

27  
29.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLÁN

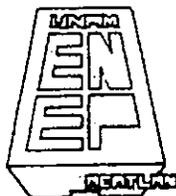
MÉTODO PARA LA SELECCIÓN ÓPTIMA  
DE UN CODEC PARA COMPRIMIR VÍDEO DIGITAL.

M E M O R I A  
DE DESEMPEÑO PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS  
APLICADAS Y COMPUTACIÓN  
P R E S E N T A:  
JUAN CARLOS MEDINA SANDOVAL

ASESOR  
DR. JORGE I. BUSTAMANTE CEBALLOS



NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO 1998



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

263108



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatoria.

Este trabajo de titulación está dedicado principalmente a Emilia, quien ha sido para mí una gran inspiración y quién me ha dado la fuerza necesaria para cumplir las metas que me he ido proponiendo, ya que para mí es un claro ejemplo de tenacidad, ética y dignidad.

De igual manera, dedico este trabajo a mi papas, a mi hermana y a mi tía: A Daniela, por ser mi mejor guía y mi mejor amiga, por sus consejos que tan sutilmente me sugerían el mejor camino. A mi mamá, por su fortaleza y por dedicar gran parte de su vida apoyando la educación de mi hermana y la mía. A mi papá, por haberme enseñado a seguir los valores humanos más importantes y por el apoyo que siempre me ha dado, ya que éste ha sido muy importante para mí. A mi tía, por estar siempre apoyándome en mis decisiones y ser parte importante de mi educación.

## Agradecimientos.

### Familia:

Tío Andrés y familia, gracias por todo el apoyo que me han dado, ustedes son muy importantes para mí;  
Tía Elvira y Tía Marta, gracias por estar siempre cerca;  
Tíos Manuel y Ausencio, por la influencia que he tomado (aunque no todos lo noten);  
Gracias también a mis tíos Antonio, Juan Carlos, Inocencio, Guadalupe, Rosa, Salvador, Juan Manuel, Jaime y Ma. De la Luz; Mario y Carmen, muchas gracias por todos los buenos consejos; Dolores y Raúl, han sido un buen ejemplo a seguir y les agradezco toda su ayuda.

### Amigos:

Edgar, gracias por estar apoyándome siempre y por todo el conocimiento que has compartido conmigo; Toño, siempre has sido uno de mis mejores amigos, gracias por tu apoyo. Gracias también a José Fornos, Arturo, Onallancy, Francisco, Yasbeth, Claudia, Silvia, Marco, Marcela e Isela; Erika, gracias por todo el apoyo que ha sido tan especial para mí; Araceli Lamar, muchas gracias por tu apoyo y por tus consejos.  
Karina, un agradecimiento especial por todo tu apoyo y paciencia, por compartir conmigo tus ideas, además de ser muy especial para mí, eres una persona a quien admiro mucho.

Colegas:

*Dr. Bustamante*, gracias por todo lo que me ha enseñado, por su confianza y por su apoyo. Gracias por enseñarme que todo es posible en este mundo y por toda la diversión incluida en los proyectos que hemos desarrollado juntos.

*Maestro Elorza*, Gracias por el apoyo y los consejos siempre tan acertados, gracias por invitarme a participar en sus proyectos y por ser un buen amigo.

*Jesús*, Gracias por compartir tu experiencia conmigo, por todo el apoyo y la confianza, por el ánimo que tan fácil me contagias.

*Marcos*, Muchas gracias por ser mi amigo además de colega, he aprendido mucho contigo.

*Ingeniero Pedro Gutiérrez*, gracias por el apoyo en mi desarrollo profesional y por todo lo que he aprendido al trabajar juntos.

FALTA PAGINA

No. 1

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
Definición del problema.....	3
Video digital y compresores-decompresores.....	6
de video (CODECs).....	6
Variables que intervienen en el problema:.....	10
<u>Variables independientes</u> .....	11
<u>Variables dependientes</u> .....	13
Tabla de dependencia entre variables.....	16
La variable independiente de mayor importancia.....	16
Restricciones del problema.....	18
CAPÍTULO 2 MÉTODO PARA SELECCIONAR EL CODEC ADECUADO...	20
La incertidumbre del problema.....	20
Criterios para analizar un problema bajo incertidumbre.....	25
<u>Wald</u> .....	26
<u>Hurwicz</u> .....	26
<u>Savage</u> .....	27
<u>Laplace</u> .....	27
Definición de alternativas disponibles.....	28
Las variables dependientes en función de las alternativas.....	28

Construcción de una matriz de pagos.....	29
Recopilación de información y predicción de resultados.....	30
Asignación de preferencias a las alternativas disponibles.....	32
Evaluación de las alternativas disponibles.....	33
<u>Aplicando el criterio de Wald</u> .....	34
<u>Aplicando el criterio de Hurwikz</u> .....	35
<u>Aplicando el criterio de Savage</u> .....	37
<u>Aplicando el criterio de Laplace</u> .....	40
Selección de la mejor alternativa.....	42
CAPÍTULO 3    PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45
Variables cuantitativas.....	46
<u>Memoria</u> .....	46
<u>Análisis de regresión simple</u> .....	47
<u>Diagramas de dispersión</u> .....	49
<u>Velocidad de transferencia</u> .....	61
Variables cualitativas.....	67
<u>Calidad de la imagen</u> .....	67
<u>Desplazamiento</u> .....	68
Asignación de preferencias.....	69
CAPÍTULO 4    EL ANÁLISIS DE LA DECISIÓN: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	71
La matriz de pagos del problema.....	71
Evaluación de las alternativas disponibles.....	73

<u>Usando el criterio de Wald</u> .....	74
<u>Usando el criterio de Hurwikz</u> .....	75
<u>Usando el criterio de Savage</u> .....	76
<u>Usando el criterio de Laplace</u> .....	78
Selección de la mejor alternativa.....	79
Resultados obtenidos al utilizar el CODEC seleccionado.....	80
CONCLUSIONES.....	82
APÉNDICE 1    EL PROGRAMA DE COMPUTO DE APOYO.....	84
El propósito del programa.....	84
Manual.....	86
Módulo para el análisis de regresión.....	87
Módulo de apoyo para seleccionar la mejor alternativa bajo incertidumbre.....	97
Diagrama de navegación del programa.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100

## INTRODUCCIÓN

Cada vez es más común el uso del video digital en programas de cómputo, sobre todo en aquellos con fines educativos o comerciales, puesto que el video logra retener la atención de quien lo observa de una manera difícilmente lograda por otros medios.

Aunque la programación necesaria para incorporar video dentro de un programa de cómputo es cada vez mas sencilla debido a los sistemas operativos más flexibles y a los lenguajes de programación cada vez más poderosos, la tarea de preparar video para integrarlo de manera digital en un programa de cómputo no se ha vuelto más fácil con el paso del tiempo, aunque si más rápida. Actualmente existe software muy poderoso para editar video y aplicarle filtros así como efectos especiales de manera sencilla, pero al final de la edición cuando el video ya está listo y se tiene que generar la copia que se incorporará al programa de cómputo, hay que ser cuidadoso de tomar en cuenta en dónde va a ser usado el programa, ya que si se trata por ejemplo de un kiosco de información (como los que hay en algunos centros comerciales en dónde se anuncian productos o servicios), se conocen exactamente las características del equipo que será usado, por el contrario, si la aplicación que incluye video es para distribución masiva (como una enciclopedia), no se puede esperar que todas las computadoras en las que se utilizará esta aplicación tengan las mismas características ni mucho menos que sean las más

modernas. Este último caso requiere que el video que se está preparando cumpla con ciertas restricciones, pues se espera que cualquier computadora con características mínimas para usar una aplicación multimedia pueda usar la aplicación diseñada.

Este último paso es el que más problemas genera, dado que el video digital consume mucha memoria y hay que comprimirlo para poder ser almacenado. Como hay varios compresores de video puede volverse una tarea tardada y muy costosa comprimir el video con cada compresor para ver cual conviene usar y al final tener que desechar los demás videos junto con el trabajo y costo que implico hacerlos.

La idea principal de este trabajo es hacer uso de un método desarrollado para optimizar la selección de un compresor de video maximizando la calidad de éste dependiendo de las características que deba cumplir.

Este método lo he desarrollado en base a la experiencia que he obtenido en la preparación e incorporación de video digital en aplicaciones multimedia al estar trabajando en Dataconsult, compañía pionera en México en CD-ROM y en el desarrollo de aplicaciones multimedia, apoyándome en conceptos básicos del tema, pero también apoyado fuertemente por modelos estadísticos y de toma de decisiones que refuerzan su confiabilidad. El método propuesto es muy flexible, ya que permite incorporar fácilmente nuevas alternativas de compresores.

El método propuesto presenta una idea de cómo pueden interrelacionarse diferentes teorías para apoyar en la toma de decisiones que con frecuencia es necesaria en la aplicación de una profesión.

# CAPÍTULO 1

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Definición del problema

Cuando es necesario integrar video a un sistema de cómputo, hay que tomar en cuenta más que la dificultad de programar el sistema, el trabajo que requiere preparar video digital. Aunque a principios de la década de 1990 integrar video a una aplicación era una tarea que no era fácil ni accesible para muchos desarrolladores de software, hoy en día es cada vez más fácil hacerlo gracias a los lenguajes de programación actuales, que al hacer uso de la programación orientada a objetos es posible utilizar objetos<sup>1</sup> especialmente diseñados con el fin de desplegar video, y así, en un sistema de cómputo simple, la mayoría de las veces únicamente es necesario definir algunas propiedades de estos objetos, como el nombre del archivo que contiene el video, el formato y las dimensiones de superficie en dónde será proyectado este.

Por otro lado, preparar el video que será integrado al sistema de cómputo es una tarea que no se ha hecho mucho más fácil con el paso del tiempo. Es verdad que hoy en día hay

---

<sup>1</sup> Un objeto es una estructura de datos, que además contiene procedimientos con algoritmos que definen cómo manejar esos datos para fines específicos.

más herramientas de apoyo, algunas que incluso prometen dejar listo el vídeo inmediatamente después de digitalizarlo, pero en realidad no es fácil hacerlo, ya que cada sistema de cómputo tiene restricciones específicas, ya que no es lo mismo preparar vídeo para un kiosco multimedia de los que cada vez son más comunes en museos y centros comerciales que prepararlo para una aplicación multimedia diseñada para almacenarse en un disco compacto. Las restricciones las determina principalmente el hardware, ya que en el caso de un kiosco, el vídeo normalmente está almacenado en discos duros de gran capacidad y velocidad (sin mencionar el alto precio), y en una aplicación multimedia planeada para ser distribuida entre usuarios que cuenten con una computadora casera, el vídeo será almacenado en discos compactos, ya que es el mejor medio de distribución masiva por su relación costo/beneficio. Aunque un disco compacto es capaz de almacenar 650 Mb. y ser leído casi tan rápidamente como un disco duro, esto no es en todos los casos, ya que sólo los modelos de lectores más recientes alcanzan una velocidad de lectura similar a la de los discos duros, esto quiere decir que hay una gran cantidad de usuarios con lectores que no son tan rápidos, por lo tanto al preparar vídeo digital, se tiene que tomar en cuenta que no será posible ser leído a la misma velocidad por todos los usuarios a los que se pretende hacer llegar la aplicación, lo que implica poner un límite máximo a la velocidad con la que el vídeo deberá ser leído.

El espacio que requiere el vídeo digital para su almacenamiento es otro factor que hay que tomar en cuenta, ya que el vídeo consume mucha memoria para su almacenamiento que depende del tamaño de la región en donde será proyectado, pues un vídeo diseñado para ser desplegado en pantalla completa ocupa más que uno diseñado para un cuarto

de pantalla. También influyen en la memoria necesaria el número de colores que se usarán, cuantos cuadros por segundo se guardarán y de cuanto tiempo es la duración del vídeo. La siguiente fórmula permite obtener la cantidad de memoria requerida para almacenar vídeo digital:

$$M = A \cdot L \cdot \text{CPS} \cdot D \cdot \text{BPP}$$

donde:

- M = Memoria requerida (en bytes).
- A = Alto del vídeo (en píxeles o puntos).
- L = Largo del vídeo (en píxeles o puntos).
- CPS = Cuadros por segundo.
- D = Duración del vídeo (en segundos).
- BPP = Bytes por pixel necesarios para el color.

Los bytes por pixel necesarios para guardar el color se obtienen al dividir entre 8 la potencia de 2 necesaria para alcanzar el número de colores deseado. Por ejemplo tomemos el caso más simple, el de un solo punto en la pantalla, si usamos un bit de memoria para guardar su color, solo podremos usar dos colores, si usamos dos bits podremos usar hasta 4 colores diferentes, si usamos 3 serán  $2^3 = 8$  colores, si usamos 8 bits ( $8/8 = 1$  byte) tendremos  $2^8 = 256$  colores, si usamos 16 bits ( $16/8 = 2$  bytes) tendremos  $2^{16} = 65,536$  colores y si usamos 24 bits ( $24/8 = 3$  bytes) tendremos  $2^{24} = 16,777,216$  colores diferentes para usar.

---

^ Un bit (del inglés BINARY digiT) es la unidad mínima de información, sólo puede tomar dos valores: 0 y 1. A un conjunto de 8 bits se le llama byte y este puede representar hasta 256 ( $2^8$ ) valores.

Ahora si queremos guardar 1 minuto de video con una dimensión de 640 x 480 pixeles, a 30 cuadros por segundo a millones de colores necesitaremos:

$$M = 640 \cdot 480 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 3 = 1,658,880,000$$

es decir 1582.03125 Megabytes (1 Megabyte = 1024 Kbytes = 1,048,576 Bytes) casi la capacidad de 2 discos compactos y medio, sólo para almacenar un minuto de video.

La cantidad de memoria necesaria para almacenar el video determina la velocidad de transferencia necesaria para leerlo, entre más sea la cantidad de memoria necesaria para guardar un cuadro de video, más tiempo se tardará en leerse, si no es leído lo suficientemente rápido, se corre el peligro de que el video no se vea con el desplazamiento adecuado, y se vería con saltos. Volvemos a la limitante del hardware en cuanto a su límite de velocidad de lectura. Como puede apreciarse, éste es un círculo en dónde todo está relacionado directamente entre sí.

#### Vídeo digital y compresores-decompresores de vídeo (CODECs)

Al digitalizar una película se tienen que tomar en cuenta tanto el hardware como el software, ya que la elección del primero es fundamental para digitalizar el video, que se realiza mediante una tarjeta de video que lo traduce en un formato de video digital. La importancia del software se debe a que existen diferentes algoritmos de compresión de

vídeo llamados CODECs<sup>3</sup>, y es necesario utilizar el más adecuado para cada tipo de vídeo y de sistema de cómputo.

