

**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS .**

**PLANEACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE INFORMACION  
EN EMPRESAS DE AGUA .**

**TEMAS:**

- I .- INTRODUCCION AL CURSO
- II .- GUIA TECNICA SOBRE INDICES PARA CONTROL  
DE GESTION
- III.- SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL
- IV .- TEMAS DIVERSOS

**COORDINADOR ACADEMICO**

**ING. MARIO BUENFIL R.**

# PLANEACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE INFORMACION EN EMPRESAS DE AGUA

## NOTAS PARA EL ALUMNO

<b><u>Duración:</u></b>	<b>40 horas</b>
<b><u>Coordinador:</u></b>	<b>Mario Buenfil R.</b>
<b><u>Instructores:</u></b>	<b>Victor Bourguet Mario Buenfil R. Francisco Flores H. Ramón Piña S. Joel Rangel M. Miguel A. Reyes Leonel Ochoa A. Jorge Salas P. Ricardo Sandoval M.</b>

**Dirigido a:** directores generales, directores de área o jefes de departamento de planeación o de informática en empresas u organismos operadores de agua potable y alcantarillado de ciudades entre 50,000 y 700,000 habitantes. Así como a estudiantes de maestría en economía y finanzas en ingeniería, programadores de sistemas de información y personas involucradas en planeación o evaluación de sistemas de agua y alcantarillado.

**Objetivo:** Presentar a los participantes un panorama de aspectos de organización, planeación y toma de decisiones en instituciones relacionadas con servicios urbanos de agua y alcantarillado (o empresas de servicio público comparables). Así como de técnicas y software disponibles, o factibles de desarrollar, para analizar la información y apoyar la toma de decisiones.

### **Temario:**

- I. Problemática, definiciones y objetivos**
- II. El proceso de planeación en un sistema de APA**
- III. Control de Calidad**
- IV. Características y uso del SeeeA**
- V. Análisis financiero y desarrollo institucional**
- VI. Conceptos formales de un MIS**
- VII. Otros S.I. y programación**

## CONTENIDO DE LAS NOTAS

### **CAPITULO I: INTRODUCCION AL CURSO**

- I.1 Descripción del temario**
- I.2 Objetivo del curso**
- I.3 Formato de cuestionario-encuesta**
- I.4 Figuras y diagramas principales**

### **CAPITULO II: GUIA TECNICA SOBRE INDICES PARA CONTROL DE GESTION**

### **CAPITULO III: SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL**

### **CAPITULO IV: TEMAS DIVERSOS**

- IV.1 Análisis financiero**
- IV.2 Estilos de liderazgo**
- IV.3 Confiabilidad de los datos para la planeación**
- IV.4 Ciclo para desarrollar un sistema de cómputo aplicado**
- IV.5 El "control" y sus fundamentos**
- IV.6 Causas y excusas de fallas en la planeación**
- IV.7 ¿Qué es el control total de calidad?**
- IV.8 Sistemas de información documental computarizados**

- IV.9**            **Sistemas de información y vigilancia de la calidad de los servicios hidráulicos en el D.F.**
- IV.10**          **Sistemas de información y vigilancia de la calidad del agua en el D.F.**
- IV.11**          **Técnica de la "cruz maltesa"**

**CAPITULO V:        ESTADISTICA, PRONOSTICO Y CONFIABILIDAD**

- V.1**            **Fundamentos de estadística, economía y dirección**
- V.2**            **Riesgo y confiabilidad en sistemas de agua potable**
- V.3**            **Teoría de muestreo**
- V.4**            **Pronóstico de demanda**
- V.5**            **Medición e incertidumbre**

**CAPITULO VI:      SISTEMA DE EVALUACION DE EFICIENCIA EN EMPRESAS DE AGUA (SeeeA)**

- VI.1**          **Introducción**
- VI.2**          **Montaje y uso del sistema**
- VI.3**          **Subdirectorios y archivos que componen al SeeeA**
- VI.4**          **Descripción de rutinas de trabajo**
- VI.5**          **Mejoras al sistema de información gerencial de la empresa**
- VI.6**          **Elementos de soporte del SeeeA**

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION AL CURSO**

Encuesta -cuestionario- # 1 del curso:

"PLANEACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EMPRESAS DE AGUA"

Pregunta	A nivel Director de empresa APA	A nivel Estatal o Nacional
1. ¿ QUE ES LA INFORMACIÓN ?		
2. Enumere las dificultades para tener información		
3. Para que nos sirve o puede servir la información		
4. ¿ Que es un sistema de información (SI) ?		
5. Partes o componentes que conforman un SI		
6. Pasos o etapas para desarrollar un SI		
7. ¿ Cuanto cuesta un SI ?		
8. ¿ Que beneficios aporta un SI ? (¿que opina de su relación beneficio/costo?)		

**PLANEAR**

*Predecir, prever, fijar  
metas, procedimientos,  
estrategias*

**ORGANIZAR**

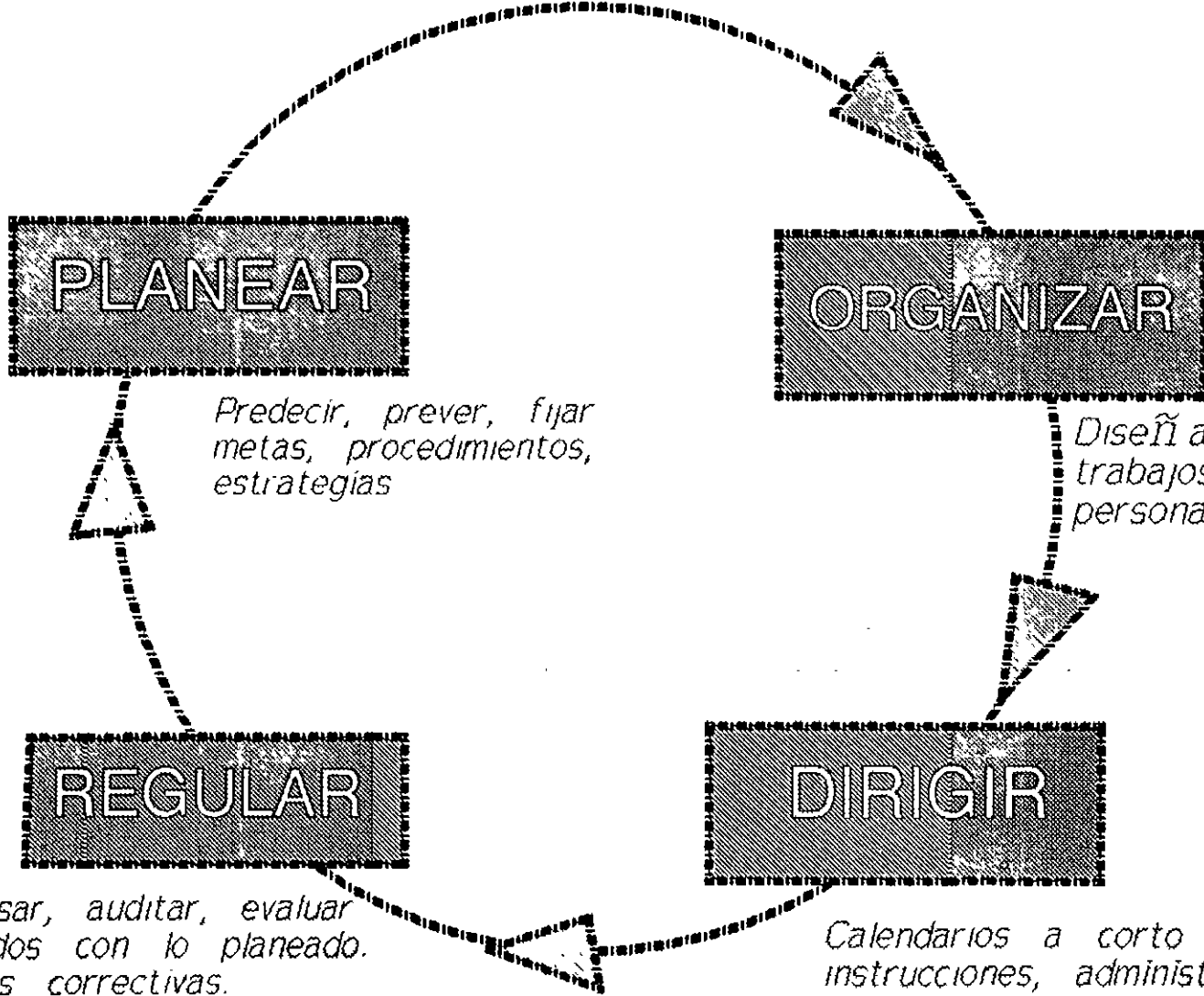
*Diseñar, describir  
trabajos, asignar  
personal, programar*

**REGULAR**

*Supervisar, auditar, evaluar  
resultados con lo planeado.  
Acciones correctivas.*

**DIRIGIR**

*Calendarios a corto plazo,  
instrucciones, administrar,  
conducir, instruir, implantar,  
asignar dinero o equipo.*



PLANEAR

*Predecir, prever, fijar metas, procedimientos, estrategias*

ORGANIZAR

*Diseñar, describir trabajos, asignar personal, programar*

REGULAR

*Supervisar, auditar, evaluar resultados con lo planeado. Acciones correctivas.*

DIRIGIR

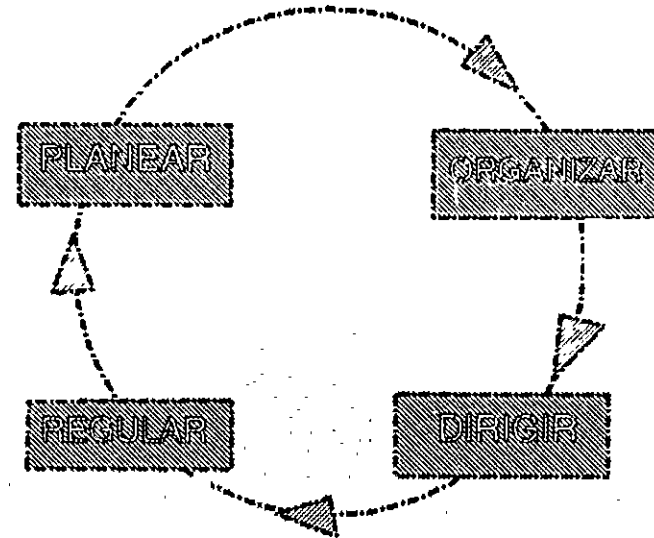
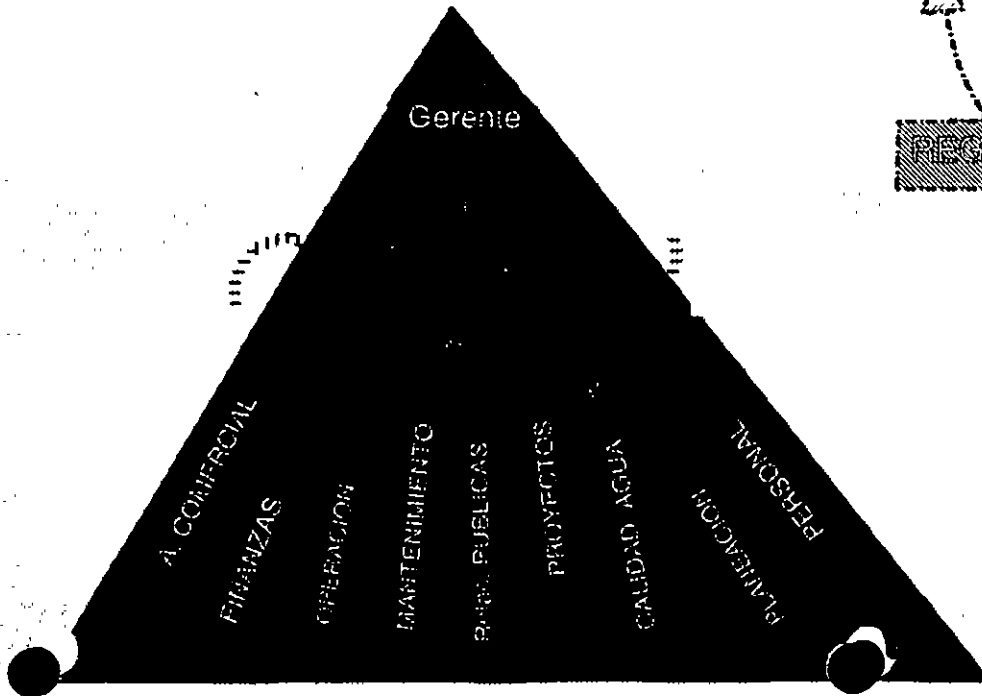
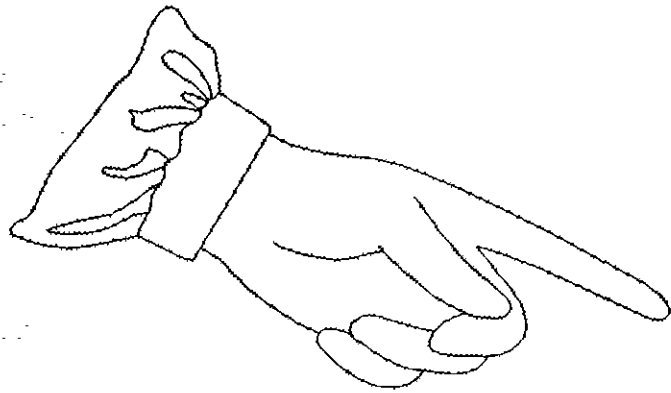
*Calendarios a corto plazo, instrucciones, administrar, conducir, instruir, implantar, asignar dinero o equipo.*



