problema de la diligencia usando un modelo construido en la hoja de cálculo electrónico, LOTUS 123. Dicho modelo está compuesto por tres partes:

La presentación de los datos del problema en forma de red.

El proceso de obtención de los resultados en cada etapa.

Y los análisis de sensibilidad. cuando se cambia el costo de una determinada ruta.

## **2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

El problema que se trata en este capítulo es el conocido como el problema de la diligencia diseñado por el profesor Harvey H. Wagner de la universidad de Stanford. Se ha consultado en el libro *Introduction to Operations Research*, de Frederick Hillier and Gerald J. Lieberman. editorial Holden Day INC. 1a. Edición 1970.

Se remite a quien ignore el enunciado del problema a la cita mencionada.

## **3. IMPLEMENTACION EN LA HOJA ELECTRONICA**

Para resolver el problema se ha preparado una hoja de cálculo llamada DILIGENCIA.WKS. En la figura 1.1 se muestra la distribución general de dicha hoja de cálculo.

La parte superior contiene la presentación de la red para el problema con sus respectivos costos cuando el usuario teclea estos costos, ellos se copian automáticamente en las posiciones respectivas en la porción media de la hoja. Esta porción media contiene las ecuaciones funcionales destinadas a encontrar la ruta óptima deseada.

Cada cuadro contiene los costos respectivos para ir de una etapa a otra, el costo hasta el final de la red y la o las decisiones óptimas que el viajero debe tomar. Los asteriscos indican que el costo para ir a dicho estado es elevado y por lo tanto no es óptimo. La ruta óptima se lee siguiendo las secuencias sin asteriscos.

En la parte inferior se lee el valor de la solución óptima. y los resultados de los análisis de sensibilidad.

Puesto que los costos se copian automáticamente desde la parte superior hasta la parte inferior cualquier cambio en estos costos generara un nuevo cálculo de los resultados.

Aunque la prueba de los efectos de los diferentes valores de los costos sobre la solución, la podemos hacer manualmente. el LOTUS 123 nos muestra la nueva solución automáticamente.

Adicionalmente se aprovecha la capacidad gratificadora del Lotus para producir diagramas ilustrativos de ese análisis de sensibilidad.

De manera mas detallada se presenta cada una de las partes de la figura

#### **4. PRESENTACION DEL PROBLEMA EN FORMA DE RED**

- A) En la celda DI aparece el titulo del problema.
- B) Las columnas de la hoja contienen los diferentes orígenes y destinos de cada una de las etapas con sus respectivos costos.
- C) Los estados figuran entre paréntesis y los costos Sin paréntesis.
- D) El rango ocupado por esta parte es A1..F21.
- E) La función de esta parte es Únicamente la de captación de los datos, por tanto no contiene fórmulas.
- F) Observar figura 1.1.1.

#### **5) SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

- A) El rango ocupado por esta porción de la hoja es A24..P29
- E) Para el problema de las tres últimas etapas, SI por ejemplo el viajero está en el estado 4, tiene tres alternativas a seguir: ir a 5 ó 6 ó 7. Si va a 5, el costo total es  $4 + 4$ , o en la hoja de calculo:

I46: +G46+@MIN(\$N\$30..\$N\$31)

que corresponde a la recurrencia:

$$C_{4,5} + F^* < S, \quad F^* < S) \quad = \quad 4.$$

En el cuadro del estado 4 se observa que las decisiones óptimas que puede tomar el Viajero es ir a 5 ó 6, los asteriscos aquí indican no óptimo, seguir al estado 7.

F) Con los mismos argumentos se puede hacer el análisis, para las últimas 4 etapas: Cuando el viajero está en 1, puede seguir a 2 ó 3 ó 4.

Si sigue a 2, el costo total sería:  $2 + 11 = 13$ . O en la hoja de cálculo: D38: +B38+@MIN(\$I\$30..\$I\$32).

Como se observa en el cuadro, éste costo es el más elevado y por tanto no es óptimo, se indica con los asteriscos.

G) Un ejemplo de lectura de la ruta óptima es la siguiente:

De 1 Ir a 3 con un costo de \$4 en la Primera etapa, estando en 3 seguir a (1 5 con un costo de \$3 luego a 8 con un costo de \$1 y por último pasar a 10 con un costo de \$3. Esta suma nos da el costo total mínimo de la ruta que figura en el primer cuadro.

H) El procedimiento de solución se inicia con un problema de un periodo, la cuarta etapa, y una vez que se ha resuelto éste se procede a un problema de dos periodos, tercera y cuarta etapa, y resuelto este se continúa trabajando hacia atrás hasta terminar la solución todo el problema.

I) se encontraron tres rutas óptimas que son:

a) 1-3-5-8-10.

b) 1-4-5-8-10.

c) 1-4-6-9-10.

J) La solución óptima vale \$11 que es el costo mínimo de las tres rutas óptimas.

K) Observar figura No. 1.1.2.