Comprimir el vídeo es un proceso que mediante un algoritmo, cada imagen (cuadro) de que está compuesto el vídeo es analizada en su contenido y transformada para reducir su requerimiento de memoria, y mediante el algoritmo inverso poder transformar de regreso la imagen reducida hacia la imagen original y presentarla al momento de proyectar el vídeo.

Hay varios algoritmos de compresión de vídeo disponibles en el mercado, algunos ofrecen una gran compresión pero pérdida de calidad o son muy lentos, otros son rápidos pero no comprimen en muchos casos lo suficiente el vídeo, hay ciertos algoritmos que soportan diferenciación de cuadros, esto es, que si encuentran varios cuadros iguales, solo guardan uno y la información de cuantas veces repetirlo en la proyección (usado en el caso de una imagen fija como un paisaje), o también guardan la información repetida en cada cuadro una sola vez y la parte variable por separado (como es el caso de una persona hablando, la persona es guardada sólo una vez, mientras que el movimiento de su boca, que es la parte variable, es guardada por separado). Estos algoritmos ofrecen gran compresión y calidad así como velocidad de descompresión. Uno de los procesos más comunes para comprimir una imagen es formar bloques de píxeles (generalmente en múltiplos de 4) y analizar su contenido, si todos contienen el mismo color, sólo se guarda la información necesaria para desplegar ese color en todo el

---

<sup>3</sup> El nombre CODEC proviene del inglés C**o**mpress D**E**compress.

bloque, si el color varía entre los píxeles, se guarda el color más representativo del bloque.

En este análisis se consideran cuatro de los CODECs más comunes para comprimir vídeo:

CODEC 1: Photo JPEG

CODEC 2: Video

CODEC 3: Cinepack y

CODEC 4: Graphics

Cuando se comprime el vídeo se resuelven los problemas de tamaño y de velocidad de transferencia, ya que el vídeo comprimido es varias veces menor al vídeo sin comprimir, y al ser menos información, puede ser leída en menor tiempo, aunque ahora esta velocidad se ve afectada por la rapidez del CODEC para descomprimir cada cuadro antes de leer el siguiente.

En la figura 1 se muestra una gráfica comparativa en dónde se aprecia la diferencia de memoria necesaria para guardar 4 minutos de vídeo comprimido con cada uno de los 4 CODECs propuestos, así como la memoria necesaria para guardar el mismo tiempo de vídeo sin compresión.

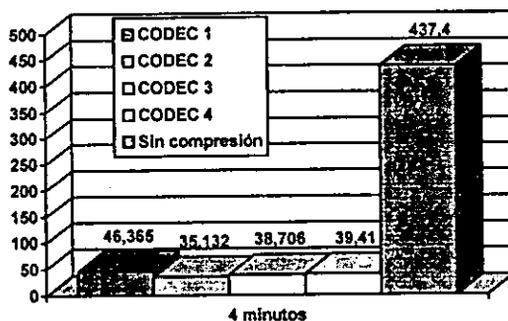


Figura 1. Mb. necesarios para guardar 4 minutos de video.

La gráfica de la figura 1 proporciona una gran idea de la diferencia en la memoria necesaria para guardar video comprimido y no comprimido, en la figura 2 se muestran sólo las barras correspondientes a los cuatro CODECs, para que se aprecie con más detalle la diferencia entre ellos.

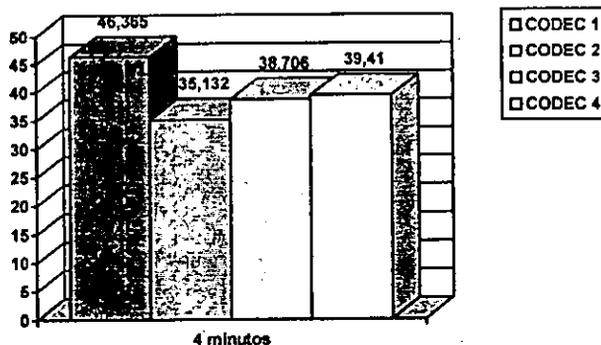


Figura 2. Mb. necesarios para guardar 4 minutos de video  
(detalle)

La reducción significativa en la memoria necesaria para guardar el video resuelve el problema de almacenamiento y en gran parte el de velocidad de transferencia, pero al comprimir el video éste pierde calidad en mayor o menor escala debido a diferentes causas. Algunos CODECs descartan cierta información al comprimir video por no considerarla *primordialmente necesaria*, por lo que al descomprimir el video y presentarlo, este varia del original, aunque esta variación sea poco perceptible. Otros CODECs eliminan la mínima información posible para que al descomprimirla se muestre lo más parecida posible a la original, pero no son muy rápidos, lo que ocasiona que la lectura sea lenta.

Aunque se resolvieron dos problemas fundamentales ahora hay otros factores a considerar para incorporar video de manera eficiente en un sistema de cómputo. La siguiente sección describe las principales variables que intervienen en la compresión de video.

#### Variables que intervienen en el problema

Son muchas las variables que intervienen en el proceso para comprimir video, en esta investigación sólo se tomarán

en cuenta las que más influyen al comprimir video, estas variables se han catalogado como independientes y dependientes, las independientes son las que se pueden controlar, mientras las dependientes están en función de una, varias o todas las variables independientes. Las variables a considerar son:

### VARIABLES INDEPENDIENTES

**Duración.** El tiempo que dura un video (se manejará en minutos a lo largo de la investigación).

**CODEC.** Del inglés COMPRESS DECOMPRESS; Algoritmo que se utiliza para comprimir video digital para reducir el tamaño de almacenamiento y descomprimirlo cuando sea requerido.

**Nivel de**

**compresión.** Una medida para variar la compresión de cada imagen del video, usualmente es un valor de 1 a 100% dependiendo del software usado para comprimir el video. La calidad de la imagen está definida en gran medida por esta variable: a menor compresión mejor calidad, pero mayor tamaño. Entre mayor sea este valor, mayor calidad conservarán las imágenes del video al digitalizarse y/o comprimirse, aunque también mayor será el requerimiento de memoria para guardarse.

CPS. CPS son las siglas de Cuadros Por Segundo, esto es, cuantas imágenes serán desplegadas cada segundo en el video. Actualmente el estándar en televisión es de 29.7 CPS. Para usos en Multimedia el video digital se usa con buenos resultados desde 9 hasta 30 CPS, dependiendo del hardware utilizado. Entre más CPS se usen, el movimiento de las figuras del video será más suave, usar pocos cuadros por el contrario, podrá ocasionar que el video se vea con saltos, muy al estilo del cine antiguo.

Audio. El audio de un video puede ser guardado en 1 o varios tracks independientes, que podrían ser usados para guardar la música en uno, los efectos especiales en otro, y la voz en un tercero, o más usualmente con el fin de hacer videos que contengan sonido en varios idiomas, para que el usuario seleccione el que quiera. El audio influye en el tamaño de una película digital en forma variable, dependiendo de la calidad con que sea grabado, usualmente se usan 5.5 , 11, 22 ó 44 Khz, siendo esta última la calidad de un CD de música.

## Variables dependientes

### Memoria

necesaria. La cantidad de memoria necesaria para almacenar vídeo depende de todas las variables independientes antes mencionadas, ya que es de suponerse, que a mayor calidad deseada se requiere guardar una mayor cantidad de información y viceversa.

### Calidad de

la imagen. La calidad de la imagen depende de dos factores principalmente (la calidad del vídeo *frente* no se toma en cuenta en este estudio); El CODEC que se utiliza es determinante, ya que algunos son para imágenes producidas por computadora (animaciones, etc.), otros se hicieron para imágenes fijas (utilizarlos en vídeo no es recomendado) y hay otros que fueron hechos para comprimir vídeo que proviene de fuentes análogas como videocaseteras o LaserDiscs (tomando en cuenta que aunque el LaserDisc reproduce imagen guardada en forma digital, al pasar por cables RFC hacia la tarjeta de vídeo se transforma el vídeo a forma análoga). Aunque la calidad de imagen es subjetiva, son notorios los extremos: una imagen se puede ver bien o se puede ver mal. Otro factor del que depende la calidad de la imagen, es el valor que se utiliza en el nivel de compresión, explicada anteriormente, ya que mientras más grande sea el valor, más calidad conserva la imagen.

Velocidad de

transferencia. Una de las variables más importantes es precisamente la velocidad de transferencia que necesita un vídeo digital para ser desplegado, esta velocidad (promedio) se puede calcular en forma sencilla dividiendo el tamaño del archivo que contiene el vídeo entre la duración (segundos):

$$\frac{\text{tamaño (Kb)}}{\text{tiempo (seg)}}$$

Existe software capaz de mostrar la velocidad de transferencia necesaria en cada cuadro de un vídeo, y así es posible localizar el punto máximo que alcanza dicha velocidad, que deberá ser la mínima velocidad necesaria que debe soportar el medio desde el que es reproducido el vídeo (disco duro, CD-ROM, etc.). Un vídeo sin compresión ofrece calidad, pero necesita más velocidad de transferencia, al usar un CODEC, aunque baja la calidad del vídeo, si es elegido el CODEC adecuado, el vídeo puede ser reproducido desde un CD-ROM de doble velocidad (2X, que permite transferir 300 Kb/seg) o incluso desde uno de velocidad sencilla (150 Kb/seg). La primera pregunta es ¿de dónde va a ser reproducido el vídeo?, si es de disco duro (HD) no hay tanto problema, ya que la mayoría de los usados en la actualidad ofrecen una transferencia de información hasta de más de 1 Mb/seg. Si el vídeo va a reproducirse

desde un CD-ROM (comúnmente, por la gran cantidad de espacio que se ocupa), comienza un problema: con el fin de minimizar la velocidad de transferencia ¿qué CODEC, tamaño de ventana, calidad y CPS utilizar?.

**Desplazamiento.** El desplazamiento que tiene un video es que tan suave se ve, por ejemplo, las imágenes actuales de televisión son suaves, mientras que una película de principios del siglo XX no lo es, ya que el desplazamiento se ve *cortado*. Un video de buena calidad tiene que verse con un buen desplazamiento. El desplazamiento depende principalmente de tres factores: el CODEC utilizado al comprimir el video, los CPS con que ha sido guardado, y la calidad del audio. El CODEC influye ya que algunos descomprimen más lento que la velocidad necesaria para la reproducción del video, lo que ocasiona perder algunos cuadros, ocasionando una proyección con saltos; Los CPS son un factor determinante, ya que entre más sean más suave será la percepción del movimiento de la imagen por el ojo humano, si son pocos, ocasionará saltos, pero hay que tener cuidado, si se guarda un video con demasiados CPS el tamaño del video será tan grande, que no podrá ser reproducido (o incluso digitalizado) con un equipo normal, y no tiene caso, ya que más de 30 CPS no son captados por el ojo humano, ocasionando un desperdicio. El último factor que influye es la calidad del audio, ya que si

es grabado con alta calidad, aumenta el tamaño del archivo, haciendo que requiera mayor velocidad de transferencia, que si sobrepasa el límite del medio de reproducción (HD o CD-ROM) también ocasionará una imagen con saltos, ya que al no poder transferir toda la información se pierden algunos cuadros en la reproducción.

#### Tabla de dependencia entre variables

En la sección anterior se explica cada una de las variables que influyen en el proceso de comprimir vídeo. Para facilitar la comprensión de la dependencia de las variables, a continuación se presenta una tabla con las variables y sus interrelaciones. El símbolo ✓ denota dependencia.

Depend. Indep.	Memoria Necesaria	Calidad de la imagen	Velocidad de transferencia	Desplazamiento
Duración	✓			
CODEC	✓	✓	✓	✓
Niv. Comp.	✓	✓	✓	
CPS	✓		✓	✓
Audio	✓		✓	✓

La variable independiente de mayor importancia

En la sección anterior se presentó una tabla que permite ver fácilmente la relación de dependencia entre las variables que afectan el proceso de comprimir vídeo. Las variables que se pueden modificar son las independientes, entonces hay que ver cuál es la más importante de estas para tomarla como eje y probarla con varios valores, para estimar valores de las variables dependientes de ésta, y así poder decidir con cuál de los valores asignados a la variable independiente más importante nos conviene realizar el proceso.

Para elegir a la variable más importante se seleccionó la que más dependencia causa. Es fácil ver que las cuatro variables dependientes dependen (todas ellas) de la variable CODEC, por lo que se tomará a esta variable como columna vertebral para estimar los valores de las variables dependientes, que serán necesarios para tomar una decisión de con que CODEC se debe comprimir el vídeo.

Al haber seleccionado a la variable CODEC, las otras tres variables independientes (excluida obviamente la duración) tomarán valores predeterminados:

Nivel de compresión: el mayor valor que permita el CODEC, para asegurar la mejor calidad de imagen.

CPS : 10

Audio : 11 Khz, 8 bits, stereo.

### Restricciones del problema

Como todo problema, éste se encuentra sujeto a restricciones, principalmente del espacio disponible para almacenamiento y la velocidad de lectura. Para esta investigación se toma como base que el vídeo será almacenado en un CD-ROM. Descontando el espacio para otra información que será guardada como el programa y bases de datos, se reservarán 615 Mb para almacenar 55 minutos de vídeo. El lector CD-ROM mínimo recomendado es uno de doble velocidad (2X), que puede transferir hasta 300 Kb/Seg., aunque debido a otros factores, como la velocidad de acceso del lector de CD-ROM a los archivos, es recomendado considerar únicamente entre el 75 y el 80% de la velocidad que el lector soporte, en este caso se establecerá la velocidad máxima permitida de transferencia en 240 Kb/Seg., esto quiere decir que no es recomendable que el vídeo pueda requerir una mayor velocidad de transferencia. Se guardarán 10 cuadros por segundo. Por último el tamaño de la ventana o el espacio dónde se desplegará el vídeo se había pensado originalmente en 300 por 225, pero como algunos CODECs comprimen mejor el vídeo si este es guardado con un tamaño que sea múltiplo de 4, por eso se guardará a un tamaño de 288 x 216 pixeles, que es el

siguiente valor hacia abajo que conserva la relación 4:3 de las dimensiones de la imagen, y tanto el alto y ancho son múltiplos de 4.

## CAPÍTULO 2

### MÉTODO PARA SELECCIONAR EL CODEC ADECUADO

#### La incertidumbre del problema

Dentro de la teoría de decisiones se proporciona una forma útil para clasificar los modelos para la toma de decisiones. La *toma de decisiones* normalmente es usada como un sinónimo de *selección*, ya que una vez definido el problema y que se tienen los datos que influyen en los cursos de acción alternativos que se han identificado, la tarea es seleccionar la mejor alternativa. La teoría de decisiones dice que la tarea de hacer una selección podrá clasificarse en una de las cuatro categorías generales: *certidumbre*, *riesgo*, *incertidumbre* o *conflicto*.