Hoja tecnica sobre

# INDICES PARA CONTROL DE GESTION

IMTA  
julio, 1995

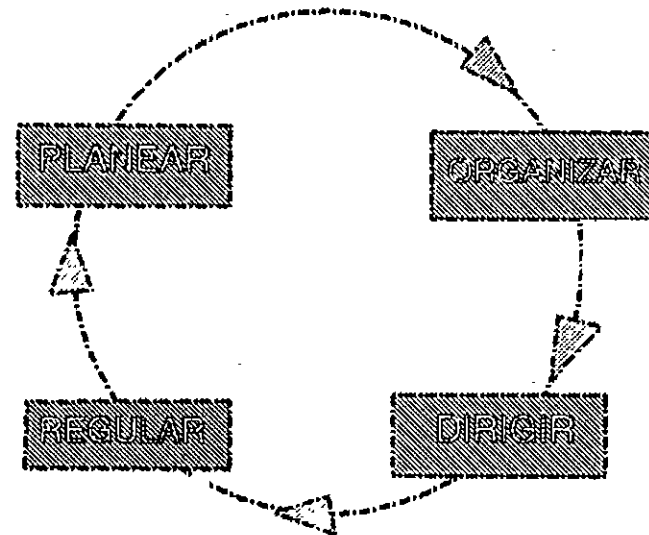
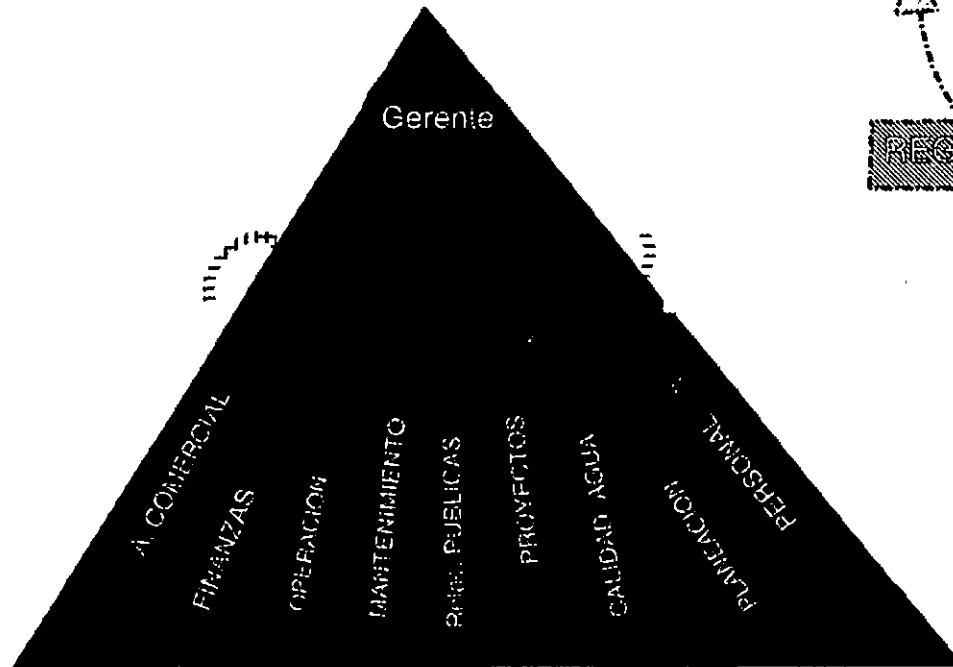
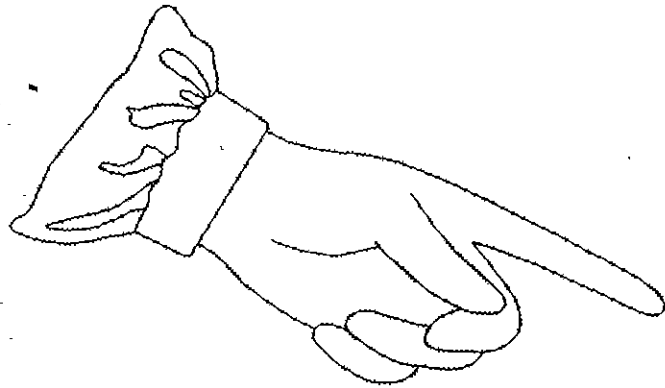


8  
I.4

*Hoja tecnica sobre*

# INDICES PARA CONTROL DE GESTION

IMTA  
julio, 1995



# Rutina en un S.I.

```
graph TD; A[Generacion o medicion y transmision] --> B[ ]; B --> C[Uso de la informacion]; C --> D[ ]; D --> A;
```

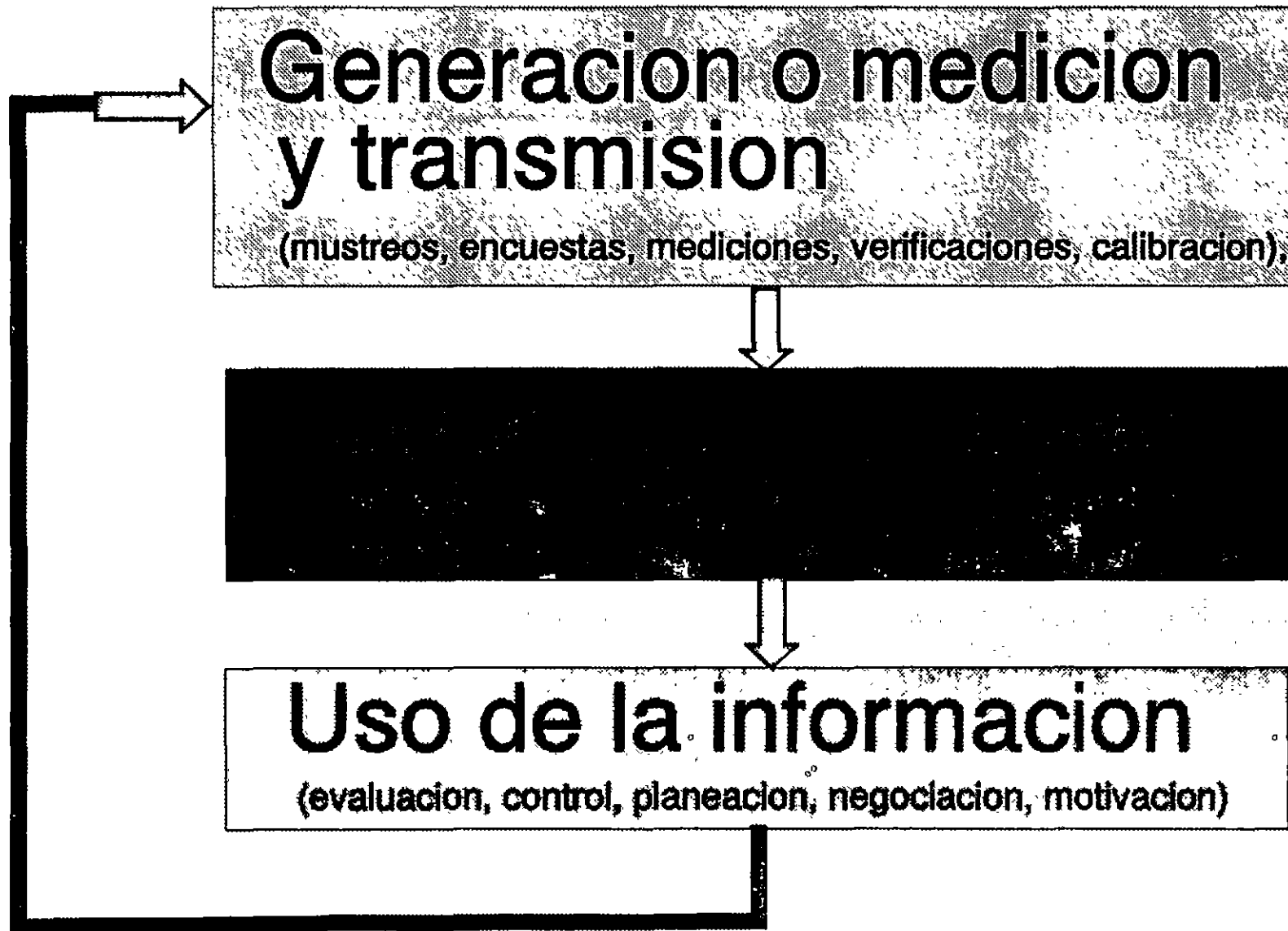
**Generacion o medicion y transmision**

(muestreos, encuestas, mediciones, verificaciones, calibracion).

**Uso de la informacion**

(evaluacion, control, planeacion, negociacion, motivacion)