B) La construcción de ésta tabla sigue el principio de optimalidad y la relación recursiva:

$$F^*(s) = \text{Min } C_s X_n + F^*(n+1) C X_n \quad n= 1.2.3.4$$

Donde:

$X_n$ : Destino inmediato en la etapa  $n$ .

$F^*_n(s)$ : Costo total mínimo de la mejor política global para las etapas restantes, dado que está en el estado  $S$  y ha tomado la mejor decisión.  $s$ .

$C_s X_n$ : El costo de un paso desde  $s$  hasta  $X_n$ .

Claramente el objetivo es encontrar  $F^*(1)$  con su correspondiente política.

C. Los cálculos para la última etapa a partir del estado 8, se obtienen de la siguiente manera: Cuando se está en el estado 8, el costo de ir hasta 10 es  $3+0$ , o en la hoja de cálculo S36:  $Q36+W41$ . Esto corresponde a la recurrencia:

$$C_{8,10} + F^*(C_{10}) - F^*(C_{10}) = 0$$

Obviamente como esta es la última etapa y la única alternativa es ir a 10, ésta es la solución indicada como óptima.

D) Cuando estamos resolviendo el problema de las dos últimas etapas y por ejemplo el viajero está en el estado 6. Él tiene dos alternativas para seguir que son ir a 8 ó a 9. Si desde 6 sigue a 9 el costo total es  $3 + 4$ . En la hoja de cálculo corresponde a N40:  $+140+@MIN(\$S\$45)$  que corresponde a la recurrencia:

$$C_{6,9} + F^*(9) - F^*(9) = 4.$$

El cuadro del estado 6 se indica que si el viajero está en 6, no es óptimo escoger 8 como próximo destino. Está indicado con los asteriscos o en la hoja de cálculo:

$$O39: @IF(N39=@MIN(\$N\$39..\$N\$40),N39,999999999).$$

Por lo tanto el viajero cuando está en 6 deberá seguir a 9 que le representa el mínimo costo.

A) Corresponde a la parte inferior de la hoja en el rango: A55..E63.

B) Se presentan los resultados de un análisis de sensibilidad, para las variaciones del costo de 1 a 3.

Como se observa en la figura cuando dicho costo es de 5 o más, el mínimo costo total se vuelve insensible, es decir no cambia, permanece constante frente a las variaciones de 1 a 3.

C) En la figura 1.1.3 aparece la gráfica ilustrada por el Lotus, del descrito análisis de sensibilidad.

## **7. VENTAJAS**

- 1) Aunque este enfoque no necesariamente simplifica los cálculos de la Programación dinámica puede ser muy útil desde un punto educativo, para muchos estudiantes de las ciencias administrativas la Programación Dinámica es un tópico de difícil absorción, para ellos el enfoque de hoja de cálculo presentado aquí será una ayuda fundamental en la comprensión del método de solución hacia atrás.
- 2) La hoja de cálculo electrónico nos permite en este ejemplo ubicar la estructura de la solución del problema en forma análoga a la red.
- 3) Una vez que este elaborada la hoja de cálculo el usuario fácilmente introduce nuevos datos al problema y obtiene rápidamente la nueva solución y
- 4) Para el manejo de la hoja de cálculo no se requiere mucho conocimiento de programación.
- 5) Se presenta mucha facilidad para obtener nuevos resultados ante los análisis de sensibilidad, pues con solo cambiar un costo en la parte inicial de la hoja el recálculo es inmediato.
- 6) Se obtiene gran facilidad para distribuir los diversos segmentos del problema en la hoja de cálculo.
- 7) La presentación del problema en forma clara.

## **8. DESVENTAJAS**

- 1) No se permite la generalidad del modelo para resolver otro tipo de problemas, ya que simplemente agregarle etapas y estados al problema de la diligencia, puede ser más complejo que construir un nuevo modelo.
- 2) Solamente para problemas de horizonte finito, determinísticos y discretos.

## **10. COMENTARIOS**

- 1) La cantidad de tiempo que gasta el usuario para hacer los análisis de sensibilidad, luego de tener el modelo listo es despreciable.
- 2) La Programación Dinámica es un modelo que se encuentra comúnmente en los textos de investigación de operaciones, es aprovechada en general para resolver problemas donde se toman decisiones interrelacionadas, las cuales pueden ser una variedad de problemas de optimización.

## **C P M**

### **1. OBJETIVOS: : C.**

A) Encontrar la ruta crítica de la red usando la hoja de cálculo electrónico.

### **2. FORMULACION DEL PROBLEMA:**

El problema que se trata en este capítulo es el conocido como la ruta crítica o CPM. Se pretende encontrar en una red la ruta de máxima duración entre un nodo origen y un nodo destino.

En muchos libros de Planeación. Programación e Investigación de Operaciones se encuentra la descripción detallada de éste problema. Podemos mencionar como referencia: INTRODUCCION A LOS METODOS DE RUTA CRITICA PERT Y CPM DE "Javier I. Sánchez A."

Universidad Nal. de Colombia. Facultad de Minas 2a. Edición 1987 Medellín Col.