La toma de decisiones bajo *certidumbre* es cuando es posible predecir con certeza las consecuencias o resultados obtenidos de cada una de las alternativas disponibles, un ejemplo cotidiano es por ejemplo, elegir un lugar en dónde comer, ya que es posible saber cuanto dinero cuesta comer en

cada lugar, si la decisión depende del factor costo solamente, es sencillo seleccionar un restaurante. La mayoría de las decisiones que tomamos a diario caen dentro de esta clasificación, la cuál parece resolverse de manera sencilla, pero retomando el ejemplo, si la selección del restaurante depende de la calidad de los alimentos, valor nutricional, calidad del servicio y otros factores se deseen considerar, la selección ya no es tan directa, aunque básicamente la tarea de seleccionar la mejor alternativa sigue siendo evaluar cada una de las disponibles y seleccionar la que se prefiera.

Otra clasificación de toma de decisiones es a la que se conoce como *toma de decisiones bajo riesgo*, que es la que incluye a las decisiones cuyas consecuencias de acción o resultados dependen de algún evento aleatorio, y las probabilidades de ocurrencia de esos eventos pueden ser determinadas. Esta toma de decisiones la ven a diario los comerciantes, cuando tienen que decidir cuanta mercancía tienen que tener en su inventario para vender. Entre más mercancía tengan es más probable que todos los clientes encuentren lo que quieren comprar, pero también es más probable que queden cantidades considerables sin vender, muchas veces puede tratarse de mercancía con caducidad y sin valor de recuperación. En base a la experiencia de ventas

pasadas es posible determinar probabilidades de vender una cierta cantidad de artículos en un periodo determinado. Con estos datos es posible calcular el *valor esperado* de cada alternativa disponible, que es el promedio a largo plazo. Una vez calculado el valor esperado para cada alternativa, debe entonces elegirse la alternativa con el pago promedio (valor esperado) más alto. Pago debe entenderse como el resultado preferido, el pago más alto puede ser tanto la mayor ganancia como la menor pérdida.

La siguiente clasificación es la *toma de decisiones bajo incertidumbre*. Esta categoría es muy parecida a la toma de decisiones bajo riesgo, con una diferencia importante: no es posible determinar las probabilidades de los eventos que influyen en los resultados de cada alternativa disponible y por lo tanto no es posible saber tampoco que tan posibles son las diferentes consecuencias o resultados. En este caso lo primero es tratar de reducir la incertidumbre obteniendo mayor información del problema, aunque esto no siempre es posible.

Para resolver este tipo de problemas se hace uso de conceptos filosóficos y de experiencia, normalmente son usados los criterios maximin y maximax, el primero es usado cuando se prefiere un enfoque pesimista, al elegir el mejor

de los pagos menores esperados, el segundo criterio es para un enfoque optimista, es decir, se selecciona el mayor de los mejores pagos esperados. Estos criterios son los dos extremos, pero existe otro criterio llamado de *la razón suficiente*, en dónde se convierte el problema a uno de riesgo asignando probabilidades de ocurrencia iguales a los eventos que influyen en las alternativas. Otro criterio usado se basa en la experiencia del decisor, en donde éste usa su propia experiencia para pronosticar los resultados. Esta categoría de toma de decisiones es muy común.

La última de las categorías de toma de decisiones es la llamada *bajo conflicto*. En esta categoría caen aquellos problemas de incertidumbre en dónde hay uno o varios oponentes. Ahora las probabilidades de los eventos que determinan el resultado de cada alternativa no sólo se desconocen, sino que también están influenciados por el otro o los otros oponentes, que también tienen como meta obtener el mejor de los pagos posibles. Un ejemplo típico es la competencia entre diferentes compañías por dominar el mercado de un producto o servicio. En la teoría esta competencia se conoce como *juego*, y la *teoría de juegos* es la rama de las matemáticas que estudia y describe hasta donde es posible, la manera óptima de desarrollar un juego.

Esta teoría se debe a Von Newman<sup>4</sup> y a Morgenstern y aparece en 1944.

Una vez descritas las diferentes categorías de la toma de decisiones es posible observar que el problema de seleccionar el CODEC adecuado para optimizar la calidad del vídeo sujeto a las restricciones señaladas no es un problema que caiga en la categoría de certidumbre, ya que no hay una manera directa de conocer el resultado óptimo, pues no todas las variables que influyen en el resultado son cuantitativas, por ejemplo, la *calidad de la imagen* y la *calidad de desplazamiento* son variables cualitativas y de alguna manera subjetivas, y alejan la posibilidad de usar algún método matemático para predecir sus resultados. Tampoco es posible obtener probabilidades de ocurrencia para los eventos de los cuales depende el resultado de cada alternativa, ya que estos eventos no son del tipo aleatorio como *¿qué tan posible es que ocurra...?*. Todos los eventos que influyen en las alternativas de este estudio tienen que ocurrir forzosamente, ya que, por ejemplo, la memoria necesaria para almacenar el vídeo tiene que tener algún valor evidentemente, así como la velocidad de transferencia

---

<sup>4</sup> Para mayor información consultar *Theory of Games and Economic Behavior*, de Von Newman y Morgenstern, Princeton University Press, 1953.

resultante. Tampoco hay competencia con ningún oponente, por lo tanto tampoco es un problema que caiga en la categoría de toma de decisiones *bajo conflicto*.

El problema de la selección del CODEC entra en la categoría de incertidumbre, ya que aunque es posible estimar los valores de las variables independientes, estos deben ser evaluados en base a un criterio más apegado a la experiencia, que apoyado por los criterios de esta categoría, garantizan un resultado muy confiable.

Una situación bajo incertidumbre se caracteriza principalmente por contener estados de naturaleza (que influyen en el pago resultante de cada alternativa disponible) para los cuales no existe o puede determinarse su probabilidad de ocurrencia, por lo cual hay que recurrir a conceptos filosóficos y si es posible de experiencia para poder elegir la mejor alternativa, o en su caso, la que menos costos ocasione. Otra característica de estas situaciones es el no poder trabajar con la totalidad de las alternativas, en este caso, no se podía haber evaluado todos los CODECs, por no contar con todos los disponibles en el mercado, y por el costo que esto acarrearía.

#### Criterios para analizar un problema bajo incertidumbre

Para elegir la mejor alternativa en una situación bajo incertidumbre se utilizan criterios filosóficos basados en

las teorías de Wald, Hurwicz, Savage y Laplace. A continuación se explica brevemente y de manera concreta cada una de ellas.

### Wald

Su criterio se basa en el pesimismo y dice *"Las personas que toman decisiones deben esperar que la naturaleza sea malévola, es decir, que les proporcionen los peores resultados que sean posibles en el momento de la elección de alternativas"*. Propone el criterio MAXIMIN, esto es, seleccionar el mejor de los peores resultados posibles.

### Hurwicz

A diferencia del criterio de Wald, Hurwicz se basa en el optimismo y plantea las siguientes preguntas: ¿por qué esperar los peores resultados?, ¿por qué creer que la naturaleza es malévola?, ¿por qué actuar en forma pesimista?; *"La persona debe actuar en forma optimista e impregnar a la decisión de este optimismo mediante cierto coeficiente de optimismo"*. El coeficiente de optimismo puede ser cualquier valor entre 0 y 1, siendo el valor 1 el mayor valor de optimismo. Al usar este criterio hay que obtener un valor esperado. Primero deben encontrarse la máxima y la mínima ganancia por alternativa, la primera se multiplica por el coeficiente de optimismo elegido y se suma al producto de la segunda por el coeficiente de pesimismo (1 menos el coeficiente de optimismo). El resultado será el valor esperado para esa alternativa, Se procede de igual manera con las demás alternativas y al final

se elige la alternativa con el mejor valor esperado, es decir, el mejor pago.

Este criterio es muy eficaz cuando el decisor tiene experiencia en el área del problema, ya que puede proponer un coeficiente de optimismo muy real.

### Savage

Este criterio se conoce como *de arrepentimientos o aflicciones*, se basa en escoger la alternativa que tenga el mínimo arrepentimiento, esto es, obtener la diferencia del pago de una alternativa con el valor de la alternativa que ofrezca el mejor valor en un estado de naturaleza, para lo cuál, como decisor, hay que plantearse la siguiente pregunta: *¿Que es lo que se obtiene y que es lo que se pudo haber obtenido?*. Normalmente en los problemas reales no hay una alternativa que sea la mejor en todos los aspectos, puede tener grandes ventajas en un aspecto pero desventajas en todos los demás. Este criterio analiza los arrepentimientos que podría tener el decisor al seleccionar una alternativa.

### Laplace

Su criterio es conocido como el *Principio de la razón suficiente*, basado en que si no se conocen las probabilidades de los estados de naturaleza, es posible aplicar el principio de la razón suficiente, es decir, que todos los estados de naturaleza tienen la misma probabilidad de ocurrencia. Con esto es posible obtener un valor esperado por alternativa, y así seleccionar la que arroje el mejor pago esperado.

## Definición de alternativas disponibles

Para realizar la selección de la mejor alternativa en cualquier problema hay que tener enumeradas claramente las alternativas disponibles. En el capítulo 1 se ha justificado por qué el CODEC es la variable independiente más importante en este problema, de él dependen todas las variables dependientes que se analizan en el problema, por lo tanto, la selección del CODEC adecuado nos proporcionará el mejor resultado. Cada uno de los CODECs disponibles representa una alternativa, por consiguiente tenemos cuatro alternativas:

- Alternativa 1: usar el CODEC *Photo JPEG*.
- Alternativa 2: usar el CODEC *Video*.
- Alternativa 3: usar el CODEC *Cinepack*.
- Alternativa 4: usar el CODEC *Graphics*.

Las variables dependientes en función de las alternativas.

Al optar por una alternativa en particular, las variables dependientes del problema se ven alteradas por esta decisión: la memoria necesaria, la velocidad de transferencia, la calidad de imagen y el desplazamiento dependen del CODEC elegido, el decisor no puede controlar

estos resultados, aunque es posible estimarlos. Al ser posible estimar los resultados que se pueden presentar al elegir cada alternativa, es posible analizar estos resultados en conjunto para saber qué alternativa producirá el mejor conjunto de resultados, es decir, la alternativa que produzca el mejor resultado en cada una de las variables dependientes, o en la mayoría de ellas. A las variables dependientes podemos asociarlas con los estados de naturaleza o estados del mundo, término que en la teoría de decisiones se aplica a "los eventos que reflejan lo que puede ocurrir si se opta por las diferentes alternativas"<sup>5</sup>.

#### Construcción de una matriz de pagos

La matriz de pagos también conocida como tabla de pagos, es usada para organizar la información disponible en situaciones en las que es necesario elegir una sola alternativa de un conjunto de estas.

Cada alternativa representa un curso de acción, y para cada curso de acción existe una consecuencia o resultado relacionado con cada estado de naturaleza (variables dependientes). Las alternativas (CODECs) forman los renglones de la matriz, los estados de naturaleza (variables dependientes) serán las columnas, como se muestra en la

---

<sup>5</sup> Charles A. Gallagher y Hug J. Watson. *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración*, p.66

Tabla 1. Los resultados generados por la interacción de cada renglón con cada columna serán los elementos de la matriz.

		Estados de naturaleza			
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	...	E <sub>m</sub>
Alternativas de decisión	A <sub>1</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	...	X <sub>1m</sub>
	A <sub>2</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	...	X <sub>2m</sub>
	...	...	...	...	
	A <sub>n</sub>	X <sub>n1</sub>	X <sub>n2</sub>	...	X <sub>nm</sub>

Tabla 1. Estructura general de una matriz de pagos

#### Recopilación de información y predicción de resultados

Una vez que se ha diseñado la matriz de pagos, el siguiente paso consiste en asignar valores a cada uno de los elementos de la matriz. Esto requiere estimar los valores que tomarán las variables dependientes al usar cada uno de los CODECs. Es necesario estimar dichos valores, ya que no es posible conocerlos antes de comprimir el video, de hecho, de tener los valores no sería necesaria gran parte de este análisis. Lo que se recomienda es juntar toda la información posible de videos disponibles ya comprimidos con los CODECs alternativos. La información que es más útil es la duración del video, el tamaño del archivo en que está almacenado (memoria necesaria), la velocidad promedio de transferencia

así como la velocidad de transferencia mínima y máxima así una evaluación objetiva de la calidad de desplazamiento y calidad de imagen, y lo más importante desde luego, es saber con qué CODEC se comprimió el vídeo. De no contar con esta información es recomendado comprimir videos de diferente duración con los diferentes CODECs, estos videos deberán tener características semejantes al que se pretende comprimir, aunque la duración necesariamente tendrá que ser más corta, ya que como se ha explicado previamente, en la mayoría de los casos no es posible analizar varios videos de gran duración por el costo que esto acarrea.

Con esta información será posible estimar los valores necesarios para formar la matriz de pagos, pues esta información será posible realizar estimaciones utilizando métodos estadísticos como la regresión y correlación. En el siguiente capítulo lo anterior será ejemplificado con detalle.

## Asignación de preferencias a las alternativas disponibles

El análisis de una matriz de pagos requiere que todos sus elementos se encuentren expresados en la misma unidad para poder realizar las operaciones necesarias. La matriz diseñada para este análisis contiene diferentes tipos de información en sus columnas, la velocidad está medida en Kb/seg., la memoria necesaria puede ser expresada en Kb. o Mb. y tanto la calidad del desplazamiento como la calidad de la imagen toman valores que no es posible expresar en cantidad: buena calidad o mala calidad.

Es posible solucionar este problema asignando valores de preferencia a cada una de las alternativas. Como decisor se tiene la libertad de hacerlo, aunque es claro que la asignación de preferencias debe realizarse de manera objetiva. La asignación de preferencias más sencilla es indicar con un valor consecutivo la preferencia hacia las diferentes alternativas, así entonces, al asignar un valor alto a una alternativa, se indicará mayor preferencia por ésta que por la que reciba un valor más bajo. Cuando se cuente con los valores estimados de cada valor de la matriz de pagos será posible asignar estas preferencias, ya que podemos darnos cuenta que velocidad de transferencia nos

conviene de las estimaciones obtenidas de cada CODEC, o que CODEC produce un archivo más pequeño y cuál conserva más la calidad de la imagen y el desplazamiento.

### Evaluación de las alternativas disponibles

En esta sección se describe como aplicar cada uno de los criterios mencionados con anterioridad para analizar problemas bajo incertidumbre y seleccionar de un conjunto de alternativas la que sea conveniente.