# Rutina en un S.I.



***N. Nacional***

***N. regional***

***Nivel estatal***

***Nivel municipal***

***Nivel local***

***N. Nacional***

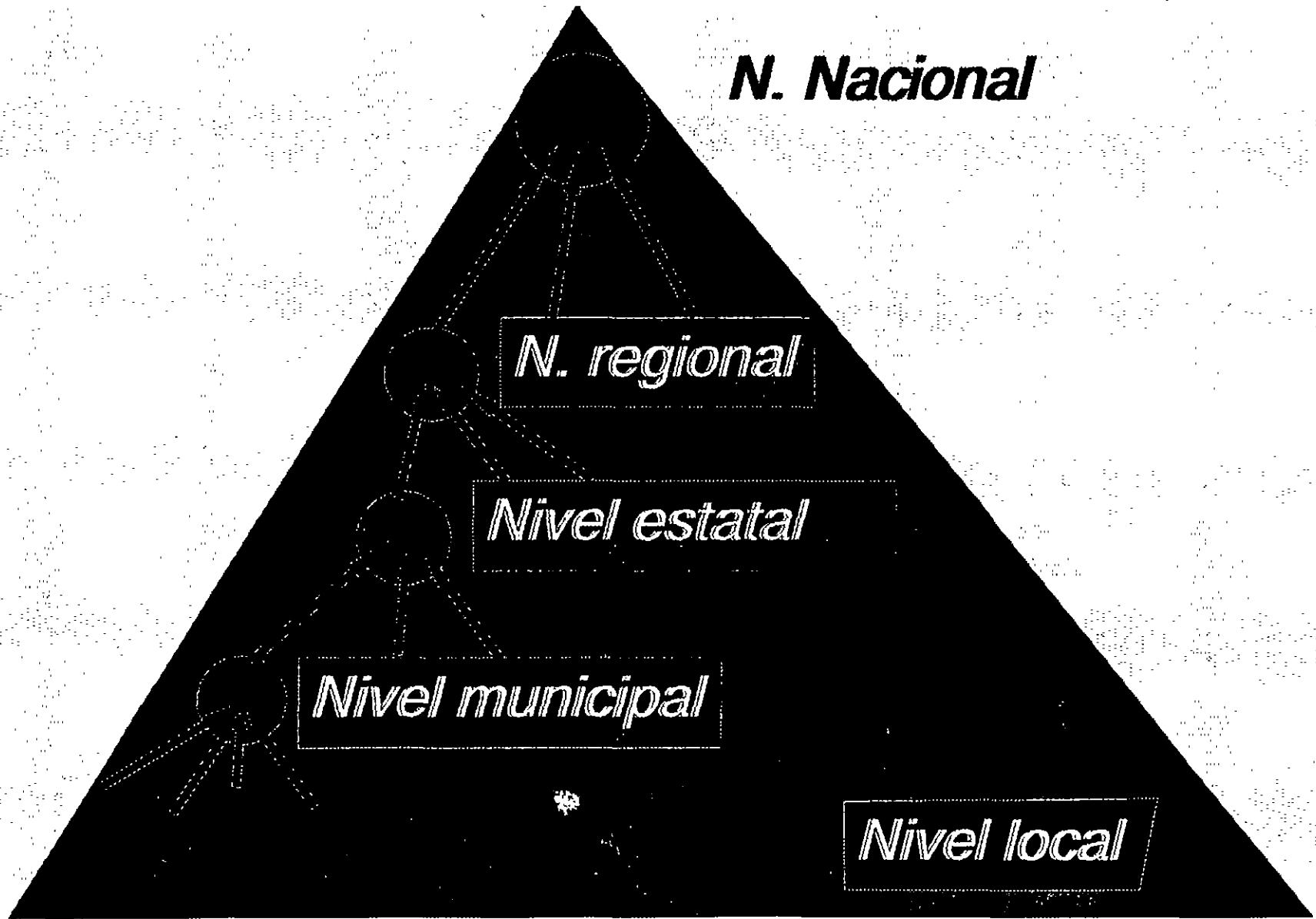
***N. regional***

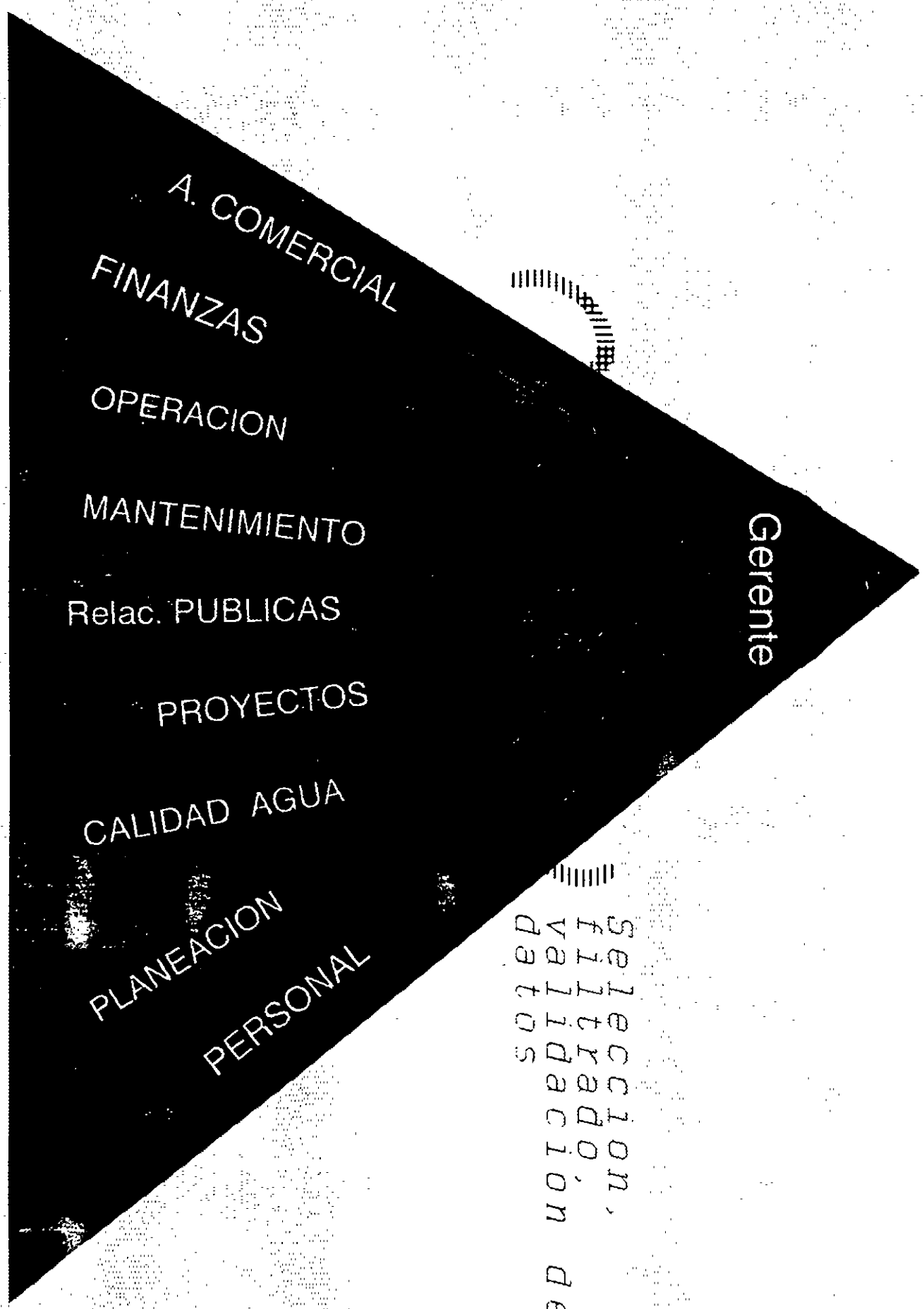
***Nivel estatal***

***Nivel municipal***

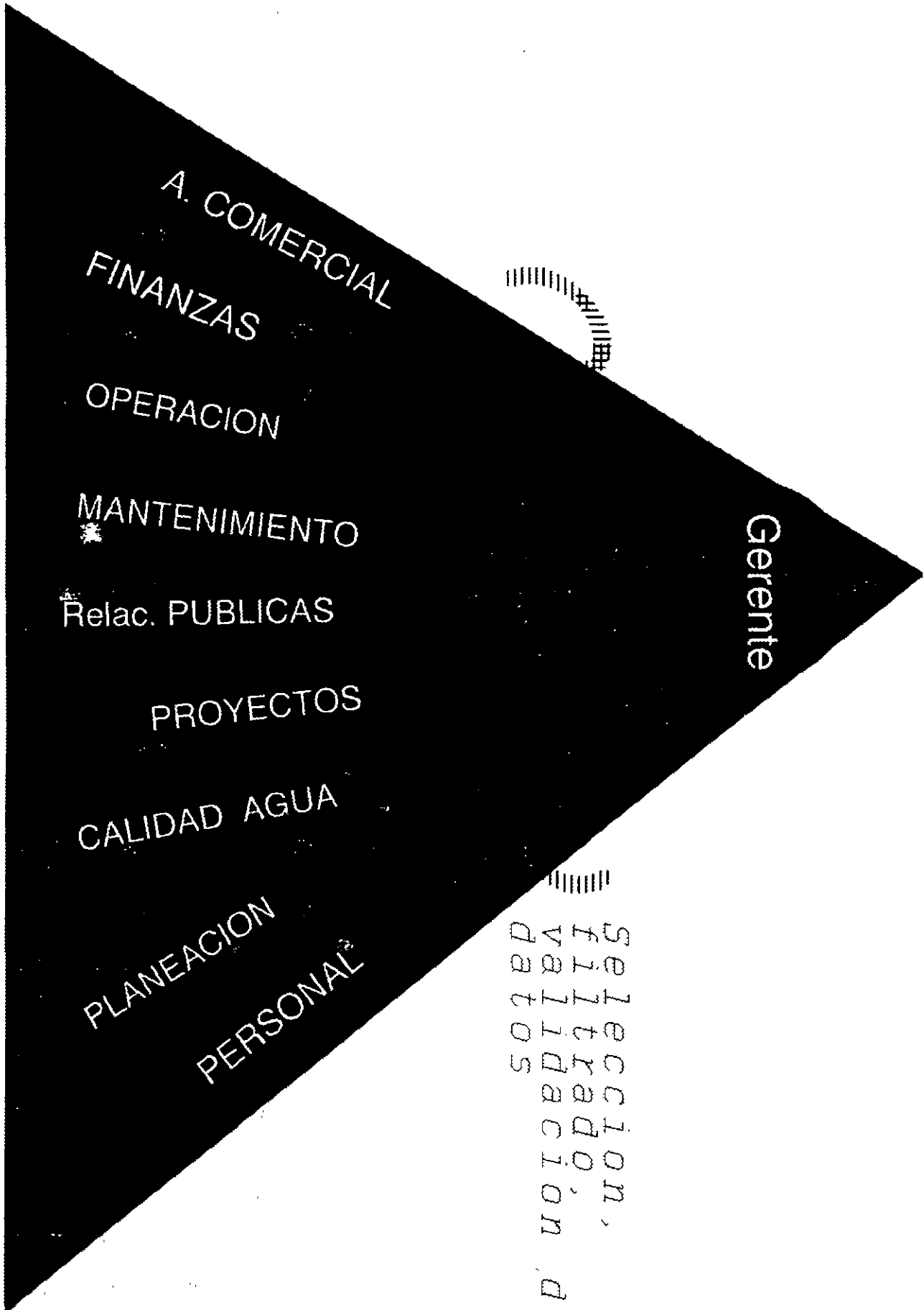
***Nivel local***

T. 4





SELECCION,  
FILTRACION,  
VALLOS  
DATOS



SELECCION,  
VALIDACION, de  
datos



## **CAPITULO II**

# **GUIA TECNICA SOBRE INDICES PARA CONTROL DE GESTION**

Guía TÉCNICA sobre INDICES para CONTROL de GESTIÓN  
en servicios de abastecimiento y drenaje urbano.

M. Buenfil 13/agosto/95

1.- ALCANCE de la Guía TÉCNICA

**1.1 Objetivo.-** Dar a conocer los principales parámetros e indicadores que deben monitorearse periódicamente como apoyo al *control de la gestión* de una empresa prestadora de servicios urbanos de agua y saneamiento, al *nivel del directivo o gerente* de la misma.

**1.2 Usuarios.-** Principalmente está dirigida a responsables de la planeación y el control general de actividades en organismos operadores o empresas que dan servicios de agua potable y alcantarillado en localidades urbanas entre 10,000 y 800,000 habitantes. O a quienes administran o supervisan agrupamientos de varios sistemas dentro de un organismo normativo, municipal, estatal o regional.

En realidad el rango de población anterior es flexible. Se da solamente como pauta de las ciudades que *deben tener capacidad y necesidad* de establecer un sistema de información (S.I.) formal para el *seguimiento serio y rutinario* de, cuando menos, los parámetros e índices aquí señalados (empresas más grandes necesitan más índices de control, y en ciudades muy chicas se pueden eliminar algunos de los aquí especificados, para tener sistemas de monitoreo más relajados).

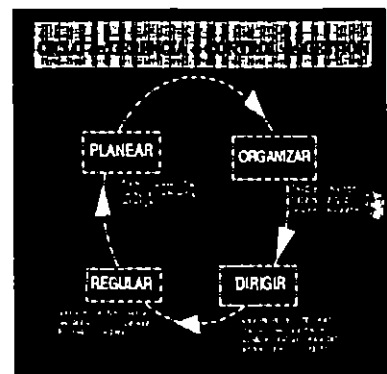
2.- GENERALIDADES

**2.1 Gerenciamiento de sistemas de agua y alcantarillado**

Todo director (gerente) de una empresa de servicios de agua tiene la misión de planear, organizar, dirigir y regular (ver figura) los trabajos que permitan: "*Proveer agua limpia y segura y recoger el agua residual cumpliendo estándares de calidad preestablecidos*"; y "*preservar y usar eficientemente las inversiones existentes en las instalaciones y equipos del sistema*". Ref. AWWA, 1982.

Otra manera de describir el ciclo es: *gerenciamiento estratégico* (establecer objetivos, prioridades, estrategias), *gerenciamiento táctico* (metas a corto plazo recursos necesarios, fijar programas y presupuestos), y *gerenciamiento operativo* (programas semanales, seguimiento de trabajos, evaluación de desempeño). Ref. Hansen Information Technologies

Para cumplir sus obligaciones hay varias herramientas y técnicas que puede emplear (manuales, especificaciones, inventarios, calendarios, metas, presupuestos, etc); pero una de las principales, y motivo de esta *guía técnica*, es el **control de gestión** o auditoría gerencial que puede hacerse mediante índices de evaluación.



Los objetivos del **control** que debe ejercer todo gerente son: Evaluar procedimientos y prácticas actuales y procurar descubrir mejores formas de desempeñar y administrar el trabajo para cumplir satisfactoriamente sus obligaciones de servicio. Recomendar los cambios pertinentes (estrategias, métodos, etc) para mejorar la eficiencia de los trabajos y reducir sus costos.

## **2.2 Necesidad e importancia de los índices de control**

Para que una empresa de servicios públicos funcione adecuadamente, es indispensable que tenga algunos *parámetros de control de calidad*, claramente definidos y conocidos, si no por todo el personal, cuando menos por quienes estén en puestos clave del organismo.

Dentro de lo posible los parámetros de control deben ser fijos y haber sido propuestos y aceptados por un *grupo interdisciplinario*, buscando por un lado atender los aspectos más importantes y delicados de la misión y obligaciones de la institución, y por otro lado los aspectos prácticos de cómo se medirá y procesará la información.

Estos parámetros, que a su vez pueden transformarse aritméticamente y simplificarse en *índices de control* (generalmente adimensionales), deben ser susceptibles de *monitoreo frecuente*, lo que su evaluación apoyará a los directivos de las diferentes áreas al *tomar decisiones* para cumplir sus funciones técnico-administrativas. Por ejemplo: medir la eficiencia y eficacia en el uso de recursos y la calidad de los servicios ofrecidos, y establecer medidas correctivas en actividades cotidianas relevantes. Por lo mismo la transformación de esos parámetros en índices debe ser sencilla y su significado físico debe ser fácil de entender y manejar.

Al definir y establecer los parámetros e índices de control debe considerarse que, además, puedan aprovecharse para agilizar la comunicación hacia niveles superiores (por ejemplo gobierno municipal o estatal, bancos crediticios, etc.).

También deben permitir comparar, sobre bases imparciales, el desempeño de una empresa contra si misma en épocas anteriores, o contra logros de otras empresas similares. Asimismo, deben facilitar supervisar el cumplimiento de metas fijadas en planes, y obligar a que éstos sean realistas y no únicamente palabrería.

El manejar parámetros predefinidos, como los propuestos en esta *guía técnica*, permitirá centrar los esfuerzos de recopilación, seguimiento y evaluación, en unos cuantos elementos bien sustentados y aceptados por muchas instituciones. Lo que también ayudará a establecer y mejorar procedimientos que contribuirán al *desarrollo de la institución*.

### 2.3 Importancia de definiciones consistentes.

La estandarización de definiciones y procedimientos de cálculo para los parámetros de control mejorará la comunicación interna en la empresa. Análogamente, si esas mismas acepciones se manejan en diferentes empresas de agua o instituciones de la región, estado o país, la comunicación y apoyo recíproco puede mejorar sustancialmente.

Cuando las definiciones cambian erráticamente, según interpretación de cada jefe de área, o conforme a modas o preferencias del directivo en turno, es muy difícil poder hacer comparaciones fidedignas y un seguimiento imparcial de los avances y cumplimiento de las metas. La madurez de una empresa (su *desarrollo institucional*) se refleja precisamente por la estabilidad en sus conceptos y criterios de monitoreo.

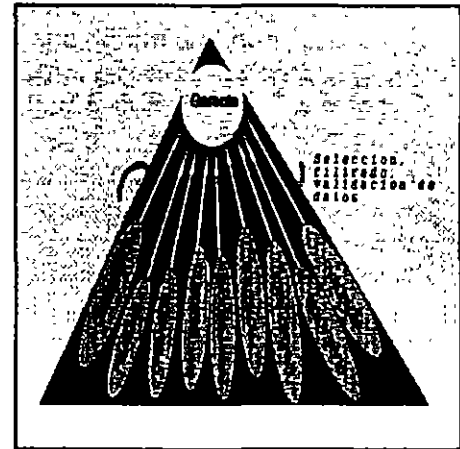
En la secciones 3, 4 y 5 de esta hoja técnica se mencionan definiciones breves para algunos conceptos, parámetros e índices; y en el paquete de apoyo anexo ("sistema monitoreo para las empresas", SAEPL<sup>1</sup>), se amplían esas definiciones.

<sup>1</sup> Versión número del software Base de Datos de evaluación de eficiencia de empresas de agua

### 2.4 Niveles, canales y flujos de la información.

En una empresa de agua y saneamiento es enorme y variadísima la cantidad y tipo de datos manejados. Cada jefe de área (comercial, técnica, operativa, mantenimiento, financiera, personal) para cumplir su labor se concentra en un amplió y específico grupo de datos. Por otra parte, el supervisor o superior de ellos no requiere conocer a detalle todos esos datos para saber si cumplen eficientemente sus tareas y cuales son las necesidades de apoyo de cada área.

Esto equivale a decir que dentro de cada organización hay escalas y grados para manejar datos y tomar decisiones, lo que puede representarse como una *pirámide de flujo de información* (ver figura). Cada departamento maneja datos especializados, normalmente en gran cantidad, en los cuales fundamenta sus decisiones y su rutina de trabajo. Sin embargo debe hacer una *selección, filtrado o resumen* de ellos antes de transmitirlos a su supervisor (el supervisor a la vez debe tener mecanismos para asegurarse que lo que recibe es razonablemente verídico).



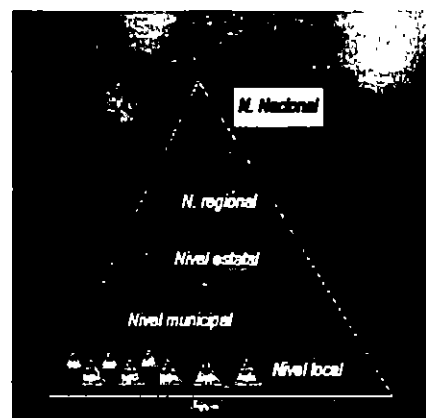
De esta manera, a medida que se asciende en la *pirámide* y aun cuando se agregue información de diferentes áreas de especialización, los datos suele ir disminuyendo en número, pero aumentando en nivel de importancia para sustentar decisiones que pudieran ser más trascendentes.