Una vez construida la matriz de pagos apropiada, es posible analizarla de acuerdo a cada uno de los criterios. Como se ha mencionado, existen cuatro criterios para analizar este tipo de problemas: Wald, Hurwicz, Savage y Laplace. La mejor manera de comprender estos criterios es con un ejemplo, así pues, supongamos que queremos seleccionar la alternativa que proporcione el valor más alto de una matriz de pagos que está compuesta por tres alternativas y tres estados de naturaleza como la que es mostrada a continuación:

Alts.	Estados de Naturaleza		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	50	30	25
A <sub>2</sub>	20	40	60
A <sub>3</sub>	30	70	10

Ahora se presentará el procedimiento para analizar esta matriz siguiendo cada uno de los cuatro criterios.

#### Aplicando el criterio de Wald

Si deseamos seleccionar la mejor alternativa utilizando el criterio de Wald, que propone el criterio MAXIMIN, tenemos que obtener en principio los valores que arrojen la máxima pérdida o la mínima ganancia para cada alternativa, y de esos valores elegir el que más convenga. En la matriz de pagos se puede observar que para la alternativa 1 (A<sub>1</sub>) es posible obtener valores de 50, 30 y 25, dependiendo de los estados de naturaleza, siendo el peor caso que puede presentarse obtener el valor 25. El peor valor que pueden obtener las alternativas 2 (A<sub>2</sub>) y 3 (A<sub>3</sub>) son 20 y 10 respectivamente, así pues es conveniente agregar una columna a nuestra matriz, dónde indiquemos la máxima pérdida (o mínima ganancia) por alternativa:

Alts.	Estados de Naturaleza			Máxima
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	pérdida
A <sub>1</sub>	50	30	25	25
A <sub>2</sub>	20	40	60	20
A <sub>3</sub>	30	70	10	10

Si como Wald, suponemos que la naturaleza es malévola y obtenemos los peores resultados por alternativa, lo mejor es elegir aquella alternativa que arroje el valor más alto de los valores más bajos que pudieran presentarse, es decir, el mayor de 25, 20 o 10. Por lo tanto es conveniente elegir la alternativa 1 (A<sub>1</sub>) que nos daría una ganancia de 25 en el caso de que se obtuvieran los peores resultados por alternativa.

#### Aplicando el criterio de Hurwicz

Si analizamos la matriz con el criterio de Hurwicz es necesario como en el caso de Wald, encontrar la máxima pérdida por alternativa, pero ahora también es necesario encontrar la mínima pérdida por alternativa. Aumentemos entonces dos columnas a nuestra matriz de pagos original,

una para escribir la máximas pérdidas por alternativa y otra para escribir la mínimas pérdidas por alternativa:

Alts.	Estados de Naturaleza			Máxima pérdida	Mínima pérdida
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>		
A <sub>1</sub>	50	30	25	25	50
A <sub>2</sub>	20	40	60	20	60
A <sub>3</sub>	30	70	10	10	70

Para seleccionar la mejor alternativa usando el método de Hurwicz es necesario asignar un valor al coeficiente de optimismo ( $\alpha$ ), que depende de la experiencia y optimismo del decisor. Supongamos que en este caso el coeficiente de optimismo es de .70, entonces podemos obtener un valor esperado por alternativa de la siguiente manera:

$$VE(A_n) = (\text{Max}P_n \cdot (1-\alpha)) + (\text{Min}P_n \cdot \alpha)$$

en donde:

$VE(A_n)$ : Indica el valor esperado para la alternativa  $n$ .

$\text{Max}P_n$ : La máxima pérdida de la alternativa  $n$ .

$\text{Min}P_n$ : La mínima pérdida de la alternativa  $n$ .

$\alpha$ : El coeficiente de optimismo.

Obteniendo el valor esperado para cada una de las alternativas tenemos:

$$VE(A_1) = 25(.3) + 50(.7) = 42.5$$

$$VE(A_2) = 20(.3) + 60(.7) = 48$$

$$VE(A_3) = 10(.3) + 70(.7) = 52$$

Por lo tanto siguiendo el criterio de Hurwicz nos conviene elegir la alternativa 3 ( $A_3$ ), que nos ofrece un valor esperado más alto.

#### Aplicando el criterio de Savage

El procedimiento para analizar la matriz de pagos utilizando el criterio de Savage es menos sencillo que los anteriores:

Como primer paso hay que localizar los mejores pagos por estado de naturaleza. Lo más común es que cada alternativa arroje valores diferentes al interactuar con un estado de naturaleza, la finalidad de este paso es que el decisor este consciente de cuál alternativa arroja el mejor pago en cada estado de naturaleza. En la siguiente matriz se muestran

resaltados los mejores pagos por estado de naturaleza de la matriz de pagos del ejemplo.

Alts.	Estados de Naturaleza		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	50	30	25
A <sub>2</sub>	20	40	60
A <sub>3</sub>	30	70	10

El siguiente paso es hacerse la pregunta: ¿Que es lo que obtengo y que es lo que pude haber obtenido?, por ejemplo, supongamos que a priori elegimos la alternativa 2 (A<sub>2</sub>), entonces tenemos que en el estado 1 (E<sub>1</sub>) obtenemos un pago de 20, pero de haber elegido la alternativa 1 (A<sub>1</sub>) hubiéramos obtenido un pago de 50, esto significa una pérdida de 30 (llamado en este criterio arrepentimiento). En el estado 2 (E<sub>2</sub>) obtenemos un pago de 40, pero de haber elegido la alternativa 3 (A<sub>3</sub>) hubiéramos obtenido un pago de 70, lo que indica un arrepentimiento de 30. Finalmente en el estado 3 (E<sub>3</sub>) de elegir la alternativa 2 (A<sub>2</sub>) obtenemos un pago de 60, que como es el más alto de ese estado nuestro arrepentimiento es 0.

La siguiente matriz muestra una nueva matriz de pagos ahora con los valores de arrepentimiento de cada una de las

alternativas, que han sido obtenidos de manera análoga que para la alternativa 2 ( $A_2$ ) que se explicó en el párrafo anterior:

Alts.	Estados de Naturaleza		
	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$A_1$	0	40	35
$A_2$	30	30	0
$A_3$	20	0	50

El siguiente paso es agregar una nueva columna a la matriz para indicar los *máximos arrepentimientos* de cada alternativa, que será el valor más alto por renglón:

Alts.	Estados de Naturaleza			Máximo
	$E_1$	$E_2$	$E_3$	arrep.
$A_1$	0	40	35	40
$A_2$	30	30	0	30
$A_3$	20	0	50	50

El último paso es localizar el más pequeño de los *máximos arrepentimientos*, en este caso 30, que pertenece a la alternativa 2 ( $A_2$ ), por lo tanto, aplicando el criterio de Savage nos conviene elegir la alternativa 2 ( $A_2$ ). Esto

quiere decir que esta alternativa es la que menos arrepentimiento (pérdida) nos puede causar en cualquier combinación que se presente.

### Aplicando el criterio de Laplace

Este criterio se basa en el principio de la razón suficiente, que dice que cada estado de naturaleza tiene la misma probabilidad de ocurrencia. Por lo tanto es posible calcular el valor esperado del beneficio que se obtendrá al elegir cada alternativa de la siguiente forma:

$$VE(A_n) = (p \cdot c_{n1}) + (p \cdot c_{n2}) + \dots + (p \cdot c_{nm})$$

en dónde:

$VE(A_n)$  = Valor esperado del beneficio de la alternativa  $n$ .

$m$  = Número de estados de naturaleza.

$p$  = Probabilidad de ocurrencia de cada estado de naturaleza ( $p = 1/m$ )

$c_{n1}$  = Valor de la casilla correspondiente a la alternativa  $n$  estado de naturaleza 1.

$C_{n2}$  = Valor de la casilla correspondiente a la alternativa  $n$  estado de naturaleza 2.

$C_{nm}$  = Valor de la casilla correspondiente a la alternativa  $n$  estado de naturaleza  $m$ .

Si lo aplicamos a la matriz de ejemplo tenemos que:

Alts.	Estados de Naturaleza		
	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$A_1$	50	30	25
$A_2$	20	40	60
$A_3$	30	70	10

$m = 3$  (tres estados de naturaleza)

$p = 1/3$ .

$$VE(A_1) = (1/3 \cdot 50) + (1/3 \cdot 30) + (1/3 \cdot 25) = 35$$

$$VE(A_2) = (20 + 40 + 60) \cdot 1/3 = 40$$

$$VE(A_3) = (30 + 70 + 10) \cdot 1/3 = 33.66$$

Con lo que se concluye que la mejor alternativa al aplicar el criterio de Laplace es la alternativa 2 ( $A_2$ ), que arroja un valor esperado de 40.

Para fines de este estudio es posible utilizar este criterio si en lugar de probabilidad de ocurrencia manejamos un "porcentaje de importancia" para cada estado de naturaleza, es decir, qué tan importante es un estado de naturaleza en relación con los demás. Si todos los estados de naturaleza son igualmente importantes para el resultado, todos tienen el mismo *porcentaje de importancia*, por lo tanto podemos obtener un valor esperado de la misma manera en que se obtiene cuando se manejan probabilidades. Si generalizamos sería posible también obtener un valor esperado por alternativa si consideráramos necesario asignar valores diferentes a cada uno de *porcentajes de importancia* de los estados de naturaleza, siempre y cuando la suma de estos sea 100%.

#### Selección de la mejor alternativa

Como puede apreciarse en la sección anterior, es posible que al aplicar cada uno de los criterio a la misma matriz de pagos no siempre se elija a la misma alternativa. En el ejemplo expuesto se seleccionó la alternativa 1 ( $A_1$ ) cuando se aplicó al criterio de Wald, la alternativa 3 ( $A_3$ ) al

aplicar el criterio de Hurwicz y la alternativa 2 ( $A_2$ ) aplicando tanto el criterio de Savage como el de Laplace. Esto podría parecer contradictorio a primera vista, pero no es así, ya que cada criterio obtiene información específica de los datos bajo diferentes ambientes, sólo hay que buscar una interpretación y plantearla de manera sencilla para cada resultado, y así, el decisor puede hacer uso de su experiencia en el campo del problema planteado para elegir la mejor alternativa en caso de que como en el ejemplo, se presenten diferentes resultados. En el caso del ejemplo puede parecer que la alternativa 2 ( $A_2$ ) es la mejor, ya que resulto triunfadora al aplicar dos criterios diferentes. Analizando el resultado obtenido al aplicar el criterio de Savage, nos damos cuenta que esa alternativa nos causaría el mínimo arrepentimiento, ya que normalmente no todos los estados de naturaleza arrojan el mejor pago a una sola alternativa, por consiguiente al elegir una alternativa estamos sacrificando algunos beneficios, este criterio nos permite minimizar ese sacrificio. El criterio de Laplace permite reforzar esta decisión, al arrojar el mejor valor esperado para la alternativa 2 ( $A_2$ ).

Un punto importante en el análisis es tomar muy en cuenta el resultado obtenido al aplicar el criterio de Hurwicz, puesto que el decisor esta influyendo en el

resultado de manera directa al proponer un coeficiente basado en su conocimiento y experiencia en el área del problema, así que normalmente es el criterio que más pesa en la toma de la decisión.

Por último, si el decisor no tiene mucha experiencia en el área del problema que está analizando o los estados de naturaleza son tan aleatorios que no es posible suponer una tendencia, lo más sensato es darle más peso al criterio de Wald, que nos garantiza la mejor alternativa en el peor de los casos, es decir, cuando todos los estados de naturaleza arrojan el peor pago.

Esta decisión es la más difícil, ya que de presentarse el caso de que los diferentes criterios generen diferentes resultados, el decisor deberá hacer uso de éstos combinados con su experiencia y capacidad de análisis (y hasta de su intuición) para seleccionar la mejor alternativa.

### CAPÍTULO 3

#### PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se ha planteado en el capítulo anterior, una vez que es posible diseñar una matriz de pagos que permita el análisis del problema, el siguiente paso es determinar los valores de cada uno de los elementos de dicha matriz. Las variables dependientes que intervienen en el problema (la memoria necesaria, la velocidad de transferencia, la calidad de imagen y la calidad del desplazamiento) pueden ser agrupadas en *cuantitativas* y *cualitativas*. Las variables cuantitativas son aquellas a las que es posible asignar un valor numérico; las variables cualitativas son aquellas a las que no es posible asignar un valor numérico, mas bien se refieren a atributos o propiedades. Por ejemplo, la edad, el peso y altura de una persona son variables cuantitativas mientras que su color de ojos o cabello son variables cualitativas. En el caso de las variables que intervienen en este estudio, tanto la memoria necesaria para almacenar el vídeo y la velocidad de transferencia necesaria son variables cuantitativas. Por otro lado la calidad de la imagen y el desplazamiento son variables cualitativas.

A continuación se describe el proceso para estimar los valores que servirán para asignar un valor de preferencia a cada CODEC en cada una de las variables.

### Variables cuantitativas

#### Memoria

La memoria necesaria para almacenar el vídeo tiene una importancia especial, ya que no puede exceder la restricción de 615 Mb. que es lo que está reservado para almacenar el vídeo y de este tamaño depende en gran parte la velocidad de transferencia necesaria para leer el vídeo. Estimar la memoria necesaria es un paso de gran importancia para el desarrollo de este estudio, por lo tanto hay que hacer uso del método más adecuado para predecir valores cuando se cuenta con información previa. La información previa de la que se hace mención son once vídeos comprimidos con cada uno de los cuatro CODECs, esto nos permite obtener once pares de datos (duración del vídeo/memoria utilizada) para cada CODEC analizado.

Para estimar la cantidad de memoria necesaria para almacenar el vídeo comprimido con cada uno de los cuatro CODECs es posible hacer uso del método de regresión simple,

que se basa en encontrar una ecuación que relacione dos variables, una independiente y otra dependiente. Las variables que es necesario relacionar son la duración del vídeo y la cantidad de memoria necesaria para almacenarlo.

A continuación se describe de manera general el análisis de regresión. Si se desea profundizar en el tema se puede consultar la bibliografía incluida.

#### Análisis de regresión simple

El análisis de regresión consiste en encontrar una ecuación que relacione dos variables y en evaluar el grado de ajuste entre esas variables haciendo uso de información tomada de observaciones previas del sistema en estudio.

El análisis de regresión como medio analítico, es una poderosa herramienta estadística para evaluar la relación entre una variable independiente  $x$ , con una variable continua dependiente,  $y$ . El análisis de regresión se utiliza frecuentemente cuando las variables independientes no están bajo control, es decir, cuando se obtienen por medio de una encuesta, aplicando una prueba o por cualquier estudio de tipo observacional o evaluativo. Este método también se aplica con igual efectividad en situaciones experimentales, lo que significa que las variables independientes están controladas.

Es importante tomar en cuenta que se debe ser precavido con los resultados obtenidos por medio de un análisis de

regresión. Lo anterior significa que, por ejemplo, una fuerte asociación (o relación) entre dos variables no implica que la variable independiente sea necesariamente la causa que determina el comportamiento de la variable dependiente.

Es necesario distinguir las afirmaciones estadísticas que puedan ser formuladas con base en un análisis de regresión respecto de las afirmaciones determinísticas. Por ejemplo: la ecuación de la segunda ley de Newton,  $F = ma$  (fuerza = masa x aceleración), es una afirmación determinística. En una situación ideal, los valores de la variable dependiente varían en forma completamente determinada según una función matemática (sin error) de los valores de las variables independientes.

Las afirmaciones estadísticas por otro lado, prevén la posibilidad de error en la deducción de una relación. Por ejemplo, en lo referente a la duración del vídeo y la memoria necesaria para almacenarlo, cada uno de los cuadros de los que está compuesto el vídeo no necesariamente se comprimen a la misma escala (ya que la compresión varía de acuerdo al CODEC utilizado, los colores que contiene la imagen de dicho cuadro, la distribución de estos colores a lo largo y ancho de la imagen, etc.). Sin embargo, se puede concluir que, en promedio, la memoria necesaria para almacenar el vídeo aumenta dependiendo de la duración de este, no obstante que intervienen otros factores variables (mencionados con anterioridad). Aun a pesar de tales factores es posible predecir cuanta memoria será necesaria para una determinada duración al encontrar una ecuación que representa la relación de una variable con la otra.

Tales afirmaciones, si no determinísticas, pueden ser bastante precisas. El modelo estadístico y el modelo probabilístico toman en cuenta las irregularidades del mundo real, que normalmente están asociadas a los errores de medición y a las diferencias individuales de los objetos o sujetos en estudio.

### Diagramas de dispersión

El primer paso lógico para estudiar la relación o grado de asociación entre dos variables y poder establecer que éstas dependen entre sí, es asignar a cada par de datos  $(x,y)$  un punto en un sistema de ejes cartesianos para formar con ellos una gráfica. La figura resultante llamada *diagrama de dispersión* o *dispersiograma* indicará si los puntos se agrupan alrededor de una línea, y se podrá apreciar si ésta es recta o curva. El segundo paso es obtener la ecuación matemática que mejor exprese la relación entre los puntos que conforman el *diagrama de dispersión*. Un *diagrama de dispersión* da la primera idea del comportamiento de la relación entre las variables (si existe), de este modo es posible observar si dicha relación es lineal, exponencial, logarítmica o de potencia, ya que estos son los tipos más generales para describir una relación.

En la mayoría de los casos no existe a priori una relación teórica conocida para establecer qué tipo de relación podrían tener los datos, de forma que la información aportada por el *diagrama de dispersión* será de gran utilidad para elegir el modelo de regresión más apropiado entre los más generales: lineal, exponencial, logarítmico o de potencia. Sin embargo, no hay que olvidar

que el conocimiento y la experiencia del fenómeno que se estudia es lo que mayor información proporciona para elegir el modelo adecuado.

No se profundizará más en la teoría de regresión, sólo es necesario comprender para qué y como se utiliza, ya que en el programa de cómputo diseñado para apoyar este estudio, hay un módulo dedicado al análisis de regresión, el cuál después de haber sido alimentado con un conjunto de pares de datos, puede dibujar diagramas de dispersión para ayudar a seleccionar el modelo de regresión adecuado, además de que efectúa todas las operaciones necesarias para determinar la ecuación que mejor describa la relación entre los datos. El programa permite seleccionar el tipo de modelo que se usará para determinar la ecuación. Además de la ecuación, como parte del análisis de los datos que hace el programa, se presenta el coeficiente de correlación y el valor de la razón  $t$ , con lo que es posible determinar la confiabilidad de ésta.

En el apéndice 1 se describe este programa con mayor detalle.

Para este estudio es necesario encontrar una ecuación que nos describa el comportamiento de la memoria necesaria para almacenar el vídeo dada la duración de éste. Primero que nada hay que determinar cual es la variable independiente y cual es la dependiente.

La duración es la variable independiente, ya que es la controlada y obviamente porque la cantidad de memoria necesaria depende de la duración y no la duración de la cantidad de memoria. A la duración del vídeo se le asignará la variable  $X$ , la cuál se expresará en minutos, haciendo

notar que la parte decimal es una fracción de minuto y no los segundos, por ejemplo 3.50 indica 3 minutos y medio o tres minutos 30 segundos. La memoria necesaria es la variable dependiente, se le asignará la variable Y y estará expresada en Mb.

Como se mencionó anteriormente, se cuenta con información de once videos comprimidos con cada uno de los cuatro CODECs. Con esta información es posible encontrar una ecuación que describa el comportamiento *duración - memoria necesaria* para cada uno de los CODECs. La información disponible se presenta a continuación:

Duración (minutos)	Memoria en Mb. necesaria usando CODEC:			
	Photo JPEG	VIDEO	Cinepack	Graphics
2.2670	27.8040	19.8160	21.9440	20.0880
2.5500	26.1100	22.4370	25.0330	18.8650
2.9670	31.2940	24.5640	28.4630	22.6100
4.1830	49.0320	35.9560	40.2760	35.4250
4.8170	56.7700	41.6090	45.8800	45.8420
4.0170	39.8900	35.6540	39.5680	33.9070
2.1000	25.5120	18.5810	20.4120	21.6850
4.0000	46.3650	35.1320	38.7060	39.4100
7.6000	85.5100	66.3840	73.2170	72.6840
9.8170	113.6700	87.0200	95.9750	96.6200
7.3500	107.4970	62.8290	69.3770	81.3720

Junto con el programa de cómputo se incluyen cuatro archivos: *TI\_TA\_1.MS3*, *TI\_TA\_2.MS3*, *TI\_TA\_3.MS3*, *TI\_TA\_1.MS3* y *TI\_TA\_4.MS3*, los cuales contienen los datos de duración y memoria necesaria de cada uno de los 11 videos comprimidos con cada CODEC: el archivo *TI\_TA\_1.MS3* contiene los datos de duración y memoria necesaria que surgieron del experimento de comprimir once videos con el CODEC *Photo JPEG*, el archivo *TI\_TA\_2.MS3* contiene la información obtenida al usar el CODEC *Video*, el archivo *TI\_TA\_3.MS3* contiene los datos que surgieron al usar el CODEC *Cinepack* y el archivo *TI\_TA\_4.MS3* contiene la información que se obtuvo al usar el CODEC *Graphics*.

Después de generar el diagrama de dispersión de cada uno de los cuatro archivos se observa una *relación lineal* entre las variables, como se ilustra en la Figura 3, que muestra el diagrama de dispersión generado a partir de los datos del archivo *TI\_TA\_3.MS3*.

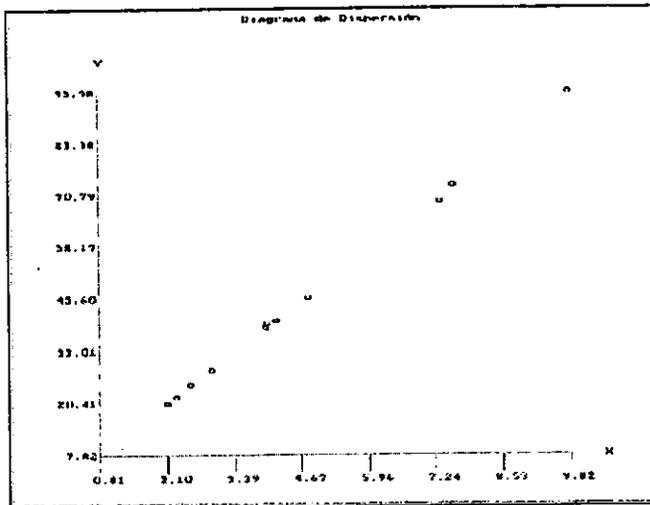


Figura 3. Diagrama de dispersión obtenido con el archivo TI\_TA\_3.MS3

Los diagramas de dispersión generados con los otros archivos también muestran una relación lineal entre las variables, por lo que el modelo de regresión a aplicar a cada uno de los archivos de datos deberá ser el lineal.

A continuación se presentan los resultados que genera el programa al aplicar el modelo de regresión lineal a cada uno de los archivos de datos:

## Análisis de: TI\_TA\_1.MS3

Pares de datos (n) : 11

X	Y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	(xy)	(X-X) <sup>2</sup>	(Y-Y) <sup>2</sup>
2.2670	27.8040	5.1393	773.0624	63.0317	5.9053	761.8102
2.5500	26.1100	6.5025	681.7321	66.5805	4.6100	856.1917
2.9670	31.2940	8.8031	979.3144	92.8493	2.9932	561.3359
4.1630	49.0320	17.4975	2404.1370	205.1009	0.2643	40.6140
4.6170	56.7700	23.2035	3222.8529	273.4611	0.0144	1.8635
4.0170	39.8900	16.1363	1591.2121	160.2381	0.4625	240.7124
2.1000	25.5120	4.4100	650.8621	53.5752	6.7449	893.5860
4.0000	46.3650	16.0000	2149.7132	185.4600	0.4659	81.7200
7.6000	85.5100	57.7600	7311.9601	649.8760	8.4269	906.3165
9.8170	113.6700	96.3735	12920.6699	1115.8964	26.2135	3594.8208
7.3500	107.4970	54.0225	11551.6050	790.1029	7.0379	2713.5859

S denota Sumatoria

$\bar{X}$	$\bar{Y}$	Sx	Sy	Sx <sup>2</sup>	Sy <sup>2</sup>
4.6971	55.4049	51.6680	609.4540	505.8481	44241.3004
Sxy	(Sx) <sup>2</sup>	(Sy) <sup>2</sup>	S(X-Y) <sup>2</sup>	S(Y-Y) <sup>2</sup>	S(X-X)(Y-Y)
3656.1741	2669.5921	371434.1761	63.1598	10474.5569	793.5132

Coeficientes

a	b	Ecuación
-3.6093	12.5638	Y = -3.6093 + 12.5638 X
r	r <sup>2</sup>	Razón t
0.9756	0.9518	13.3290

Análisis de varianza para la Regresión

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón F
Regresión	1	9969.5189	9969.5189	
Error	9	505.0379	56.1153	177.6612
Total	10	10474.5569		

## Análisis de: TI\_TA\_2.MS3

Pares de datos (n) : 11

x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	(xy)	(X-Y) <sup>2</sup>	(Y-Y) <sup>2</sup>
2.2670	19.8160	5.1393	392.6739	44.9229	5.9053	444.8495
2.5500	22.4370	6.5025	503.4190	57.2143	4.6100	341.1577
2.9670	24.5640	8.8031	603.3901	72.8814	2.9932	267.1085
4.1830	35.9560	17.4975	1292.8339	150.4039	0.2643	24.5169
4.8170	41.6090	23.2035	1731.3089	200.4306	0.0144	0.4922
4.0170	35.6540	16.1363	1271.2077	143.2221	0.4625	27.5988
2.1000	18.5810	4.4100	345.2536	39.0201	6.7449	498.4706
4.0000	35.1320	16.0000	1234.2574	140.5280	0.4859	33.3559
7.6000	66.3840	57.7600	4406.8355	504.5184	8.4269	649.0544
9.8170	87.0200	96.3735	7572.4804	854.2753	26.2135	2126.3668
7.3500	62.8290	54.0225	3947.4832	461.7932	7.0379	480.5542

S denota Sumatoria

$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$Sx$	$Sy$	$Sx^2$	$Sy^2$
4.6971	40.9075	51.6680	449.9820	305.6481	3501.1435
$Sxy$	$(Sx)^2$	$(Sy)^2$	$S(X-X)^2$	$S(Y-Y)^2$	$S(X-X)(Y-Y)$
2669.2102	2669.5822	262483.8003	63.1588	4993.5253	555.6039

Coeficientes

a	b	Ecuación
-0.4125	8.7969	$Y = -0.4125 + 8.7969 X$
r	r <sup>2</sup>	Razón t
0.9994	0.9988	86.2166

Análisis de variancia para la Regresión

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón F
Regresión	1	4887.6078	4887.6078	
Error	9	5.9175	0.6575	7433.6537
Total	10	4893.5253		

## Análisis de: TI\_TA\_3.MS3

Pares de datos (n) : 11

x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	(xy)	(X-X̄) <sup>2</sup>	(Y-Ȳ) <sup>2</sup>
2.2670	21.9440	5.1393	481.5391	49.7470	5.9053	547.6451
2.5500	25.0330	6.5025	626.6511	63.8341	4.6100	412.7842
2.9670	28.4630	8.8031	810.1424	84.4497	2.9932	285.1738
4.1830	40.2760	17.4975	1622.1562	168.4745	0.2643	25.7464
4.8170	45.8900	23.2035	2104.9744	221.0040	0.0144	0.2808
4.0170	39.5680	16.1363	1565.6266	158.9447	0.4625	33.4326
2.1000	20.4120	4.4100	416.6497	42.8652	6.7449	621.9084
4.0000	38.7060	16.0000	1498.1544	154.8240	0.4859	44.1439
7.6000	73.2170	57.7600	5360.7291	556.4492	8.4269	776.5646
9.8170	95.9750	96.3735	9211.2006	942.1866	26.2135	562.8814
7.3500	69.3770	54.0225	4813.1681	509.9209	7.0379	577.2924

S denota Sumatoria

$\bar{X}$	$\bar{Y}$	Sx	Sy	Sx <sup>2</sup>	Sy <sup>2</sup>
4.6971	45.3501	51.6650	498.8510	305.8481	28510.9918
Sxy	(Sx) <sup>2</sup>	(Sy) <sup>2</sup>	S(X-X̄) <sup>2</sup>	S(Y-Ȳ) <sup>2</sup>	S(X-X̄)(Y-Ȳ)
2952.7000	2669.5822	248852.3202	63.1588	5888.0536	609.5515

Coeficientes

a	b	Ecuación
0.0181	9.6511	Y = 0.0181 + 9.6511 X
r	r <sup>2</sup>	Razón t
0.9996	0.9991	100.7182

Análisis de varianza para la Regresión

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón F
Regresión	1	5882.8343	5882.8343	
Error	9	5.2193	0.5799	10144.1463
Total	10	5888.0536		

## Análisis de: TI\_TA\_4.MS3

Pares de datos (n) : 11

x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	(xy)	(X-X) <sup>2</sup>	(Y-Y) <sup>2</sup>
2.2670	20.0880	5.1393	403.5277	45.5395	5.9053	636.5988
2.5500	18.8650	6.5025	355.8682	48.1057	4.6100	699.8093
2.9670	22.6100	8.8031	511.2121	67.0839	2.9932	515.6946
4.1830	35.4250	17.4975	1254.9306	148.1828	0.2843	97.8894
4.8170	45.8420	23.2035	2101.4890	220.8209	0.0144	0.2736
4.0170	33.9070	16.1363	1149.6846	136.2044	0.4618	130.2317
2.1000	21.6850	4.4100	470.2392	45.5385	6.7449	559.5617
4.0000	39.4100	16.0000	1553.1481	157.6400	0.4889	34.9152
7.6000	72.6840	57.7600	5282.9639	552.3984	8.4269	748.8482
9.8170	96.6200	96.3735	9335.4244	948.5185	16.2138	2631.8019
7.3500	91.3720	54.0225	8348.8424	671.5842	7.0279	2120.8872

S denota Sumatoria

$\bar{X}$	$\bar{Y}$	Sx	Sy	Sx <sup>2</sup>	Sy <sup>2</sup>
4.6971	45.3189	51.6680	496.5080	305.8481	30767.3503
Sxy	(Sx) <sup>2</sup>	(Sy) <sup>2</sup>	S(X-X) <sup>2</sup>	S(Y-Y) <sup>2</sup>	S(X-X)(Y-Y)
3041.6169	2669.5822	248510.2261	63.1588	8175.5115	700.0795

Coeficientes

a	b	Ecuación
-6.7456	11.0844	Y = -6.7456 + 11.0844 X
r	r <sup>2</sup>	Razón t
0.9743	0.9492	12.9643

Análisis de varianza para la Regresión

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón F
Regresión	1	7759.9787	7759.9787	
Error	9	415.5328	46.1703	168.0729
Total	10	8175.5115		

Es posible observar el grado de asociación entre las dos variables utilizando el coeficiente de correlación denotado por  $r$ , que aparece en el análisis efectuado por el programa. Este coeficiente puede tomar valores en el rango  $[-1,1]$ . Cuando el valor tiende a  $+1$  esto indica que existe una estrecha relación directa entre las variables y cuando el valor del coeficiente tiende a  $-1$  indica que existe una estrecha relación inversa entre las variables. Cuando el coeficiente tiende a  $0$  significa que no hay una relación entre las variables.