Una de las principales labores de todo directivo es establecer y mantener *líneas de comunicación* formal, que aseguren flujos de información *fluidos, confiables, frecuentes y oportunos*. Bajo normas y procedimientos bien organizados, que regulen la cantidad y calidad de datos, y su periodicidad de transmisión, para que el flujo sea razonable (ni excesivo ni escaso) en relación al la *utilidad* potencial de tal información. Los informes periódicos no deben verse sólo como una obligación de los subordinados hacia sus superiores, sino como una línea de comunicación formal, y la oportunidad para comentar avances y pedir o dar apoyos.

**Lo más difícil en todo sistema de información es definir los parámetros, los criterios de medición y comprobación, y los flujos de comunicación, y desde luego, poner en marcha todo esto. Actualmente, gracias a las computadoras y sistemas informáticos existentes, el procesamiento y manejo de la información es relativamente simple. Otra cuestión importante y delicada es: cómo usar la información eficientemente dentro de los procesos de decisión.**

Así como hay una pirámide de información en una empresa de agua, se puede imaginar un S.I. más amplio, que requiera datos de muchas empresas u organismos operadores para tener una visión de la situación de agua potable y saneamiento de todo un municipio, o de todo un estado, o de todo el país, o de todo el planeta; como una gran pirámide cuyos cimientos son las pequeñas pirámides correspondientes a cada organismo local. Dentro de esa gran estructura también el *número de los parámetros*<sup>1</sup> disminuye con la altura, y su *frecuencia de monitoreo* se amplifica, pero su *importancia estratégica* puede aumentar.

Para poder establecer un sistema de monitoreo y control nacional es imprescindible que cada organismo local cuente con sistemas de información compatibles (con parámetros e índices, y definiciones, similares entre sí). Es recomendable que la cantidad de información manejada a *nivel local* sea mas amplia y precisa que la solicitada a *nivel central* (superior), pues de otra manera no hay mecanismos de comprobación (supervisión de los datos), ni un control efectivo sobre las decisiones o apoyos recibidos, y sería un sistema inútil (o cuando menos ineficiente, inestable y poco confiable).



## 2.5 Componentes y ciclo de un sistema de información

Todo responsable del servicio de agua a una población, y de impulsar el desarrollo de la institución que lo brinda, debe recordar que el *sistema de información* no consiste en "software" o sistema de computadora empleado como apoyo (puede existir un buen S.I. sin recurrir a la computadora, al igual que un mal sistema aun con las mejores computadoras y programas). La figura 2.5 ilustra los *componentes rutinarios* de un S.I., es decir las tareas que periodicamete hay que hacer para mantener actualizado el sistema. Para una empresa de agua es recomendable que el periodo sea de un mes. Existen otros componentes que aunque no forman parte del ciclo rutinario son esenciales para el buen funcionamiento del S.I. (ver tabla en sec. 2.6).

Dependiendo de los programas empleados, la parte referente a *captura y manejo* de datos puede ser complicada (si no está bien sustentada y planeada), o muy fácil. Lo lógico es que actualmente esa sea la parte mas sencilla, barata y rápida (todos pueden comprar buenas computadoras y paquetes como *SeeA*, o *SIMPLE*).

<sup>1</sup> La cantidad de datos sí puede ser muy grande, al ser muchos los sitios (localidades, ciudades) monitoreadas, pero los factores importantes son sus totales, promedios y otros indicadores estadísticos.



Lo referente a *obtención de datos* (generación, recopilación) es la más delicada y requiere buena planeación<sup>2</sup> (procedimientos para encuestas, mediciones, muestreos; definiciones; formatos e instructivos; líneas de mando; capacitación; criterios de supervisión; selección, adquisición, instalación y calibración de aparatos de muestreo, conteo o transmisión; etapas de implantación; etc.) y estricta organización logística para generar periódicamente cada dato (muestreo, medición, equipos, insumos, calibración, prueba, capacitación, verificación, etc.)

El *uso de la información* evidentemente es la parte más importante de todo S.I., y lo correcto es que se vea como un componente más. Si únicamente se trata de monitorear y captar datos, pero se carece de la visión de como y para qué se usarán las cifras, es probable que pronto contenga errores y basura, y se abandone por obsoleto y falto de interés y apoyo. El principal uso debe ser sustentar decisiones rutinarias del control gerencial (ver figura en sec. 2.1); pero también debe soportar la planeación a largo plazo, el establecimiento de metas, las asignaciones de presupuestos, los ajustes a la organización, etc.

## 2.6 Costo y beneficio de la información

La tabla adjunta, en su segunda columna, presenta las diferentes etapas de preparación, implantación, empleo y maduración de un S.I. En la primera columna aparecen, a manera ilustrativa, números relativos al grado de dificultad o "costo" que pudieran tener cada actividad o etapa.

El grupo de actividades sombreadas son las periódicas, que hay que hacer, y pagar —*gastos operativos*—, mes con mes. El primer grupo: planeación, diseño, capacitación, implantación; solo se hacen una vez —*inversión inicial*—, o sus ajustes son esporádicos —*gastos de ajuste o reemplazo*—. La comunicación a niveles superiores (transmisión para negociaciones y divulgación interna) también puede tener una periodicidad distinta (mas amplia) —*gastos contingentes*—.

La intención del cuadro es resaltar que hay que reservar suficientes recursos para que opere adecuadamente un S.I. y que, proporcionalmente, la captura y manejo de datos es poco costosa. Asimismo, que es benéfico aprovechar experiencias de organismos y compañías consultoras que pueden reducir sustancialmente los **costos**. A manera de ejemplo, se estima que usando el paquete *SeeA*, así como los índices y comentarios de esta *guía técnica*, los

Costos de los componentes de un S.I.	
<i>(costos en unidades ficticias, solo para ilustrar la posible proporción entre los distintos componentes)</i>	
Rango de costo	Etapas o concepto
200 *	Planeación del S.I. Diseño del S.I. y paquete apoyo Capacitación Implantación
400 *	
100	
400	
100	Generación, recopilación, medición Transmisión local (interna) Supervisión, validación Captura, procesamiento Uso (evaluación, metas, asignaciones, decisiones, control, regulación)
20	
50	
30 *	
60	
40	Transmisión externa Divulgación a áreas internas
50	

\* puede reducirse sustancialmente empleando programas y metodologías prediseñadas, como las del *SeeA*.

<sup>2</sup> El diseño del S.I. debe definir la cantidad, tipo y sitios para medidores de flujo a instalar o muestras de calidad del agua a tomar. Es decir, lo ideal es supeditar la adquisición e instalación de equipos al diseño del S.I. y no a la inversa. Ref. OMS-IMTA, 1989

costos de las actividades marcadas con asterisco en la tabla, pudieran reducirse a un 30%.

En la tabla no se anota una columna de *beneficios* de la información, pero es evidente que, como en toda inversión bien planeada, debe haber una proporción favorable entre el beneficio y el costo, al menos después de cierto periodo de amortización<sup>3</sup>. Si un S.I. tiene un saldo favorable, no sirve y hay que sustituirlo o ajustarlo (cantidad de datos, frecuencias, nivel de detalle). En la secciones 2.9 y 2.10 se dan más comentarios sobre esto.

## 2.7 Metas, monitoreo y control.

El monitoreo carece de sentido si no se liga a *objetivos y metas*. Las metas suelen ser cuantitativas y los objetivos algo mas abstracto, sin embargo como *razón de ser* de un sistema de información y monitoreo, es indispensable tenerlas *definidas con claridad*. Dependiendo del enfoque y precisión, una meta u objetivo sería: mejorar la calidad del servicio (cobertura, tipo de agua, atención al público) que ofrece la empresa; o, utilizar adecuadamente un recurso nacional (agua, personal, dinero).

El *monitoreo* de parámetros clave, mediante un *sistema de información*, es la única manera de conocer si se cumplirán las metas. Además, es indispensable para poder idear controles, apoyos y acciones para lograr que se cumplan los objetivos y metas.

Otro tipo de *metas*, mas ligadas al propósito de esta *guía técnica*, se refieren a la evolución de la *confiabilidad* de los parámetros que se monitorean y a la eficacia (oportunidad, madurez) de los sistemas de información que los obtienen y transmiten.

## 2.8 Los procesos de decisión.

Dependiendo de la posición que un funcionario tenga dentro de la *pirámide de información*, que también puede verse como una *pirámide o cadena de niveles de decisión*, sus acciones impactarán con mayor o menor frecuencia y trascendencia a algunos aspectos del servicio local de agua y saneamiento.

La posición y decisiones de un directivo de una empresa, no influyen únicamente hacia abajo, sino que, si tiene buenos y convincentes argumentos, puede lograr apoyos de instancias superiores (financiamiento, asesoría técnica, aprobación de proyectos o tarifas, etc.). Para esto también es importante tener información *completa, confiable y oportuna*; cosa que sólo se alcanza al establecer un adecuado S.I. (parámetros, índices, flujos,

Algunas de las obligaciones y decisiones técnico-administrativas mas importantes y frecuentes de un funcionario de servicios públicos de agua y saneamiento están relacionadas a:

- evitar o prevenir riesgos y emergencias. O resolverlos si ocurren
- mantener la calidad del servicio, al menos al nivel en que el publico está acostumbrado.
- vigilar que los recursos económicos y humanos se usen eficaz y eficientemente.
- resolver problemas evidentes (déficits en servicio, fugas, etc.)
- lograr mayores beneficios económicos (o al menos, menores pérdidas o costos).
- prever y planear obras de expansión o rehabilitación
- dar mantenimiento adecuado a las instalaciones y equipos
- mantener actualizado el padrón de usuarios y redes.

<sup>3</sup> Beneficios pueden ser: ahorro en tiempo o personal, eliminación de errores o riesgos, claridad de informes, precisión en cumplimiento de trabajos, certeza en decisiones e inversiones, aumento en recaudación, etc.. Usando los costos de inversión, operación y ocasionales de la tabla de ejemplo, su valor presente, para 5 años (60 meses) a una tasa de oportunidad del 12% anual, equivale a 14,320 *unidades*. Entonces el beneficio promedio mensual debe ser superior a las 314 *unidades*.

niveles, responsabilidades, procedimientos, etc).

## 2.9 Cantidad de parámetros y frecuencia del monitoreo.

Como se dijo antes, la cantidad y frecuencia del monitoreo de datos puede variar según el nivel de quien requiere la información. Un jefe de operación de una planta de tratamiento puede necesitar datos cada hora, en cambio un director de alguna Secretaría del gobierno federal, solo requeriría conocer anualmente el promedio de DBO del agua recibida en esa planta.

Como la presente *guía técnica* está dirigida los directivos y a los jefes de planeación de empresas de agua de tamaño medio, se puede sugerir que la frecuencia adecuada, para conocer los **59 parámetros (o 34 índices)** que aquí se proponen, es **mensual**.

Ese periodo para actualizar cada dato, así como la cantidad de datos a concentrar y evaluar, se considera razonable al nivel de decisiones del directivo (gerente) de una empresa de agua, para tener un *equilibrio* adecuado entre el *costo de obtenerlos* (equipos de muestreo, personal de campo, procesamiento, transmisión) y su *probable utilidad* o beneficio potencial (apoyo a negociaciones, toma de decisiones, control de operaciones).

## 2.10 Importancia de registrar la confiabilidad de los datos.

La heterogeneidad de los datos sugeridos para el *control gerencial* obliga a que los procedimientos y fuentes para captarlos sean muy diversas (mediciones, muestreos, encuestas, referencias, estimaciones, suposiciones). Esto a su vez implica que, especialmente en los primeros meses de puesta en marcha de un S.I., algunos datos tengan un bajo grado de aproximación a la realidad (poca precisión, o alto error probable). Desde luego es deseable que con el tiempo tal *precisión* o *confiabilidad* mejore.

NUNCA PODRÁ HACERSE  
PLANEACIÓN VERDADERA SIN  
DATOS CONFIABLES.

*Es ilusorio planear cuando los datos  
son incongruentes o falsos.*

*Tempoco deben relegarse la planeación  
y las decisiones hasta tener "datos  
perfectos".*

En asuntos de redes hidráulicas y de estadística aplicada a cuestiones sociales **nunca hay "datos exactos"**, lo más que puede hacerse es definir un nivel de probabilidad de que se acerquen a la realidad. Y ese nivel depende del método y equipo usado para medirlos, muestrearlos o calcularlos. Entonces es más práctico hablar de datos de alta, mediana o baja *confiabilidad* o calidad.

Es esencial que quien promueva y vigile el desarrollo de un *sistema de información gerencial* tenga clara conciencia de la importancia del sistema y de que es **mejor iniciarlo pronto** aunque con confiabilidad modesta; y no retardar su inicio con el argumento de una "calidad total", mal entendida. Un sistema bien planeado y mantenido, por si mismo debe evolucionar hacia mejores niveles de calidad. Es más importante la *consistencia* y *veracidad* de los datos que su precisión. Un dato puede ser "*acertado*" aun cuando no sea "*preciso*". Además, el promotor y supervisor del sistema no debe nunca olvidar que debe existir **equilibrio o saldo favorable entre el costo y el beneficio de la recopilación y el uso de los datos.**

Es importante que un S.I. haga un *seguimiento* no solo de los datos mismos, sino de su

H.T. Índices gestión 7



confiabilidad (ver comentario sobre "metas"). Esto dará mayor grado de conocimiento (más información) a quien hace alguna decisión importante basado en esos datos, sean de alta o baja confiabilidad. Desgraciadamente muchos sistemas de información omiten esto y suelen ocurrir grandes *incongruencias* al comparar datos del pasado con el presente (o de un sitio con otro), precisamente porque se desconoce la validez de los datos antiguos (y a veces de los presentes).

### **2.11 Veracidad y riesgos en el sistema de información.**

Independientemente de cuestiones de precisión y confiabilidad de los datos, puede haber parámetros que, con o sin fundamentos reales, algunas personas conciben como peligroso el que se conozcan sus valores reales. Ellos siempre tienen riesgo de ser alterados o falseados antes su transmisión al siguiente usuario en la cadena de información.