Se puede apreciar en los resultados generados por el programa que los cuatro análisis presentan una estrecha relación directa entre las variables ya que los coeficientes de correlación son muy cercanos a  $1$ .

Ahora bien, ya que se presenta una correlación muy alta entre las variables hay que saber que porcentaje de la variación de la memoria necesaria depende de la duración del video. Para esto se utiliza el coeficiente de determinación presentado en el análisis como  $r^2$ . A continuación se presentan los resultados:

CODEC	$r$	$r^2$	Porcentaje de la variación de la memoria necesaria que depende de la duración del video
Photo JPEG	.9756	.9518	95.18 %
Video	.9994	.9988	99.88 %
Cinepack	.9996	.9991	99.91 %
Graphics	.9743	.9492	94.92 %

Con los resultados obtenidos se puede confiar en que la memoria necesaria depende de la duración del vídeo, pero para tener un fundamento estadístico que sustente esta afirmación hay que realizar una prueba de hipótesis, ya que la asociación entre dos variables puede deberse a la coincidencia. Una prueba que comúnmente es usada es proponer la hipótesis  $H_0 : \rho = 0$ , que indica que las dos variables tienen una asociación meramente accidental. El valor de la razón  $t$  que también obtiene el programa sirve para rechazar o no rechazar esta hipótesis: Si el valor de la razón  $t$  es mayor al valor de la tabla de la distribución  $t$  (o de Student), la hipótesis se rechaza, indicando que la asociación entre las variables es significativa y que no se debe a una coincidencia.

El nivel de significancia ( $\alpha$ ) que se utilizará para determinar el valor  $t$  de la tabla de Student será de 0.001%, siendo éste uno de los más estrictos nos proporciona una confiabilidad del 99.999%. El valor  $t$  que hay que localizar en la tabla de Student se busca con los siguientes parámetros:  $\alpha/2 = (0.001)/2 = .0005$ ; grados de libertad = 9 (pares de datos usados en la regresión menos dos). El valor de la tabla con los parámetros anteriores es:  $t = 4.781$ .

Ahora hay que comparar el valor  $t = 4.781$  con la razón  $t$  obtenida en cada uno de los cuatro análisis:

CODEC	razón $t$
Photo JPEG	13.3290
Vídeo	86.2185
Cinepack	100.7182
Graphics	12.9643

Como en ningún análisis el valor de la razón  $t$  calculado por el programa es menor al valor de tablas  $t$ , se rechaza la hipótesis de que la asociación entre las variables se debe a la coincidencia y se puede afirmar que esta asociación es significativa en cada uno de los cuatro análisis. Por lo tanto es posible usar de manera confiable las ecuaciones obtenidas para estimar la memoria necesaria para almacenar la duración total del vídeo dependiendo del CODEC con que éste sea comprimido.

El programa de cómputo permite además de realizar el análisis de regresión, interpolar y extrapolar valores utilizando para esto la ecuación obtenida en el análisis. Para extrapolar valores con el programa hay que contestar SI a la pregunta que aparece al cerrar el resultado del análisis, una vez en la sección de interpolación/extrapolación, hay que indicar al programa que se tiene el dato  $X=55$  (duración igual a 55 minutos), el programa responderá con el valor estimado de la variable  $Y$  (memoria necesaria para almacenamiento).

Los resultados obtenidos (que se podrán comprobar corriendo el programa) son:

CODEC	Duración (min)	Tamaño (Mb)
Photo JPEG	55	687.3992
Video	55	483.4186
Cinepack	55	530.8279
Graphics	55	602.8978

Con la tabla anterior es posible asignar preferencias a los diferentes CODECs tomando como base la memoria necesaria para almacenar los 55 minutos de vídeo. Mientras menos memoria sea necesaria para almacenar dicho vídeo, más atractivo es el CODEC con el que fue comprimido.

Aquí ocurre un evento importante para el desarrollo de este estudio: uno de los CODECs no cumple con la restricción de espacio, que es de 615 Mb para almacenar el vídeo, se trata del CODEC Photo JPEG, que se estima utilizará alrededor de 687 Mb para almacenar los 55 minutos de vídeo. Esto acarrea su eliminación como alternativa dejando ahora sólo tres disponibles. Los tres CODECs restantes son factibles en lo que a memoria necesaria se refiere y seguirán siendo analizados como alternativas en este estudio.

En resumen se puede decir que el CODEC que conviene usar para optimizar la memoria necesaria es el CODEC Video, seguido del CODEC Cinepack y por último el que consume más memoria pero que es factible usar, el CODEC Graphics.

### Velocidad de transferencia

La velocidad de transferencia que un vídeo necesita para ser desplegado de manera adecuada depende directamente del CODEC con el que fue comprimido principalmente por dos razones: la primera razón es que entre más comprimido esté

un vídeo menor será la cantidad de información que se deberá leer por cada cuadro de vídeo a desplegar y de esto depende la velocidad necesaria para leer cada uno de estos cuadros. La segunda razón es que la velocidad de descompresión del CODEC no sea tan rápida para descomprimir un cuadro de vídeo cuando ya tiene que procesar el siguiente, es decir, si nuestro vídeo está guardado a 10 cuadros por segundo, el CODEC debe poder descomprimir al menos los mismos 10 cuadros por segundo para garantizarnos una apropiada velocidad de transferencia.

La velocidad de descompresión de los CODECs analizados en este estudio no presentan problema para descomprimir vídeo con las características que se están usando, por lo tanto hay que centrar la atención en determinar la velocidad promedio de transferencia y obtener información adicional acerca del comportamiento de esta velocidad.

La velocidad de transferencia promedio puede obtenerse al dividir la memoria necesaria para almacenar el vídeo (Kb) entre la duración de este (segundos). Esto nos dará una primera idea de cuánta velocidad necesita el vídeo para ser leído y desplegado apropiadamente.

Para obtener la información necesaria para calificar la velocidad de transferencia de los CODECs usados como alternativas, se digitalizó un vídeo de 10:06 minutos de duración (606 segundos) y se comprimió con cada uno de los tres CODECs que aún se consideran alternativas.

La siguiente tabla muestra la memoria utilizada por el vídeo después de comprimido por cada uno de los CODECs así como la velocidad de transferencia promedio necesaria para desplegar el vídeo.

CODEC	seg.	memoria (Kb)	velocidad (Kb/seg)
Video	606	73472.82	121.24
Cinepack	606	84900.60	140.1
Graphics	606	91214.28	150.52

En la tabla anterior es fácil observar que todos los CODECs generan una velocidad de transferencia para el vídeo que cumple con la restricción impuesta de 240 Kb/seg, pero no debe olvidarse que esta velocidad es en promedio, lo que indica que hay momentos en que el vídeo requiere más velocidad de transferencia para ser leído y también hay momentos en que dicha transferencia será menor. Esto se debe a que los CODECs no comprimen a la misma razón cada cuadro de vídeo, puesto que hay cuadros que podrán comprimirse mucho más que otros dependiendo la imagen. Ahora hay que

determinar que tanto varía la velocidad de transferencia a lo largo del video. Para esto son muy útiles los programas para analizar video digital como por ejemplo el programa *Movie Shop* de Apple Computer, Inc. Con este programa es posible ver de manera gráfica la velocidad de transferencia necesaria en cada cuadro de un video, así pues es posible buscar los puntos mínimo y máximo de la gráfica que nos representarán las velocidades mínima y máxima que el video requiere para leerse y desplegarse adecuadamente. Con los valores mínimo y máximo es posible calcular la *amplitud de variación* (o rango) de la velocidad de transferencia, restando del valor máximo el valor mínimo. Aunque el rango es una de las medidas de dispersión mas sencillas de obtener, en este caso nos sirve para medir el riesgo que se corre al utilizar un CODEC, puesto que aunque la velocidad de transferencia promedio sea pequeña, si el rango obtenido es muy grande esto significará que hay momentos en los que el video puede requerir una velocidad de transferencia muy por encima del promedio con la posible pérdida de información en el despliegue del video. En la siguiente tabla se muestran las velocidades mínimas y máximas que se observaron al analizar el video con un programa que permite observar la velocidad de transferencia de forma gráfica, así como también se presenta el rango para cada uno de los CODECs.

CODEC	vel. mínima (Kb/seg)	vel. máxima (Kb/seg)	Rango
Video	47	182	135
Cinepack	116	143	27
Graphics	25	277	252

Con la tabla anterior queda demostrado por qué no es confiable tomar la velocidad promedio como un dato suficiente para asignar preferencias a los CODECs en lo que a la variable *velocidad de transferencia* corresponde. La velocidad puede variar mucho de un momento a otro e incluso ser mucho mas grande que la velocidad promedio, como puede observarse en el CODEC *Graphics*, que aunque presentaba una velocidad promedio de 150.52 Kb/seg llega a alcanzar 277 Kb/seg, valor que está incluso arriba de nuestra restricción de 240 Kb/seg., aunque también este CODEC presenta la mayor compresión, requiriendo en una parte del video de tan solo 25 Kb/seg. El rango calculado nos sirve para asignar un riesgo a cada CODEC, entre más alto sea el valor del rango, más riesgo se corre de que el video comprimido con el CODEC que generó ese rango no se despliegue apropiadamente. Aquí es posible ser un poco flexible con la restricción de 240 Kb/seg., ya que la velocidad de transferencia promedio del CODEC *Graphics* es un valor muy aceptable y el valor máximo alcanzado por ese CODEC (277 Kb/seg) es aún menor a los 300

Kb/seg que puede leer un CD-ROM 2X. Puede tomarse el riesgo y seguir considerando en este caso al CODEC *Graphics* como alternativa factible.

Asignando preferencias a los CODECs en el aspecto *velocidad de transferencia* tenemos que el que resulta más apropiado es el CODEC *Cinepack*, puesto que es el que tiene el rango más pequeño y además es mucho menor al de los otros CODECs, lo que garantiza que la velocidad de transferencia sea muy estable, además de que la velocidad promedio es muy parecida a la de los otros dos CODECs. En segundo lugar de preferencia queda el CODEC *Video* y finalmente el CODEC *Graphics*.

## Variables cualitativas

A diferencia de las variables *memoria necesaria* y *velocidad de transferencia*, la *calidad de imagen* y *desplazamiento*, son variables que no pueden medirse con un valor numérico (por eso son cualitativas), mas bien hay que calificarlas de acuerdo a un atributo, por ejemplo su calidad. Aunque lo anterior parezca demasiado subjetivo, es una manera de marcar preferencia hacia un determinado CODEC. Como únicamente quedan tres CODECs como alternativas, se utilizarán tres valores de calidad para calificar a cada una de estas alternativas: buena, media y mala. Se calificará con *calidad buena* al CODEC que muestre mejor calidad que los demás, con *calidad mala* al CODEC que presente la menor calidad (aunque esta sea aceptable), y se calificará con *calidad media* al restante. De esta manera podrá ser marcada la preferencia por un CODEC.

### Calidad de la imagen

La calidad de la imagen de un vídeo digital varía notablemente dependiendo con qué CODEC fue comprimido. Al ver los videos utilizados previamente para obtener el rango de la velocidad de transferencia es posible *calificar* la calidad de la imagen generada por cada CODEC de acuerdo con la siguiente tabla:

CODEC	Calidad de imagen
Video	mala
Cinepack	media
Graphics	buena

### Desplazamiento

De la misma manera en que se calificó la calidad de imagen se ha calificado la calidad de desplazamiento de un video: se observan cada uno de los videos comprimidos con los diferentes CODECs y se asigna una calidad *buena*, al CODEC con el que fue comprimido el video que presenta el mejor desplazamiento, es decir, al que se vea *fluido* y no con saltos. Al CODEC con el que fue comprimido el video que se vea menos *fluido* se le asigna una calidad *mala* y al restante una calidad *media*. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

CODEC	Calidad de desplazamiento
Video	mala
Cinepack	buena
Graphics	media

## Asignación de preferencias

Con la información obtenida en este capítulo es posible asignar preferencias a los CODECs para cada una de las variables que se han tomado en cuenta. La preferencia hacia un CODEC es asignada dependiendo del valor que más convenga, en el caso de la memoria necesaria para almacenar el vídeo se asigna una preferencia más alta al CODEC que comprima más el vídeo y por lo tanto requiera menos memoria para almacenarse. Para la velocidad de transferencia conviene asignar una preferencia mayor a aquel CODEC que presente un rango de velocidad de transferencia más pequeño, puesto que aunque los tres CODECs factibles logran una velocidad de transferencia promedio por debajo de la restricción de 240 Kb/seg esto reduce el riesgo de que sean necesarias velocidades mayores en algún momento. Por último las preferencias asignadas a la calidad de imagen y a la calidad de desplazamiento se asignan dependiendo la calificación obtenida, y no hace falta decir que a la calidad calificada como *buena* se le asignará la preferencia más alta.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos a lo largo de este capítulo y permite observar a qué CODEC se le

deberá asignar la preferencia más alta para cada una de las variables.