El responsable de un S.I. gerencial debe estar atento a esto y prever mecanismos para cruzar y comprobar los datos. Debe estar consciente, y hacérselo saber a todos los que aportan o usan los datos, que no tiene sentido manejar un S.I. falseado. Simplemente se estaría desperdiciando tiempo y dinero.

A su vez el directivo de una empresa de agua, cuando le toca su turno de transmitir información hacia niveles superiores en la cadena o pirámide, puede tener la *tentación de maquillar* algunos datos. Para prevenir esto es saludable que considere que los organismos superiores tienen la misión de *apoyar* (capacitación, orientación, asistencia), más que de *fiscalizar*, y que la *sinceridad* es una ética que a la larga rinde frutos.

También se dan casos de parámetros que suelen falsearse desde niveles superiores (oficializarse descuidada o irresponsablemente), como por ejemplo: total de habitantes, número de viviendas, salario, empleo, etc. El responsable del S.I. debe estar atento a esto y tener también sus mecanismos de comprobación, así como una política firme sobre si su sistema debe ser auténtico o falseado.

Especial cuidado debe tenerse en el dato de **población total** en la localidad o región bajo control. Se deben tener mecanismos para confrontar o ajustar datos del censo oficial o sus proyecciones, buscando siempre manejar el dato más **realista** posible; pues de lo contrario, siempre habrá demasiadas incongruencias y fallas en los programas y negociaciones ya que ese elemento es muy delicado y a la vez es el sustento primordial de todo el sistema de planeación (la validez de muchos índices depende de la confiabilidad de un reducido número de datos). Esto también tiene relación con tener una muy clara definición y delimitación de *ámbito de actuación de la empresa*, tanto en espacio geográfico como en funciones, atribuciones y políticas.

## **3. FUNDAMENTOS TÉCNICOS**

### **3.1 Selección de parámetros**

Antes de pasar a ver cuáles son los parámetros e índices que concretamente propone esta *guía técnica*, conviene aclarar que, aun cuando todos son importantes bajo las consideraciones ya explicadas antes (para nivel gerencial en una empresa de agua de tamaño medio, tipo de

decisiones que sustentan, sistemas, flujos y frecuencias necesarios); algunos de ellos tienen mucho mayor importancia y trascendencia. Determinados parámetros pueden no ser tan importantes, pero al ser más sencillos de monitorear sirven, entre otras cosas, para comprobar la veracidad o exactitud de otros parámetros. A continuación se amplían estas explicaciones.

### 3.1.1 DATOS "TRASCENDENTES" O "CRÍTICOS"

La mayor importancia de algunos parámetros (por ejemplo población total en la localidad, o volumen de agua total suministrado) estriba en que:

- corresponden a conceptos universalmente aceptados o entendidos (especialmente a nivel político y social), que pueden relacionarse con otros indicadores ajenos al servicio de agua potable o saneamiento (por ejemplo impuestos, contaminación, empleo, etc). Y que tienen mayor posibilidad de ser transmitidos hacia niveles superiores en una *pirámide de información* de tipo nacional o estatal.

- su valor o su validez (confiabilidad) establece una cota o límite, superior o inferior, a otros conceptos. Por ejemplo la población total acota lo que puede decirse respecto a población con o sin servicio; o el volumen total suministrado confina los desgloses sobre volumen clorado, volumen medido, volumen fugado; o recaudación total limita los valores para recaudación por agua potable, por alcantarillado, por saneamiento, por recargos, etc.

- Intervienen simultáneamente en el cálculo de varios índices de gestión.

A los datos anteriores se les podría clasificar como de primer orden. Pero aquí conviene aclarar que ese "*1er orden*" no significa que sean fáciles de obtener, más bien, en algunos casos pueden ser los más complicados (por ejemplo: "*población total*"<sup>4</sup>). Un parámetro "*ideal*" es por ejemplo el "*consumo de electricidad en el periodo*"<sup>5</sup> ya que además de ser fácil de obtener con un alto nivel de confiabilidad, permite acotar y validar los valores máximos o mínimos de varios otros elementos.

<sup>4</sup> **Población total.**- Suele pensarse que es un parámetro fácil de obtener, pero la experiencia (México y otros países centro y sudamericanos) demuestra que los censos oficiales son muy poco confiables. Tampoco las proyecciones (extrapolaciones) deben ser simplistas. Hay varios procedimientos indirectos o técnicas de muestreo para dar un mayor grado de certeza al dato. Por ejemplo: informes o estadísticas del registro civil o secretaria de salud; fotografías aéreas recientes de la mancha urbana; o derivar la población total del consumo de tortillas en la ciudad, o la clase rica por el consumo de carne. Reportar el dato real (estimado o medido) no el dato "oficial" proyectado.

<sup>5</sup> **Consumo de electricidad.**- En la tabla 3.2 puede verse que es de los raros parámetros que tiene la combinación de claves F-T-S-E (fácil, trascendente, sincero y estratégico). A veces su valor, medido con equipos de una compañía ajena al sistema de abastecimiento de agua, tiene más precisión y confiabilidad que los aforadores de flujo en pozos, o al menos es una buena fuente para confrontarlos.

**Tabla 3.1.1.- Parámetros críticos por su trascendencia.**

(ejemplos, lista no exhaustiva)

PARÁMETROS CRÍTICOS	PARÁMETROS SUBORDINADOS
-Población total	Pob. clase alta, Pob. clase baja; Pob. con alcant.; etc
-Volumen de agua extraído	-Vol. clorado; Vol. medido en fuentes, vol. pérdidas; vol. tratado, vol. consumido; etc.
Total de empleados	Gerentes, profesionistas, administrativos, de campo., por departamento
Recaudación total	por agua potable, por alcantarillado, por saneamiento, derechos por tomas, derechos por descargas, etc.
Tomas de agua potable	Tomas industriales, t. en viviendas, t. con medidor, t. en medidor, etc.
Descargas de alcantarillado	En buen estado, en mal estado, de algún material, etc.
Consumo de energía eléctrica	pago de energía, volumen bombeado, ingresos totales, erogaciones totales, presión en la red, etc

### 3.1.2 DATOS "FÁCILES"

Otro subconjunto de parámetros puede seleccionarse por ser relativamente sencillos de obtener, especialmente si se tiene un *sistema comercial* y un *sistema financiero* de mediana calidad (ver tabla 3.1.2).

### 3.1.3 DATOS "ESTRATÉGICOS"

Considerando su importancia en la toma de *decisiones gerenciales*, hay otro subconjunto de parámetros. Estos normalmente tienen un carácter de "cosas negativas" o indeseables, por lo que no es de esperarse mucha "sinceridad" del área que aporta los datos, a menos que se obtengan de algún sistema de monitoreo y registro electrónico automático. Por su poca popularidad tampoco son cosas que suelen estar bien implantadas, con un sistema de monitoreo regular; sin embargo el directivo debe pugnar por que existan, pues son de los elementos que le darán mayor claridad. Algunos ejemplos de este tipo de parámetros son: *Población sin alcantarillado, Población sin servicio de a.p., Número de fugas reportadas, Volumen perdido en fugas, Volumen no facturado, Subsidios recibidos, N° quejas por mala calidad, Sobrecargos por energía eléctrica, N° de mantenimientos deficientes, Frecuencia de fallas de equipos.*

### 3.1.4 DATOS "SINCEROS"

Un subconjunto mas corresponde a parámetros donde normalmente no hay intereses especiales de "quedar bien con nadie", es decir que tienen una alta probabilidad de ser verídicos, sea porque es fácil comprobarlos o porque se cree en la buena fe de quien los obtiene (poco factible que sean maquillados antes). Algunos parámetros de este tipo son: *Consumo de energía eléctrica, Rezagos (cobranzas pendientes), Habitantes por casa, Horas trabajadas en plantas de tratamiento, Número de empleados administrativos, Presión en la red, Número de tomas industriales.*

**3.2 Información básica.**- Los *índices* de control no son más que combinaciones o manejos aritméticos de algunos *datos* esenciales (valores de *parámetros*), que deben medirse u obtenerse frecuentemente. Entonces, realmente la labor más importante consiste en cuantificar tales parámetros básicos.

La *tabla 3.2* define a los 59 parámetros que se consideran más importantes. Desde luego cada gerente puede omitir algunos o agregar otros a esta lista, sin embargo, como se explicó en las secciones precedentes, eso debe ser función de la madurez del S.I., de su facilidad y seguridad de monitoreo (costo) y de su utilidad para apoyar decisiones.

La tabla incluye las columnas:

**Subsistema.**- para identificar la posible área operativa de la empresa, responsable de obtener el dato (cada empresa puede estar organizada de manera diferente, así que solo tienen un carácter indicativo). Los significados de las claves usadas son: *COM* comercial; *PLA* planeación o socio-economía; *TEC* técnica, proyectos, u operación; *INS* institucional o recursos humanos; *FIN* finanzas.

**Tipo de parámetro.**- para clasificar o caracterizar a cada parámetro conforme a uno o más de los criterios expuestos

Tabla 3.1.2.-  
Parámetros de fácil obtención.

Parámetros "fáciles" (y parámetros razonados a años)
-Numero de tomas con medidor (Viviendas con toma dentro de la casa Medidores en viviendas, industrias, comercios Medidores funcionando y no funcionando, casas en medidor)
-Volumen de agua consumido medido (Vol. desperd. Vol facturado).
-Consumo de electricidad (pago por energía, arregación total)
-Facturación total.
-Recaudación total.
Tarifa vigente en servicio domiciliario medido.
Total de empleados de oficina
Salario mínimo en la ciudad.
Capacidad de la planta de tratamiento.
Subsidio recibido.
Inversiones realizadas.

Tabla 3.2.- PARAMETROS BÁSICOS para el control gerencial

en la sección 3.1. Se usan las claves: F para "fácil", T para "trascendente", E para "estratégico", N para "neutro" en cuanto a credibilidad (puede o no estar falseado), S para "sincero" o donde no es factible que esté maquillado el dato, R para "riesgoso" de tender a ser falseado (las claves S, N y R son excluyentes entre sí).

**Prioridad.-** Es una clave con valores 1, 2, 3 o mayor, que indica la importancia potencial del parámetro para sustentar decisiones y a la vez permitir una evolución gradual de un S.I. La prioridad 1 indica que es un parámetro que debe monitorearse desde la *primer etapa* del S.I., es decir es *indispensable* considerarlo, aunque su confiabilidad no sea aun muy buena. La prioridad 2 corresponde a parámetros cuya inclusión el en S.I. pudiera relegarse algunos meses (de 3 a

6) y así concentrarse en consolidar las rutinas de muestreo o validación periódica de los de prioridad 1. Los parámetros de prioridad 3 o mayor pueden irse incluyendo conforme madure el sistema de monitoreo y uso de información.

**Nombre del parámetro.-** Nombre para identificar al parámetro y dar idea de su significado. Para mayor claridad se sugiere ver las definiciones completas incluidas en el disquet de apoyo.

**Símbolo.-** Asigna un símbolo o combinación de unas cuantas letras para identificar de manera única al parámetro. Son los mismos símbolos que usa el sistema de cómputo del disquet complementario.

**Unidad de medida.-** El sistema de cómputo del disquet (SIMPLE) necesita que cada dato se capture en estas unidades. Ellas se consideran apropiadas para evitar manejar números o decimales poco significativos. Desde luego cada gerente, especialmente si emplea otro sistema de procesamiento, tiene libertad de manejar las unidades que le plazcan, siempre que sean lógicas y consistentes.

**Cantidad de índices asociados.-** Se muestra en cuantos de los índices propuestos en esta *guía técnica* (ver sección 4.1) interviene el parámetro. Como se verá, hay parámetros que no intervienen en ningún índice, pero ello no significa que puedan descartarse. Ellos son importantes para verificar (validar) algunos otros parámetros, para apoyar

Parámetros básicos para control de gestión									
Subs	tipo	PR:		SIM	UNIDAD	N°	Período	PERÍO	
list.	param.	OR:	NOMBRE	BOLO	de	índ	de	DO	
tema		DAD)	PARAMETRO		MEDIDA	ices	evaluad.	(meses)	
COM	F-S	1	Estructura tarifaria tipo	ETAR	1, 1, 1, 1	0	diario of	1	
COM	S-	2	conexiones alcant. industriales	DALIN	descargas	0	catastro	2	
COM	R-E	2	conexiones alcant. clase baja	DALBJ	descargas	0	catastro	3	
COM	R-E	1	Volumen facturado	VFAC	hm3/TPO	2	fact-tarif	2	
COM	F	2	Volumen consumido medido	VOMED	hm3/TPO	1	lecturas	1	
COM	F-	1	Pacturación total	PTOT	miles NS/TPO	1	facturacio	1	
COM	F-	1	Ingresos operacionales	ROPY	miles NS/TPO	2	contabilidad	1	
COM	T-	1	Recuperación total en el período	RTOT	miles NS/TPO	2	contabilidad	2	
COM	R-	2	Ingresos por agua potable	RAP	miles NS/TPO	2	contabarf	2	
COM	F-S	2	Cuentas de deudoras por serv.	FDEUD	miles NS/TPO	1	contabilidad	1	
COM	S-	2	Pacturación media por vivienda	PMV	NS/mes-casa	1	contabcat	3	
COM	F-	2	Cargo medio por alcantarillado	CADVI	NS/mes-casa	0	tarifalect	3	
COM	F-	2	Cargo medio por tratamiento	CTRVI	NS/mes-casa	0	tarifalect	3	
COM	F-	1	Tomas con medidor	TMED	tomos	1	catastro	3	
COM	F-	1	Tomas domesticas totales	TAFV	tomos	1	catastro	3	
COM	R-	2	Tomas con medidor operando	TMOV	tomos	1	catastro	3	
COM	F-E	2	Tomas domesticas con medidor	TMEDV	tomos	1	catastro	3	
COM	R-	2	Tomas de s.p. industriales	TAPIN	tomos	0	catastro	2	
COM	S	2	conexiones a p. comerciales	TAPCO	tomos	0	catastro	2	
COM	S	2	conexiones a p. instituciones	TAPTU	tomos	0	catastro	2	
FIN	T-	1	Erogación total en el período	GTOT	miles NS/TPO	0	contabilidad	2	
FIN	F-N	1	Gastos en energía eléctrica	GENE	miles NS/TPO	2	recibos el	1	
FIN	T-E-S	1	Gastos operacionales	GOPE	miles NS/TPO	4	contabilidad	1	
FIN	E-R	1	Subsidio para inversiones	SIVV	miles NS/TPO	1	balance	4	
FIN	E-R	2	Gastos en sobrecargos Ener. Ele	GIENS	miles NS/TPO	1	recibos el	3	
FIN	V-R	2	Gastos exclusivos para agua pot.	GAP	miles NS/TPO	1	inf. area	3	
INE	R-F	2	Antigüedad media de los jefes	ANTJ	años	1	Arch. R.H.	4	
INE	S-F	2	Numero de mandos gerenciales	NJEF	empleados	1	organigram	4	
INE	F-T	1	Recursos humanos	RNUM	empleados	2	Arch. R.H.	2	
INE	S-F	2	Personal administrativo y tecn.	RADM	empleados	2	Arch. R.H.	2	
INE	R-R	2	Profesionistas	RPRO	empleados	1	Arch. R.H.	3	
PLA	T-R	1	Habitantes por vivienda	HVI	hab/casa	0	muestreo	4	
PLA	S-R	1	Consumo medio por vivienda	CVIV	m3/mes-casa	0	prom. lectu	4	
PLA	S-R	1	Población beneficiada con inve	PBENI	miles hab	1	eval. poste	4	
PLA	E	1	Población con senese alterno	PSA	miles hab	1	muestreo	4	
PLA	E-R	1	Población servida con agua pot.	DAP	miles hab	1	catastro	4	
PLA	V-R	1	Población servida con alcantar	DAL	miles hab	1	catastro	4	
PLA	T-R	1	Población total	PTO	miles hab	5	confitcans	6	
PLA	T-N	2	Pobl. clase alta	PTAL	miles hab	0	catastro	6	
PLA	E-R	2	Población total clase baja	PTBJ	miles hab.	1	catastro	6	
PLA	E	2	Pobl. total clase media	PTME	miles hab.	0	catastro	6	
PLA	T-V-R	2	Ingreso medio por vivienda	IVIV	NS/mes-casa	0	confitcans	4	
PLA	T-V-R	2	Salario medio en la zona	SMIN	NS/mes-empleado	2	muestrof	4	
PLA	R-N	2	Tomas de a.p. clase baja	TAPBJ	tomos	0	catastro	2	
PLA	S	2	Tomas de a.p. clase media	TAPME	tomos	0	catastro	2	
PLA	S	2	Tomas de a.p. clase alta	TAPAL	tomos	0	catastro	2	
TEC	E-R	1	Estructura de pérdidas de agua	EPUG	1, 1, 1, 1	0	muestreo	6	
TEC	S	1	Conexiones de alcantarillado	DAL	descargas	1	catastro	2	
TEC	T-	1	Producción de agua en el período	VPRO	hm3/TPO	7	medicinas	1	
TEC	F-	2	Suministros realmente medidos	VSMED	hm3/TPO	1	medicinas	1	
TEC	R-	2	Volumen tratado de agua residuo	VTRA	hm3/TPO	2	medicinas	1	
TEC	R-	3	Volumen de agua desinfectada	VDESZ	hm3/TPO	1	medicinas	1	
TEC	E-R	2	Operación de plantas de tratam	WTRA	horas/TPO	1	regis.oper	1	
TEC	S-R	1	Horas de servicio regular s.p.	HRED	horas/día	1	regis.oper	1	
TEC	S-E	1	Presión media en la red a.p.	PREM	m de col. agua	1	muestreo	1	
TEC	F-T-S-E	1	Energía eléctrica usada (alcant.)	ENER	miles kWhr/TPD	1	recibos el	1	
TEC	E-	3	Numero acciones de manten. alc.	NACAL	N° acc/TPO	0	quejasot	3	
TEC	E-	1	No reportes de alcantarillado	NREPA	N° rep/TPO	1	quejasot	1	
TEC	T-F	1	Tomas de agua potable	TAP	tomos	4	catastro	2	

fecha: 19/07/95

decisiones y para generar índices adicionales (diferentes a los de tabla 4.1) cuya conveniencia se verá con la práctica. Desde luego los parámetros que influyen en más índices son los más trascendentes (clave "T" en tipo de parámetro).

**Método de evaluación o fuente.-** En forma breve sugiere el procedimiento, técnica, o fuente de información que conviene emplear para generar el dato cada mes o periodo de monitoreo apropiado (ver comentarios para "frecuencia"). Cada responsable del S.I. debe idear procedimientos adecuados y buscar las mejores fuentes, pero siempre buscando un equilibrio razonable entre *confiabilidad*, *dificultad* y *potencialidad* de cada dato. En la columna se usan los símbolos: "\*" para indicar alguna operación o cálculo entre dos conceptos; y "&" para cuando conviene combinar dos o mas procedimientos para obtener, confrontar y validar el valor.

**Frecuencia.-** Periodo en meses en que conviene revisar o medir el dato. La periodicidad de monitoreo pudiera ser menor (mas frecuente), siempre y cuando no implique costos desproporcionados en relación al beneficio potencial del S.I.. Sin embargo, aun los parámetros de alto ciclo de monitoreo real (población total, pob. clase baja, etc), conviene estimarlos cada mes con técnicas de proyección numérica, para ser validadas con muestreos o mediciones cuando se venza el ciclo.

El disquet que complementa a esta *guía técnica* amplía las definiciones y presenta algunos otros caracterizadores de cada parámetro, además de contener rutinas para su captura, consulta, etc.

campo SUBSISTEMA		N° parámetros para claves de campo			
		PRIORIDAD			
Clave	Subtotal	1	2	3	
COM	20	7	11	2	
FIN	6	4	2	0	
INS	5	2	3	0	
PLA	15	8	7	0	
TEC	13	6	4	3	
SUMAS->	59	27	27	5	

En los siguientes cuadros se presentan algunos resúmenes indicativos de la cantidad de parámetros respecto a algunos de los caracterizadores anteriores:

Clave		N° parámetros para claves de campo PERIODO AC (MESES)					
Subtotal		1	2	3	4	6	
SUMAS->	59	15	17	10	9	8	

Clave		N° parámetros para claves de campo NUM INDICS						
Subtotal		Número de índices en que interviene						
		0	1	2	3	4	5	7
SUMAS->	59	19	28	4	3	2	2	1

### 3.3 Transformación de datos en índices

El combinar los valores de diferentes parámetros para convertirlos en índices o *indicadores de gestión* es una tarea sencilla, aunque tediosa si son muchos los parámetros e índices a considerar y falta un sistema de cómputo apropiado. Las *hojas de cálculo electrónico* pueden servir, pero es mejor un *sistema de cómputo formal*, como el SIMPLE (incluido en el disquet anexo).

Los índices equivalen a una manera de resumir o simplificar los datos, que permite entender mejor su significado. Es decir, tienen la ventaja de hacer más manejable los datos y posibilitar una mayor amplitud de comparación. Puede decirse que los datos se enriquecen al volverse más manejables y *se transforman en información*; entendiendo por información todo aquello que aumenta el *conocimiento* sobre alguna situación.

Los índices, que normalmente son la relación o razón (división aritmética) entre dos parámetros, facilitan las *comparaciones* contra otros sitios o épocas, sin importar que sean más grandes, que los ingresos sean de rango diferente, o haya más o menos empleados. Esto porque al ser adimensionales, o al expresarse en unidades *relativas* a algo uniforme o estándar, la base de cotejo es la misma.

La cantidad de índices que pueden generarse es ilimitada. Lo importante es que no sean demasiados, que tengan una interpretación conocida y estándar, que haya estadística o referencias para su comparación o evaluación, que se obtengan sistemáticamente, y que apoyen los procesos de decisión o gestión.

El tener índices no significa abandonar o quitar importancia a las estadísticas y *control de gestión* basados en *valores absolutos*, representados por los *parámetros*. Por el contrario, los procesos de decisión deben principalmente enfocarse a los parámetros, que son la manera correcta de establecer metas, evaluar avances, asignar presupuestos e implantar controles. Todo S.I. debe monitorear cuidadosamente los parámetros. Los índices son sólo una transformación para facilitar la comprensión, el seguimiento y la ilustración de necesidades y objetivos (también pueden ser un "filtro contra ruido", ver sección 4.2).

Un buen software de apoyo al S.I. es aquel que, tanto para parámetros como para índices, los pueda: *procesar, comparar, graficar, concentrar, validar, capturar, consultar, totalizar, promediar, agrupar, asignar metas (mínimas, a corto plazo, a largo plazo), calificar, generar tendencias, presupuestar, etc.* Existen en el mercado, o en el medio hidráulico algunos paquetes que cumplen lo anterior (por ejemplo el *SeeA*, elaborado por IMTA, cuya versión simplificada, SIMPLE, se incluye aquí). Sin embargo, debe tenerse presente que el software no hace a un *sistema de información*, sólo es una parte de él (ver figura 2.5).

## 4.- METODOLOGÍA DE APLICACIÓN.

### 4.1 Índices básicos

Los parámetros crudos o valores absolutos pueden transformarse aritméticamente en *índices de gestión* o *indicadores del desempeño*, es decir, en valores relativos que pueden facilitar entender o destacar alguna situación desfavorable o correcta.

Al igual que con los parámetros, los índices pueden tener matices en su empleo, "nivel de popularidad", o conveniencia para analizar algunas situaciones. Los hay que son mundialmente usados y ciertos que sólo se acostumbran localmente. Otros, cuyo valor inmediatamente dice si algo es correcto, mientras algunos deben cruzarse o confrontarse con más índices para poderlos interpretar. Algunos pueden cambiar su valor bruscamente (de un mes a otro), mientras otros suele tener cambios lentos y tendencias bien definidas.

Cada índice tendrá la *confiabilidad*, o riesgo de ser falso o impreciso, equivalente a la que tenga el parámetro *\_dato de entrada\_* más desventajoso que interviene en el cálculo. Similarmente la *frecuencia* de actualización y *prioridad* o importancia de un índice está supeditada a la periodicidad de monitoreo y prioridad de los parámetros empleados.

La tabla adjunta presenta los 34 índices más usuales en servicios de agua y alcantarillado. Se incluyen las columnas:

Temática.- Para clasificar cada índice según su probable utilización. Las claves manejadas son: CAS aspectos de "calidad del servicio" (o cosas que afectan la imagen ante la población). COM aspectos comerciales. FIN cuestiones financieras. INS aspectos institucionales. O&M relativos a operación y mantenimiento.

Tabla 4.1.- INDICES BÁSICOS para el control gerencial

TEMA TICA	tipo índice	Prior	NOMBRE del INDICE	Formula	UNIDAD resultante	Riesgo alto	PERIODO (meses)
CAS	R-E	1	Costo por m3 factur	GOPE / (VFRAC*1000)	\$/vol. de agua	T	1
CAS	T-F	1	Costo por m3 produc	GOPE / (VPRO*1000)	\$/vol. de agua	F	1
CAS	R-	1	Precio del servicio	FTOT / (VFRAC*1000)	\$/vol. de agua	T	1
CAS	E	2	Peso de la tarifa	FUVV / SMIN *100	ADIM (\$/\$)	T	3
CAS	E	1	Cobertura agua potab	PAP/PTO*100	ADIM	T	4
CAS	E	1	Cobertura de alcanta	PAL / PTO *100	ADIM	T	4
CAS	E	1	Cobert. saneam. alt.	PSA / PTO *100	ADIM	T	6
CAS	E	1	Dotacion	(VFRAC/PAP)/5.000365	vol.agua/habita	F	1
COM	E	1	Cobertura med. consu	(TMED/TAP)*100	ADIM	F	2
COM	E	2	Cobertura medic viv	TMEDV / TAPV *100	ADIM	F	2
COM	E	2	Eficiencia de medici	TMOP / TMED *100	ADIM	T	2
COM	E	1	Agua no contabilizad	(1-VFRAC/VPRO)*100	ADIM (vol/vol)	T	1
COM	E	2	Nivel medic. consumo	VMSD / VFRAC *100	ADIM (vol/vol)	T	3
FIN	E	1	Subsidio para invers	SINV / PBENI	\$/hab.	T	4
FIN	E-1	2	Subsidio operac. a p.	(GAP -RAP) / PAP	\$/habitante	T	2
FIN	T-	1	Eficiencia cobranza	RTOT / FTOT *100	ADIM (\$/\$)	F	2
FIN	R-	2	Ingresos por agua po	RAP / GOPE *100	ADIM (\$/\$)	F	1
FIN	S-E-T	1	Gasto en energ. elect	GENE / GOPE *100	ADIM (\$/\$)	F	1
FIN	T-E-S	1	Relacion de operacion	GOPE / GOPE *100	ADIM (\$/\$)	F	1
FIN	E	2	Meses Factur. pendien	((FDEUD)/FTOT)/12	meses	F	1
INS	E-R	2	Relacion de profesio	RPRO / RHUM *100	ADIM	T	2
INS	R	2	Nivel gerencial	MJEF*ANTG/PTO	(empleado-año/a)	T	4
INS	T	1	Personal por 1000 co	RHUM / (TAP/1000)	empleado/mil	F	3
INS	S	2	Malc. pers. administr	RADM / (TAP/1000)	empleado/mil	F	2
O&M	E-M	2	Efici. uso Energ. Elec	(1-GENE/GENE)*100	ADIM (\$/\$)	T	1
O&M	E-M	2	Continuid. del serv. A	HRED / 24 *100	ADIM	T	1
O&M	E-R	2	Regularidad tratamie	HREA / 8760 *100	ADIM	T	1
O&M	E-R	1	Presion de servicio	PRD / 15 *100	ADIM	T	1
O&M	T-R	1	Capacidad suministro actu	(VPRO/PTO*150)*100	ADIM (vol/vol)	T	1
O&M	E	3	Desinfeccion	(VDESI/VPRO)*100	ADIM (vol/vol)	T	1
O&M	E	2	Nivel de tratamiento	VTRA / (VFRAC*0.85)*100	ADIM (vol/vol)	T	1
O&M	E	2	Nivel medic. suminist	VMSD / VPRO *100	ADIM (vol/vol)	F	1
O&M	E	2	Mantenimiento alcant	NACAL / DAL	accion	F	3
O&M	T-S-E	1	Energia usada por m3	EMER / (VPRO*1000)	Kw.hr/m3	F	1

26/07/95

Clase de índice.- Claves similares a las explicadas para los parámetros en la tabla 3.2. Cada índice se clasificó conforme a los tipos de parámetro que intervienen en el cálculo.