CODEC	Memoria necesaria 55 min. (Mb)	Rango de velocidad de transferencia	Calidad de imagen	Calidad de despla- zamiento
Video	483.4186	135	mala	mala
Cinepack	530.8279	27	media	buena
Graphics	602.8978	252	buena	media

En el siguiente capítulo se creará en base a la tabla anterior, la matriz de pagos necesaria para resolver el problema de la selección del mejor CODEC para comprimir el vídeo y se aplicarán los criterios explicados en el capítulo 2 para seleccionar la mejor alternativa.

## CAPÍTULO 4

### EL ANÁLISIS DE LA DECISIÓN: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

#### La matriz de pagos del problema

La tabla mostrada en la sección "Asignación de preferencias" en el capítulo anterior, tiene forma de matriz de pagos, pero para poder elegir el CODEC que represente la mejor alternativa aplicando los criterios explicados en el capítulo dos es necesario que los valores (pagos) estén expresados en la misma unidad. Este problema puede ser solucionado asignando un valor de preferencia que esté expresado en la misma unidad para cada una de las variables consideradas. Como tenemos tres alternativas se asignará un valor de 0, 1 o 2 a cada alternativa dependiendo la preferencia que se le de a cada una de estas. El valor 2 que es el más alto se deberá asignar a la alternativa que se prefiera sobre las otras, el valor 0 se deberá asignar a la alternativa que menos se prefiera y el valor 1 a la restante. La siguiente tabla muestra esta estandarización de valores.

CODEC	Memoria necesaria 55 min. (Mb)	Rango de velocidad de transferencia	Calidad de imagen	Calidad de despla- zamiento
Video	2	1	0	0
Cinepack	1	2	1	2
Graphics	0	0	2	1

La tabla anterior nos representa la matriz de pagos del problema. Para estandarizar la notación de la matriz se cambiarán los nombres de las columnas y renglones de la siguiente manera:

- CODEC Video = Alternativa 1 (A1)
- CODEC Cinepack = Alternativa 2 (A2)
- CODEC Graphics = Alternativa 3 (A3)
- Memoria necesaria = Estado de naturaleza 1 (E1)
- Velocidad de transferencia = Estado de naturaleza 2 (E2)
- Calidad de imagen = Estado de naturaleza 3 (E3)
- Calidad de desplazamiento = Estado de naturaleza 4 (E4)

Entonces, la matriz de pagos del problema queda de la siguiente manera:

Alternativas	Estados de naturaleza			
	E1	E2	E3	E4
A1	2	1	0	0
A2	1	2	1	2
A3	0	0	2	1

Ahora expresada la matriz de pagos de esta forma, será posible aplicar cada uno de los cuatro criterios explicados en el capítulo 2 para encontrar la mejor alternativa.

#### Evaluación de las alternativas disponibles

El programa de cómputo diseñado para apoyar este trabajo cuenta además del módulo de análisis de regresión, con un módulo para aplicar cada uno de los cuatro criterios de incertidumbre a una matriz de pagos, en el que una vez definida la matriz, sólo hay que elegir el criterio a aplicar e instantáneamente se mostrará la mejor alternativa. Esto evita hacer de forma manual las operaciones necesarias para cada criterio, además de poder conocer el resultado de cada uno de los cuatro criterios rápidamente.

### Usando el criterio de Wald

El criterio de Wald basa el resultado en elegir aquella alternativa que presente al valor más alto de las máximas pérdidas (o mínimas ganancias) que puedan presentarse en cada alternativa. La Figura 4 muestra el resultado al aplicar este criterio a la matriz de pagos.

Matriz de pagos		Criterio				Salir	(F11=Ayuda)
		Matriz de pagos					
	E1	E2	E3	E4			
A1	2	1	0	0			
A2	1	2	1	2			
A3	0	0	2	1			

Decision por el criterio de Wald					
	E1	E2	E3	E4	MP
A1	2	1	0	0	0
A2	1	2	1	2	1 < Mejor alternativa
A3	0	0	2	1	0

Presento el menu de criterios para seleccionar una alternativa

Figura 4. Resultado obtenido al aplicar el criterio de Wald a la matriz de pagos.

Interpretando el resultado se tiene que al elegir la alternativa 2 (A2) es posible minimizar las pérdidas, lo que se puede observar fácilmente en este caso, pues el peor

valor que se puede presentar si se elige la alternativa 1 (A1) o la 3 (A3) es 0 (la preferencia más baja), mientras que el valor más pequeño que se puede presentar al elegir la alternativa 2 (A2) es 1, una preferencia intermedia.

#### Usando el criterio de Hurwicz

Para aplicar el criterio de Hurwicz es necesario expresar un coeficiente que permita medir la confianza que se tiene en los valores de la matriz. Como se usó un criterio objetivo para calificar las calidades de imagen y desplazamiento, no se presenta ningún problema en considerar las preferencias asignadas a estas variables como válidas y confiables. En el caso de la velocidad de transferencia, ésta fue analizada con un programa muy preciso, por lo que si consideramos que el vídeo que se analizó contiene cuadros típicos, el rango de la velocidad de transferencia obtenido para cada CODEC puede calificarse como confiable. En el caso de los análisis de regresión realizados para estimar la cantidad de memoria necesaria, se obtuvieron coeficientes confiables de correlación muy altos, por lo tanto es posible mostrar confianza de los valores de la matriz de pagos mediante un coeficiente de confianza alto, por ejemplo 0.9,

sin embargo, al usar un coeficiente menor (0.7) se obtiene el mismo resultado, que es ilustrado en la Figura 5.

Matriz de pagos		Criterio				Salir	(F11)=Ayuda
Matriz de pagos							
	E1	E2	E3	E4			
A1	2	1	0	0			
A2	1	2	1	2			
A3	0	0	2	1			
Decisión por el criterio de Hurwicz							
	E1	E2	E3	E4	VE		
A1	2	1	0	0	1.40		
A2	1	2	1	2	1.70 ← Mejor alternativa		
A3	0	0	2	1	1.40		

Presenta el menú de criterios para seleccionar una alternativa

Figura 5. Resultado obtenido al aplicar el criterio de Hurwicz a la matriz de pagos.

Como puede apreciarse en la Figura 5 la alternativa 2 (A2) vuelve a aparecer como la mejor al tener un valor esperado más alto.

#### Usando el criterio de Savage

Como se explicó en el capítulo 2, el criterio de Savage se basa en elegir aquella alternativa que cause el menor arrepentimiento al ser elegida. La Figura 6 muestra los

máximos arrepentimientos por alternativa, en dónde se puede ver que la mejor alternativa sigue siendo la número 2 (A2), al presentar el menor arrepentimiento.

Matriz de pagos		Matriz de pagos				
	E1	E2	E3	E4		
A1	2	1	0	0		
A2	1	2	1	2		
A3	0	0	2	1		

Decisión por el criterio de Savage					
	E1	E2	E3	E4	MA
A1	0	1	2	2	2
A2	1	0	1	0	1 < Mejor alternativa
A3	2	2	0	1	2

Presenta el menu de criterios para seleccionar una alternativa

Figura 6. Resultado obtenido al aplicar el criterio de Savage a la matriz de pagos.

Normalmente ninguna alternativa nos ofrece todas las ventajas deseadas, si esto ocurriere no haría falta un análisis del problema ya que una alternativa con estas características se podría elegir a priori. En un caso normal, al elegir una alternativa para ganar algo se pierde otra cosa, en este caso se puede ganar memoria al sacrificar calidad o viceversa. En resumen se puede decir que según el criterio de Savage, el elegir la alternativa 2 (A2) reduce

el arrepentimiento de no haber elegido cualquiera de las otras alternativas.

### Usando el criterio de Laplace

El criterio de Laplace es el más sencillo de entender, pues sólo consiste en obtener un promedio de los pagos que se generan al elegir cada una de las alternativas y posteriormente elegir el más alto. La Figura 7 muestra el resultado al aplicar este criterio a la matriz de pagos.

Matriz de pagos		Criterio				Solir		IF11-Aguda	
Matriz de pagos		E1	E2	E3	E4				
R1	2	1	0	0					
R2	1	2	1	2					
R3	0	0	2	1					

Decisión por el criterio de Laplace					
	E1	E2	E3	E4	ME
R1	2	1	0	0	0.75
R2	1	2	1	2	1.50 ← Mejor alternativa
R3	0	0	2	1	0.75

Presenta el menú de criterios para seleccionar una alternativa

Figura 7. Resultado obtenido al aplicar el criterio de Laplace a la matriz de pagos.

De nuevo la alternativa 2 (A2) es la mejor, pues obtiene un valor promedio más alto que las otras.

#### Selección de la mejor alternativa

Una vez que se aplica cada uno de los cuatro criterios a la matriz de pagos hay que compararlos y en base al tipo de problema y a la experiencia que de éste tenga el decisor, se elige la mejor alternativa de las disponibles. En este caso la mejor alternativa es indudablemente la número 2 (A2), que corresponde al CODEC *Cinepack*, ya que resulto la mejor alternativa al aplicar cada uno de los criterios, lo que refuerza la selección. Un punto que hay que considerar seriamente, es que el criterio de Hurwicz juega un papel importante en la toma de decisiones bajo incertidumbre, ya que permite que el decisor *impregne* con su optimismo, confianza y experiencia la selección de una alternativa, por lo que resulta alentador que la alternativa elegida aplicando los otros criterios sea la misma que la elegida usando el criterio de Hurwicz.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

En la siguiente sección se presentarán los resultados obtenidos al comprimir el vídeo con el CODEC Cinepack.

#### Resultados obtenidos al utilizar el CODEC seleccionado

Una vez que se seleccionó el CODEC más adecuado para comprimir el vídeo digital, se espera obtener una calidad aceptable de imagen y un buen desplazamiento. Se espera también que la velocidad de transferencia promedio sea de alrededor de 140 Kb/seg ( $\pm 27$  si consideramos el rango obtenido para este CODEC) y que se necesiten aproximadamente 530.8279 Mb para almacenar los 55 minutos de vídeo. Al comprimir los 55 minutos de vídeo con el CODEC Cinepack se obtuvieron los siguientes resultados:

Memoria necesaria para almacenar el vídeo:

542,020,364 bytes, que son 516.9109 Mb (menos del 3% de diferencia con respecto a la estimación)

Velocidad de transferencia promedio:

160.4 Kb/seg. (este valor está dentro del rango estimado)

Velocidad de transferencia máxima alcanzada:

165 Kb/seg. (este valor está dentro del rango estimado)

Calidad de Imagen:

Buena

Desplazamiento

Muy bueno, no se observan saltos en el video.

Como puede observarse en los resultados obtenidos, estos son bastante cercanos a los que se estimaron a lo largo de este trabajo, lo que demuestra la confiabilidad de la estimación de resultados y del método en general.

## CONCLUSIONES

Después de haber llevado a la práctica el método para la selección del CODEC, es posible decir que es muy eficaz además de confiable. Lo más importante de este método es la creatividad de quien lo usa, pues como se pudo observar, es posible separar el problema en tantas partes como sea necesario para poder analizar cada una por separado, de esta manera podrían considerarse más variables dependientes, para las cuales habrá que buscar o idear la mejor forma de obtener los resultados que nos permitan asignar preferencias a cada CODEC, dependiendo de las necesidades particulares.

Un punto importante en este trabajo fue el haber eliminado una alternativa por no cumplir con la restricción de espacio, con esto se puede ver la gran flexibilidad del método para eliminar alternativas en cualquier momento sin que esto afecte los resultados hasta entonces obtenidos para las demás alternativas. De igual manera es posible incluir nuevas alternativas en cualquier momento, incluso al final, pues sólo se tendrán que estimar los valores para el nuevo renglón de la matriz de pagos, volver a asignar preferencias y pedir al programa que muestre la mejor alternativa. Esto es muy importante, dado que la industria del video digital

avanza rápidamente y en cualquier momento es posible obtener nuevos CODECs, que será necesario evaluar y comparar con los ya disponibles.

En este trabajo se ha presentado una idea de cómo poder utilizar métodos matemáticos para apoyar en la solución de problemas comunes que normalmente no están vinculados de manera directa con las matemáticas, pero que al analizarlos como un sistema, es posible sacar mucho provecho de la información disponible para lograr el mejor resultado.

En el párrafo anterior he usado la palabra *idea* en lugar de *método* solo para remarcar que es posible extenderlo tanto como sea necesario, dependiendo únicamente de las necesidades y la creatividad de quien así lo requiera.

## APÉNDICE 1

### EL PROGRAMA DE COMPUTO DE APOYO

#### El propósito del programa

El programa de cómputo diseñado para apoyar este trabajo ha sido creado con la finalidad de hacer más rápida y confiable la obtención de resultados.

Una de las partes fundamentales del método propuesto requiere de la estimación de la cantidad de memoria necesaria para almacenar el vídeo, para lo cual se ha propuesto hacer uso del análisis de regresión y correlación simple, que si bien es un método muy eficaz para obtener estimaciones y saber si dos variables están relacionadas, también es un método que requiere de muchas operaciones matemáticas para obtener los resultados. El tratar de hacer todas las operaciones sin la ayuda de un programa puede resultar demasiado lento y poco confiable debido a que un error en cualquier operación se vería reflejado en el resultado del análisis. Por otra parte el programa ofrece

una enorme velocidad para realizar el análisis de regresión pudiendo usar cuatro modelos diferentes, para que la tendencia de la relación entre las variables sea aprovechada al máximo y obtener la mejor ecuación que describa la relación entre estas. Además el programa ofrece la ventaja de poder crear archivos de datos, así se podrán ir añadiendo datos conforme estén disponibles y aprovechar más la información que se vaya generando.

Una vez que ya está formada la matriz de pagos del problema es necesario evaluarla con los cuatro criterios para resolver problemas bajo incertidumbre, aunque estos criterios impliquen hacer sólo algunas operaciones, no hay comparación con lo que el programa ofrece, puesto que sólo hay que definir la matriz de pagos y elegir el criterio a usar, inmediatamente el programa mostrará la mejor alternativa. Sin lugar a dudas es mucho más cómodo poder saber el resultado aplicando los cuatro criterios en unos cuantos segundos que hacer las operaciones manualmente.

Básicamente el programa esta pensado para que sea posible dedicar más tiempo a la interpretación de los resultados, al no perder tiempo en hacer operaciones mecánicas, además de brindar una mayor confiabilidad. En la

siguiente sección se presenta el manual del programa, que es una adaptación de la ayuda en línea que incluye el programa.