Prioridad.- Se manejan las mismas claves que en la tabla 3.2, ver significados ahí. La importancia del índice corresponde a la prioridad de mayor número (la más alejada de lo indispensable) de entre los parámetros que intervienen en la fórmula.

Nombre del índice.- Se bautizó cada índice para facilitar recordarlo. Aquí pueden existir diferencias contra algunas usanzas y nombres regionales, por lo que conviene revisarlas y llegar un acuerdo de cual se manejará en el S.I. de cada empresa.

Fórmula.- Cálculo aritmético necesario para tener el indicador. Los símbolos se refieren a los parámetros que intervienen, según tabla 3.2.

El cuadro 4.2, complementario al 4.1, caracteriza: la posible dificultad de diagnóstico, la fluctuación aceptable, y los rangos de evaluación elemental para cada índice. Estas características y rangos son de tipo orientativo y el diseñador del S.I. debe revisarlos y ajustarlos (calibrarlos) para su caso específico. La tabla comprende estas columnas nuevas:

Tabla 4.2.- INDICES BÁSICOS, más características

INDICES básicos para control de gestión									
--- características sobre TIPO de FLUCTUACIONES y RANGOS válidos en INDICES									
TERCERA CATEGORÍA	CAMBIO mensual relativo	NOMBRE del ÍNDICE	FACILIDAD de DIAGNÓSTICO	R A N G O S					
				ACEPTABLE		INACEPTABLE		ILÓGICO	
CAS	BA	Cobro por el factur	N2	IN > 3.5C & IN > 0.35C	IN < 1.0C	IN < 0.30C	IN > 100C	IN < 0	
CAS	BA	Costo por el produc	N2	IN > 2.5C & IN > 0.15C	IN < 2.5C	IN < 0.15C	IN > 100C	IN < 0	
CAS	MO	Precio del servicio	N2	IN > 3.5C & IN > 0.35C	IN < 3.5C	IN < 0.35C	IN > 100C	IN < 0	
CAS	BA	Pago de la tarifa	N3	IN < 0.01 & IN > 1.0C	IN > 0.01	IN < 1.0C	IN > 50	IN < 0	
CAS	BA	Cobertura agua potab	F	IN < 100	IN > 50	IN < 50	IN > 100	IN < 0	
CAS	BA	Cobertura de alcanta	N1	IN < 100	IN > 50	IN < 50	IN > 100	IN < 0	
CAS	BM	Cobert. saneam. alt.	N1	IN < 100	IN > 50	IN < 50	IN > 100	IN < 0	
CAS	BM	Dobertura	N2	IN < 100 & IN > 150	IN > 100	IN < 150	IN > 500	IN < 10	
COM	BA	Cobertura med. consu	N1	IN < 100	IN > 20	IN < 20	IN > 100	IN < 0	
COM	MO	Cobertura med. viv	N2	IN < 100	IN > 10	IN < 10	IN > 100	IN < 0	
COM	MO	Relación de medici	F	IN < 100	IN > 70	IN < 70	IN > 100	IN < 0	
COM	MO	Agua no contabilidad	N1	IN < 50 & IN > 0	IN > 50	IN < 0	IN > 100	IN < 0	
COM	BA	Nivel medic. consumos	F	IN < 100	IN > 40	IN < 40	IN > 100	IN < 0	
FIN	AL	Subsidio para invers	N1	IN < 0	IN > 100C	IN > 100C	IN > 3000C	IN < 1000	
FIN	MO	Subsidio operac. a.p.	N1	IN < 0	IN > 5C	IN > 5C	IN > 100C	IN < 50C	
FIN	MO	Eficiencia cobranza	F	IN < 100	IN > 50	IN < 50	IN > 100	IN < 0	
FIN	AL	Ingresos por agua po	N2	IN < 100 & IN > 20	IN > 20	IN < 20	IN > 100	IN < 0	
FIN	AL	Gasto en energ. elect	N2	IN < 100 & IN > 0	IN > 0	IN < 0	IN > 100	IN < 0	
FIN	MO	Relación de operacio	F	IN > 100	IN > 0	IN > 70	IN > 100	IN < 0	
FIN	MO	Rece. factur. pendien	F	IN < 3	IN > 5	IN > 5	IN > 12	IN < 0	
ING	MO	Relación de profesio	N3	IN < 25 & IN > 2	IN > 25	IN < 2	IN > 100	IN < 0	
ING	BA	Nivel gerencial	N3	IN < 10 & IN > 0.001	IN > 10	IN < 0.001	IN > 100	IN < 0	
ING	BA	Personal por 1000 co	N2	IN < 10 & IN > 3	IN > 10	IN < 3	IN > 100	IN < 0	
ING	BA	Relac. pers. administr	N2	IN < 10 & IN > 0.5	IN > 10	IN < 0.5	IN > 100	IN < 0	
OMN	BA	Relic. uso energ. elec	F	IN < 100	IN > 80	IN < 80	IN > 100	IN < 0	
OMN	MO	Continuid. del serv. A	F	IN < 100	IN > 80	IN < 80	IN > 100	IN < 0	
OMN	MO	Regularidad tratamie	N2	IN < 100	IN > 30	IN < 30	IN > 100	IN < 0	
OMN	MO	Prestación de servicio	N2	IN < 100 & IN > 30	IN > 30	IN < 30	IN > 500	IN < 0	
OMN	BA	Capacidad. sumin. actu	F	IN < 1000 & IN > 100	IN > 1000	IN < 100	IN > 9900	IN < 0	
OMN	MO	Definición	F	IN < 100	IN > 50	IN < 50	IN > 100	IN < 0	
OMN	MO	Nivel de tratamiento	F	IN < 100	IN > 30	IN < 30	IN > 100	IN < 0	
OMN	MO	Nivel medic. sanitari	F	IN < 100	IN > 40	IN < 40	IN > 100	IN < 0	
OMN	AL	Mantenimiento siccant	N4	IN > 0.001/32	IN > 0	IN < 0	IN > 2	IN < 0	
OMN	BA	Energía usada por m	N3	IN < 0	IN > 0.3	IN > 0.3	IN > 10	IN < 0	

**Cambio mensual relativo.**- Considerando la posible fluctuación o rapidez máxima de cambio de valores de un mes a otro, se manejan las claves: **AX** para cambios muy fuertes y erráticos, donde el *factor de cambio* (diferencia entre dos datos consecutivos dividida entre el dato inicial) puede ser mayor a 2. **AL** "alta" para cambios con un factor hasta de 2, es decir pueden irse al doble o reducirse a la mitad. **MO** "moderada", cuando el factor de cambio esperado no sobrepasa 1.5 (crecer 1.5 veces o reducirse al 67%). **BA** "baja alta", cambios con un factor hasta de 1.1 (crecer 10% o reducir 9%). **BM** "baja moderada", cambios hasta por un 1.01 del valor de comparación (tasas de crecimiento menores al 1% mensual). **BB** "baja baja" para factores menores a 1.001 (tasa de crecimiento o cambio máximo mensual de 1 al millar).

**Facilidad de diagnóstico.** Son claves para sugerir si el índice por sí mismo permite tener el panorama de una situación, o conviene complementarlo o cruzarlo antes otro u otros índices. Las claves son: **F** para "fácil", o sea es directo hacer algún diagnóstico con solo ese índice. **N1**.- necesita complementarse al menos con otro índice. **N2**.- necesita complementarse con 2 índices. **N3** necesita complementarse con 3 índices. Etcétera.

**Rango aceptable.** Expresión de algebra booleana para señalar el valor o los rangos en que es razonable que esté el valor del índice. Se usan los siguientes símbolos para abreviar la escritura: "IN" representa al valor del índice ese mes. "T" se usa junto a algún valor para indicar que son valores *temporales* sujetos a cambios, por ejemplo por paridad monetaria o inflación (los valores propuestos corresponden a precios de 1995, en *nuevos pesos*). "&" significa simultaneidad de condiciones (operador *and.*). "." se usa en lugar del operador *or.* (una u otra condición).

**Rango inaceptable.** Expresión algebraica que si ocurre significa alguna situación indebida o sumamente indeseable en la empresa de agua. Se maneja la misma nomenclatura explicada antes. Rangos dudosos serían los comprendidos entre los rangos aceptables y los inaceptables.

**Rango ilógico.** Expresión algebraica para señalar los casos en que definitivamente el índice estuvo mal calculado o la información de partida es inconsistente o incompatible. Se usa la misma nomenclatura explicada antes.



**Unidad resultante.**- Unidad de medida para el índice. La mayoría de ellos son adimensionales, pero se indican los conceptos físicos que representan.

**Riesgo.**- Se anota la clave .T. (verdadero —True en inglés—) si alguno de los parámetros que intervienen tiene el caracterizador "R" en la columna de "tipo de parámetros", ver tabla 3.2.

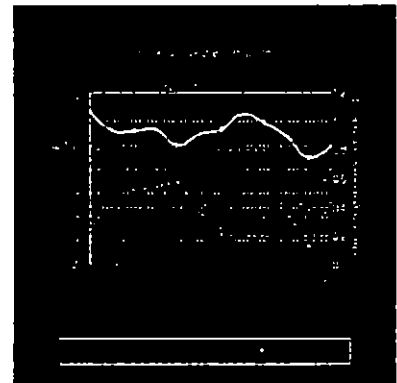
**Periodo.**- Número de meses máximo para actualizar el valor del indicador (función de la frecuencia de monitoreo de los parámetros incluidos).

La tabla solo presenta 34 indicadores pero realmente es inmenso el número de combinaciones que pueden hacerse con los parámetros (los ya mencionados y otros), y por tanto, ilimitado el número de índices que puede haber. Un directivo o jefe de planeación es libre, y a la vez está obligado a considerar otros índices pertinentes al diseñar su S.I.

#### 4.2 Fluctuación, aplicación, aceptabilidad y lógica de los índices

Los índices sirven para comparar y diagnosticar el desempeño de la empresa y así poder idear y establecer los mecanismos de control pertinentes. La comparación puede hacerse contra diferentes conceptos y argumentos (metas, normas, indicadores de una empresa competidora, rangos aceptables, etc).

El simple valor de cierto índice, *por sí mismo*, puede dar idea inmediatamente de alguna situación peligrosa, desfavorable o afortunada; pero hay otros índices que no son tan inmediatos y requieren cruzarse o compararse con otros para decidir si representan algo bueno o malo. Similarmente, comparando el valor de un índice contra su cuantía en el periodo precedente (mes anterior) en esa misma empresa, puede tenerse idea de si la *evolución* es razonable (válida) y adecuada. Por otra parte es interesante destacar que una ventaja de evaluar respecto a índices (valores relativos) en vez de con valores absolutos es que tienden a *abatirse o aminorarse las fluctuaciones* (se elimina "ruido", ver figura de ejemplo<sup>6</sup>), es decir, un índice suele ser más estable (fácil de diagnosticar) que los parámetros solos.



Hay algunos criterios o "*RANGOS*", generalmente amplios, que cada empresa puede establecer para clasificar rápidamente a los índices. Estos servirían de *comparadores elementales* útiles como primer tamiz. Estos rangos o valores comparativos darán idea de los índices aceptables, inaceptables, ilógicos, o dudosos.

<sup>6</sup> Cuidado con "trampas" o ilusiones visuales según las escalas usadas en gráficas. Para el ejemplo, una mejor prueba es el valor "*desviación estándar/promedio*", que tiene los valores: 0.184 para ROPE, 0.147 para GOPE y 0.097 para GOPE/ROPE.

### 4.3 Resumen de características de índices

A manera de resumen de los cuadros 4.1 y 4.2 puede mencionarse que:

Respecto al periodo de actualización hay: 20 índices clasificados como de 1 mes; 7 índices bimestrales; 2 índices trimestrales; 4 cuatrimestrales y 1 semestral.

Considerando la temática, hay 8 con clave CAS; 5 para COM; 7 FIN; 4 INS; y 10 O&M. El cuadro adjunto desglosa esto según su correspondencia contra niveles de prioridad.

campo TEMÁTICA		N° INDICES según claves de PRIORITYAD			
Clave	Subtotal	1	2	3	4
CAS	8	7	1	0	0
COM	5	2	3	0	0
FIN	7	4	3	0	0
INS	4	1	3	0	0
O&M	10	4	5	1	0
SUMAS-->	34	18	15	1	0

Hay 22 índices considerados como susceptibles de riesgo de maquillaje, para los que hay que tomar precauciones especiales dentro del S.I.

Considerando la amplitud de cambios, hay 4 con clave AL; 15 con MO; 12 con BA; y 3 BM. El cuadro adjunto cruza esto contra la facilidad de diagnóstico.

FACILIDAD DE DIAGNÓSTICO		INDICADORES			
Clave	Subtotal	AL	MO	BA	BM
P	12	0	3	1	8
M	4	1	2	1	0
B	11	2	4	3	2
BA	4	0	3	0	1
BM	3	3	0	0	0
SUMAS-->	34	6	12	5	11

No hay que olvidar que estos 34 indicadores gerenciales son los que se proponen como "básicos", sin embargo puede haber varios otros que se requieran para dar seguimiento y controlar situaciones o problemas específicos por los que esté atravesando la empresa. Conviene entonces que en el diseño del S.I. que se cabida a *otros índices y parámetros*, tanto permanentes como esporádicos.

### 4.4 Cálculo, comparación, presentación

Los índices son un procesamiento aritmético de varios datos, que representa ventajas para algunos fines por su calidad de resumir la información y hacerla mas comparable. En la época actual solo demostraría ineptitud el hacerlo manualmente, habiendo sistemas electrónicos baratos y confiables al alcance de muchos, especialmente en una empresa de agua que sirve miles de personas.

Una parte fundamental del diseño de un S.I. es la relativa a establecer el tipo de informes periódicos a generar (lista de contenido, orden de aparición, distribución del material, títulos, modelos de tablas de reporte y de representación gráfica). La información debe presentarse compacta, manejable y fácil de localizar y de entender. Ligado al diseño del reporte están los procedimientos y herramientas (software) necesarios para producirlo con eficiencia y economía.