### Manual

Para iniciar el programa, desde el símbolo del sistema operativo y una vez que esté en el directorio en donde se encuentra el programa escriba *codec* y presione la tecla [ENTER]. Aunque el programa está diseñado para MS-DOS, es posible usarlo desde Windows 3.x y Windows 95. Para abrirlo desde Windows sólo haga doble clic sobre el icono del programa en el directorio en donde se encuentra este.

El programa muestra un menú en la pantalla principal con las opciones *Programa* y *Módulos*. Con las flechas elija un menú y al presionar [Enter] este mostrará el submenú correspondiente. Para cerrar el programa elija la opción *Salir* del menú *Programa*. El menú *Módulos* permite entrar al módulo de *Regresión* o al de *Modelos de decisión* al elegir cada una de las opciones. Si desea cerrar un submenú presione la tecla [ESC]. Los módulos que incluye el programa se explican en las siguientes secciones.

## Módulo para el análisis de regresión

Este módulo realiza la regresión y correlación de un grupo de pares de datos y permite ver su diagrama de dispersión. Los modelos de regresión que están disponibles son: *Lineal*, *Logarítmica*, *Exponencial* y *de Potencia*. Una vez efectuada una regresión es posible interpolar o extrapolar valores tanto para X como para Y. Los datos pueden ser guardados en un archivo, para modificarse, aumentar o borrar.

### Menú

El menú del módulo Regresión contiene cinco opciones: *Archivo*, *Agrega*, *Edita*, *Regresión* y *Diagrama de dispersión*, a continuación se explica cada una de ellos:

### *Archivo*

Esta opción despliega un submenú que consta de las siguientes opciones: *Abrir*, *Nuevo*, *Guarda*, *Info*, *Borra* y *Salir*

**Abrir.** Abrir significa indicar al programa con que archivo se va a trabajar, cuando se selecciona la opción abrir del menú archivo, se despliega una lista con los archivos disponibles para el módulo *Regresión*. Cuando se selecciona un archivo de la lista, el programa está listo para trabajar con ese archivo, es decir, modificar datos, efectuar las operaciones necesarias para su análisis de regresión, etc.



Parara seleccionar un archivo:



Seleccione con las flechas un archivo de la lista, y después presione [Enter].



Haga clic con el botón izquierdo dos veces consecutivas sobre el archivo deseado.

**Nuevo.** Esta opción permite crear un archivo nuevo para el almacenamiento de pares de datos. Este archivo puede ser utilizado únicamente en el módulo *Regresión*.

Cuando se selecciona Nuevo, directamente se pueden ingresar datos.

### Ingreso de datos

En la pantalla para ingresar datos existen dos casillas, en la primera se introduce el valor del dato X y en la segunda el valor del dato Y, entonces se presiona la tecla [Enter]. Ahora se debe introducir de la misma manera el siguiente par de datos. Cuando ya no hay mas datos por ingresar presione la tecla [ESC].

**Guarda.** Cuando se ha creado o se han hecho modificaciones en un archivo, es necesario guardar el archivo en disco, con el fin de que no se pierdan los cambios.

El programa preguntará el nombre con el que se desea guardar un archivo la primera vez que sea guardado. El nombre NO deberá exceder de 8 caracteres y puede contener letras y/o números, pero nunca un punto (.), ya que la extensión se asigna automáticamente.



La opción **Guarda** es llamada automáticamente cuando:

- El archivo en uso ha sido modificado, no se ha guardado y se intenta abrir o crear otro archivo.

- El archivo en uso ha sido modificado, no se ha guardado y se intenta salir del módulo.

*Info.* Esta opción muestra información de un archivo.

Cuando se abre un archivo la opción *Info* es llamada automáticamente para mostrar el nombre del archivo y el número de pares de datos.

Esta opción puede elegirse en cualquier momento, siempre que un archivo esté abierto.

*Borra.* Cuando un archivo ya no se pretende usar, el estar guardado en el disco consume espacio y es conveniente borrarlo usando la opción *Borra* del menú *Archivo*. Al seleccionar la opción *Borra* aparece una lista con los archivos que han sido creados en el módulo, se selecciona el archivo a borrar y se presiona *[Enter]*.

 Para seleccionar en la lista el archivo a borrar:

 Seleccione con las flechas un archivo de la lista, y después presione *[Enter]*.

☞ Haga clic con el botón izquierdo dos veces consecutivas sobre el archivo deseado.

*Salir.* Con esta opción se cierra el módulo y se regresa al *menú principal del programa.*

### *Agrega*

Esta opción permite agregar pares de datos a un archivo.

Para agregar pares de datos a un archivo se siguen los pasos que se describieron en la opción *Nuevo.*

Cuando se agregan pares de datos a un archivo, estos se incorporarán al final del mismo.

Es importante recordar que al agregar pares de datos a un archivo, este se modifica, por lo tanto hay que guardar el archivo nuevamente si se desea conservar los datos que han sido agregados.

### ***Edita***

Esta opción permite hacer modificaciones al archivo en uso. Los cambios que se pueden hacer son:

- Cambiar el valor de un dato. Simplemente posicione sobre el dato con las flechas o el ratón e introduzca el nuevo valor seguido de *[Enter]*.
  
- Borrar datos. Posicione en el par de datos que se desean borrar, hecho esto presione la tecla *[F2]*, se notará un cambio en el color, esto indica que el par esta marcado para borrarse, se pueden marcar tantos pares como sean necesarios, si se desea quitar la marca a un par, vuelva a presionar *[F2]* sobre él y regresará al color normal. Una vez que ya esté marcado o estén marcados los pares a borrar, hay que presionar la tecla *[F4]*, los pares se borrarán ahora.

Es importante que recuerde que al cambiar o borrar pares de datos a un archivo, este se modifica, por lo tanto hay que guardar el archivo nuevamente si se desea conservar los cambios.

### **Regresión**

Esta opción del menú despliega un submenú con el que se puede elegir el modelo de regresión con el que se desea analizar los pares de datos. Los modelos disponibles son: *Lineal*, *Logarítmico*, *Exponencial* y *de Potencia*.

Esto indica que a un archivo se le puede aplicar cualquier modelo o si es necesario, aplicar cada uno de ellos al mismo conjunto de datos para ver qué modelo arroja los mejores resultados.

*Regresión Lineal*. En esta opción se obtiene la regresión lineal. El modelo usado es el siguiente:

$$Y = a + bX$$

*Regresión Logarítmica*. En esta opción se obtiene la regresión logarítmica. El modelo que se usa es:

$$Y = a + b \ln(X)$$

Nota: Para este modelo se obtiene el logaritmo natural de cada dato  $X$ , por lo tanto hay que tener cuidado de que los datos en  $X$  sean mayores a 0.

anterior es observar el diagrama de dispersión de los datos, los cuales se grafican en un plano X,Y.

Al seleccionar esta opción se presenta el diagrama de dispersión de los datos del archivo que está abierto. Una vez en el diagrama de dispersión, con [ESC] se regresa al menú del módulo Regresión.

Otra ventaja del diagrama de dispersión es que permite tomar la decisión de qué modelo es el más adecuado, por ejemplo, si se observa que los puntos se agrupan al rededor de una línea recta, el mejor modelo es el lineal.

#### ¿Desea Interpolar?

Una vez que se han observado los resultados y se cierra el análisis con la tecla [ESC] aparece un mensaje: ¿DESEA INTERPOLAR? con las opciones Si y No. Si desea interpolar o extrapolar valores con la ecuación que se obtuvo anteriormente seleccione la opción Si.

La interpolación utiliza los coeficientes del último análisis para interpolar, esto significa por ejemplo, que si se ha efectuado una regresión lineal y después se realiza

una interpolación ó esxtrapolación, se utilizará la ecuación del modelo de regresión lineal para interpolar o extrapolar valores.

El programa ofrece una gran flexibilidad para interpolar o extrapolar tanto valores de X como de Y, lo único que se debe hacer es poner la variable conocida (X ó Y) y su valor, el programa responde con el valor estimado de la otra variable. Por ejemplo, si se tiene el dato X = 5, y se desea conocer el valor estimado para Y, simplemente hay que poner en la casilla *Variable* una X y en la casilla *Valor* el dato 5, automáticamente se mostrará el valor estimado de la variable Y. Por otro lado, si se tiene como dato Y = 3, y se requiere obtener el valor estimado para la variable X, hay que poner en la casilla *Variable* una Y y en la casilla *Valor* el dato 3, el programa responde con el valor estimado para la variable X.

## Módulo de apoyo para seleccionar la mejor alternativa bajo incertidumbre

Este módulo permite aplicar a una matriz de pagos los cuatro criterios para resolver problemas de incertidumbre, y así seleccionar la mejor alternativa.

El menú de este módulo tiene tres opciones: *Matriz de pagos*, *Criterio* y *Salir*. La opción *Matriz de pagos* es usada para definir una nueva matriz, la opción *Criterio* se usa para elegir el criterio que se desea aplicar a la matriz para seleccionar la mejor alternativa. La opción *Salir* cierra el módulo y regresa al menú principal del programa.

### **Matriz de pagos**

Esta opción permite definir las dimensiones de la matriz de pagos que va a ser analizada, es decir, el número de alternativas y el número de estados de naturaleza. Al elegir esta opción se preguntará el número de alternativas (renglones) y el número de estados de naturaleza (columnas). Una vez definida la matriz, esta aparecerá en la pantalla para que se introduzcan los valores correspondientes. La matriz permanecerá en la pantalla hasta que se defina una

nueva, por lo tanto, con solo definir una matriz será posible evaluarla con cada uno de los criterios. La dimensión de la matriz puede ser mínimo de  $2 \times 2$  y máximo de  $7 \times 7$ .

### Criterio

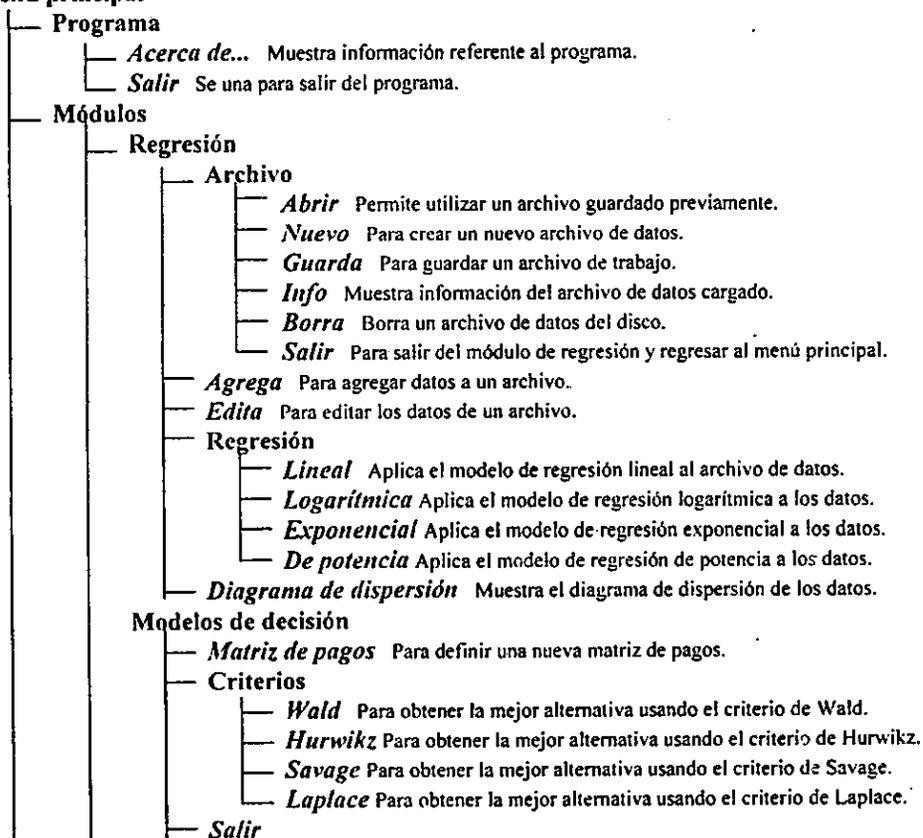
Al seleccionar esta opción del menú y presionar la tecla [ENTER] se desplegará un submenú con las opciones *Wald*, *Hurwikz*, *Savage* y *Laplace*. Al elegir una de estas opciones se analizará la matriz de pagos con el criterio correspondiente a la opción elegida y se mostrará inmediatamente la mejor alternativa obtenida con ese criterio.

Cuando se elija el criterio de Hurwikz se preguntará el *coeficiente de optimismo* con el que se analizará la matriz. Introduzca un valor en el rango  $[0,1]$  para dicho coeficiente, entre más grande sea, mayor optimismo se estará asignando a los resultados de los que depende la selección de la alternativa.

## Diagrama de navegación del programa

El siguiente diagrama muestra los menús del programa de apoyo así como una breve descripción de cada uno. Se presenta como complemento al manual y proporciona una idea esquemática de la navegación del programa, además de complementarse con la ayuda en línea que ofrece el programa.

## Menú principal



## NOTA:

- Los títulos en negritas normales representan tanto a menús como a submenús.
- Los títulos en negritas cursivas representan acciones específicas a realizar.

## BIBLIOGRAFÍA

DRAPER, N. R.

SMITH, H.

"Applied Regression Analysis".

Segunda edición.

Ed. Wiley.

E.E.U.U., 1981.

WALPOLE.

MYERS.

"Probabilidad y estadística."

Cuarta edición.

Ed. MacGraw-Hill.

México, 1992.

BURDEN, Richar L.

DOUGLAS FAIRES, J.

"Análisis numérico."

Primera edición.

Ed. Iberoamericana.

México, 1985.

HAROLDO ELORZA.

"Estadística para ciencias del comportamiento".

Primera edición.

Ed. HARLA. México, 1987.

CHARLES A. CALLAGHER

"Metodos Cuantitativos para la toma de decisiones en  
Administración."

Hugo Hugh

Ed. Mc Graw Hill

APPLE COMPUTER, INC.

"QuickTime 2.0, Developer Guide for Macintosh "

Apple Computer, Inc., December 21, 1994

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED.

"Adobe Premiere 4.0 Users Guide."

Adobe Systems Incorporated, 1994

#### ARTÍCULOS

GREGG WILLIAMS

"QuickTime 1.5: Delivering the Promise."

Apple Direct newsletter, November/December, 1992 edition

CRAIG BIRKMAIER

"Compressing, the future of video"

Videography magazine, January 1994.

Cualquier comentario respecto a este trabajo podrá ser  
enviado a la siguiente dirección Internet:

[jcms@iname.com](mailto:jcms@iname.com)