Los sistemas como el SIMPLE facilitarán no solo el calculo de índices, sino el llevar una captura y estadística ordenada de cada parámetro, además de simplificar la labor de hacer integraciones y presentaciones con gráficas que resalten puntos relevantes.

#### 4.5 Puesta en marcha y uso del S.I.

Para poder establecer y operar con efectividad un S.I., se necesita, en este orden:

- 1- Tener una concepción formal del S.I. con claras definiciones de sus parámetros, índices y procedimientos. Saber como y para qué se usará la información (aplicaciones o utilidad potencial o rutinaria). Asignar compromisos o metas para el crecimiento y evolución del S.I..
- 2- Motivar y capacitar al personal de campo y de oficina en como medir, muestrear y reportar; y también como aprovechar la información.
- 3- Tener equipos de apoyo suficientes y en buenas condiciones (medición, muestreo, análisis, telecomunicación, procesamiento, etc) y claridad en los métodos de calibración, medición, comprobación, transmisión y supervisión.
- 4- Hacer pruebas preliminares y mejoras a los métodos, formatos, equipos, y vías líneas de comunicación.
- 5- Echar a andar formalmente el sistema. Debe haber compromisos rigurosos en cuanto a contenido, alcance y periodicidad (aunque susceptibles de evolución).

**Y finalmente, lo más importante:**

- 6- Periódicamente generar reportes, tomar decisiones, retroalimentar S.I. en forma cíclica o continua. Mantener esto andando por muchos años. Es deseable que también haya esfuerzos para completar estadística con información de años previos a la puesta en operación del actual sistema de información. Tener previstos periodos para evaluar la eficiencia del S.I. (beneficio/costo) y mecanismos para mejorarlo (agregarle más parámetros o índices si es pertinente).

#### 5.- DEFINICIONES, SIMBOLOGÍA, BIBLIOGRAFÍA

**5.1 Definiciones y abreviaturas.-** Dentro del texto de este documento se manejan y explican conceptos clave como: "índice", "parámetro", "metas", "control de gestión", "control de calidad", "calidad del servicio", "calidad del agua", "empresa de agua", "sistema o área de la empresa", "sistema de información", "precisión o confiabilidad de los datos", "flujo de información", "pirámide de información", "toma de decisiones", "mantenimiento", "inversión", "voluntad para pagar", "validación de datos", "censo", "muestreo", "catastro", y otros.

Por motivos de espacio se juzga innecesario repetir las definiciones aquí; sin embargo el usuario que lo requiera puede utilizar el "*glosario de términos*" incluido en el menú de ayudas del SIMPLE (disquet anexo).

**5.2 Siglas.-** S.I. sistema de información, SIMPLE Sistema de monitoreo para empresas, IMTA Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, WASAMS Water and sanitation monitoring system, SIMAS sistema de monitoreo de agua y saneamiento, *Seea* sistema de evaluación de eficiencia de empresas de agua, UNICEF

H.T. índices gestión 18

united nations infant and education fund, OPS organizacion panamericana de la salud, OMS organizacion mundial de la salud, CNA comision nacional del agua, CEAS comision estatal de agua y saneamiento, EAS empresas de agua y saneamiento (asociacion civil), AWWA american water works association, etc.

**5.3.- Símbolos y nomenclatura.-** En las tablas 3.2 y 4.1 se establecen los nombres y símbolos para representar a los parámetros en índices propuestos. En el disquet SIMPLE podrán verse definiciones mas amplias de cada concepto.

#### **5.4.- Bibliografia**

- "*Basic Management principles for small water systems*". American Water Works Association (AWWA), USA 1982.
- "*Levels of service report for the water industry of England and Wales 1990/91*", OFWAT -Office of Water Services, Englannd.
- "*Manual para la organizacion de la macromedicion*", OPS, IMTA y varios otros organismos, 1989.
- "*International water statistics*", IWSA International Water supply association, *Aqua*, N° 1 pp 14, 1986.
- "*Indicadores de desempeño de determinadas empresas de abastecimiento de agua y saneamiento en Ecuador*", WASH Water and Sanitation for Health project, 1992.
- "*Water industry best practices*", AWWA, march, 1994.
- "*The point system in performance evaluation*", LWUA -Local Water Filipinas, 1992.
- "*Practicas de gerencia y operacion de empresas municipales y regionales de agua y alcantarillado en latinoamerica y el Caribe*", Banco Mundial, 1989.
- "*SIMAS (WASAMS) Sistema de monitoreo de agua y saneamiento*". Programa conjunto de monitoreo OMS/UNICEF -Organizacion mundial de la Salud, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia., 1993.
- "*Manual de usuario del SeeA, version 2.0*", M. Buenfil IMTA, 1995.
- "*Current trends in water-supply planning, issues concepts, and risks*", David W. Prasifka, Van Nostrand Reinhold Company, 1988

**CAPITULO III**  
**SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL**

# SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL\*

	PÁGINA
I.- Introducción a los sistemas de información gerencial (MIS)	2
1 Panorama de los MIS	2
2 Estructura de un MIS	3
II.- Repaso de tecnología de sistemas de información (S.I.)	4
3 Hardware, software y tecnología de comunicación para S.I.	4
4 Almacenaje y recuperación de datos	4
5 Procesamiento, automatización y control.	5
III.- Bases conceptuales	6
6 El proceso de toma de decisiones	6
7 Conceptos sobre información	7
8 Los humanos como procesadores de información	8
9 Conceptos de sistema	9
10 Conceptos de planeación y control	10
11 Estructura organizacional y conceptos gerenciales	10
IV.- Sistemas de soporte basados en información	12
12 Sistemas de soporte para planeación, control y toma de decisiones.	12
13 Sistemas de soporte para gestión (gerencia) del conocimiento.	13
V.- Requisitos de un sistema de información	14
14 Desarrollo de un plan de S.I. de largo alcance.	14
15 Estrategias para determinar los requisitos de la información.	14
16 Requisitos de bases de datos.	15
17 Requisitos de interfase con usuarios.	16
VI.- Desarrollo, implantación, y gerencia de recursos de S.I.	17
18 Desarrollo e implantación de sistemas aplicados.	17
19 Aseguramiento de calidad y evaluación de S.I.	19
20 Organización y gestión de las funciones de recursos informáticos.	19
21 Desarrollos futuros y sus implicaciones institucionales y sociales.	20

\* Traducción y adaptación (para el curso "planeación .. en empresas de agua y alcantarillado") de Mario O. Buenfil R. y Joel Rangel M. (IMTA) de extractos del libro "*MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS, conceptual foundations, structure, and development*" second edition de Gordon B. Davis y Margrethe H. Olson, McGraw-Hill, 1985.

*ACLARACIÓN:* estas notas (21 páginas) son un resumen de las ideas y temas principales del libro referido (de 691 páginas). Se piden disculpas por su estilo de redacción demasiado escueto y con algunas deficiencias de traducción. La intención del resumen es dar una guía práctica de sugerencias o recordatorios a quienes ya tienen conocimientos sobre sistemas de información y a los participantes del curso mencionado.

## I.- Introducción a los sistemas de información gerencial (MIS)

### 1 Panorama de los MIS

La información es un ingrediente vital para la operación y gestión (gerencia, o "administración" en acepción amplia) de cualquier institución. El alcance de un sistema de información formal en una organización está limitado por los datos que pueden obtenerse, el costo de obtención, procesamiento y almacenaje de datos; su costo de recuperación y distribución; el valor que tenga la información para el usuario; y la capacidad de las personas para aceptar y actuar con esa información. Un sistema de información gerencial computarizado está diseñado tanto para reducir los costos como para aumentar la capacidad institucional para procesar información.

Definición de un sistema de información gerencial (MIS): *es un sistema integrado, usuario-máquina, para aportar información de apoyo a las funciones de operación, gestión, análisis y toma de decisiones en una organización. El sistema emplea hardware y software de computadora; procedimientos manuales; modelos para análisis, planeación, control y toma de decisiones; y una base de datos.*

Las operaciones en línea facilitan el diálogo operador-máquina y el análisis, planeación y toma de decisiones interactivos. MIS es un concepto en evolución. Más que un gran y sofisticado sistema, un MIS es la unión o combinación poco rígida de subsistemas integrados.

Los sistemas funcionales de un MIS pueden desarrollarse por separado, guiados por un plan rector de desarrollo, e integrarse mediante una base de datos.

Más que ser algo diferente al procesamiento de datos, un MIS es una orientación que guía el desarrollo y operación de los sistemas de procesamiento de datos.

Tres conceptos incorporados en la orientación de un MIS son: los sistemas de apoyo a las decisiones, la gestión de los "recursos informativos", y el cómputo para el usuario final.

El concepto de MIS puede verse como una extensión substancial de la contabilidad administrativa, la investigación de operaciones, y las teorías organizativas relacionadas al gestión (gerencia) y toma de decisiones. El contenido de ciencia computacional es relevante, pero los MIS como disciplina formal (académica) tiene que ver más con el desarrollo y comportamiento institucional y la administración que con la computación.

Los subsistemas de un MIS pueden describirse en términos de las **funciones** de la empresa (e.g. comercialización, producción) o sus **actividades** (e.g. planeación, registro de pagos). Cada subsistema funcional puede verse como compuesto de subsistemas de actividades relacionadas a esa función.

Diferentes tipos de usuarios de un MIS lo emplearán de manera distinta. Los empleados operativos lo usarán para suministro y control de datos. Los supervisores de primer nivel para controlar las operaciones y generar reportes detallados específicos. Los gerentes para reportes especiales y análisis, frecuentemente apoyados en un especialista que opere los modelos de decisión y haga análisis. *Debido a la complejidad del proceso de desarrollo de un MIS y la necesidad de buen juicio, es indispensable que el profesional de los MIS tenga un completo entrenamiento académico.*

## 2 Estructura de un MIS

Un sistema organizacional real puede diferir del modelo que se presenta a continuación porque algunos elementos no serían justificables (rentables) en cuanto a costo o porque su implementación se hace de una manera evolutiva (en varios meses) y no de inmediato.

La estructura conceptual de un MIS puede describirse con diferentes enfoques o clasificaciones, pero que a su vez están interrelacionados, y son: **1 Elementos operativos**, **2 Soporte para las decisiones**, **3 Actividad gerencial** y **4 Función institucional** (organizacional).

Describiendo un S.I. en términos de sus elementos operativos, sus componentes físicos son: hardware, software, base de datos, procedimientos y personal. Sus funciones de procesamiento son: proceso y registro de transacciones (operaciones rutinarias), mantener archivos maestros, generar reportes, procesar peticiones, y procesar aplicaciones de apoyo interactivas. Las salidas a los usuarios son: documentos sobre transacciones, reportes prediseñados, búsquedas prediseñadas, reportes y búsquedas especiales (ad hoc), y diálogos y análisis interactivos operador-maquina. Éstos aportan a los gerentes y ejecutivos (tomadores de decisiones) información sobre monitoreo, actuación y soporte a las decisiones. La información puede darse tanto para decisiones estructuradas y programables o para decisiones no estructuradas improgramables.

La estructura del MIS es afectada por la actividad gerencial y la función institucional. Los requerimientos de información varían con el nivel de la actividad gerencial a que apoyan: *planeación estratégica, control gerencial o control operativo*. También varían según el grado de estructura de la decisión soportada. Cada función institucional soportada por el S.I. tiene sus propios y únicos requisitos de procesamiento de información así como algunos que son comunes a varias otras funciones.

La estructura conceptual de un S.I. consiste en una conjunción de distintos subsistemas para funciones diferentes. Cada subsistema provee apoyo para: procesar transacciones, control operativo, control gerencial, y planeación estratégica. Algunos subsistemas típicos pueden ser: *comercialización, producción, logística, personal, finanzas y contabilidad, sistemas de información y alta gerencia*. La estructura conceptual incluye algunos archivos únicos para cada subsistema además de una base de datos común. Hay software único para cada subsistema y hay software común que usan o tienen disponible todos los subsistemas (*un sistema administrador de la base de datos, rutinas comunes de software, y un modelo base para análisis, planeación, y modelos de decisión*).

Algunos aspectos debatibles sobre la estructura de los MIS son la extensión del sistema de información formal contra el informal, el grado de integración entre procesamiento y datos, y el grado de interacción usuario-máquina.



## II.- Repaso de tecnología de sistemas de información (S.I.)

### 3 Hardware, software y tecnología de comunicación para S.I.

El desarrollo y operación de S.I. requiere instalaciones y apoyos de hardware, software y comunicaciones. Las computadoras operan con bits de lógica de dos estados 0 o 1. Un sistema de cómputo básico consiste de una unidad de procesamiento central con unidad de almacenaje primario, una unidad aritmética y lógica, y una unidad de control. Hay también memoria secundaria, dispositivos de entrada y salida, y software tanto para operación del sistema como para aplicaciones específicas.

La computadora se maneja por instrucciones de software. La mayoría de las instrucciones de programación se hace en un *lenguaje de alto nivel*, que truecan productividad del programador por necesidades extra para la máquina. Hay muchos lenguajes de alto nivel para aplicaciones de procesamiento de información, por ejemplo: COBOL, FORTRAN, PL/1, PASCAL, BASIC, APL, C, SQL, DBASE, etc. Lenguajes clásicos para desarrollos de "inteligencia artificial" o de sistemas expertos son por ejemplo: *LISP* y *LOGO*.

Las comunicaciones son un importante elemento de muchos sistemas existentes y sobre todo en los nuevos. Existen redes de área locales (LAN) y redes de área amplia. La recolección de datos puede también ser automática mediante dispositivos de medición y telemetría, así como el control de algunas operaciones (SCADA).

### 4 Almacenaje y recuperación de datos

La base de datos es una parte vital de un MIS, por lo que la tecnología para su manejo es crítica. Hay una distinción entre *modelos de datos lógicos* y *modelos de datos físicos*.

Las "*entidades*" son cosas u "objetos" acerca de los cuales se miden *datos* (o valores); los objetos tienen atributos y un "*atributo*" (*parámetro*) es una característica de interés acerca de una entidad, los valores de los atributos describen a una entidad particular. Los "*registros*" se usan para almacenar datos de entidades y cada dato individual corresponde a algún atributo. Se pueden formar "*archivos*" (ficheros) con grupos de registros sobre entidades similares. Se denomina "*llave del registro*" a algún elemento que permite identificar de manera única a un registro o que sirve para ordenar (organizar) los registros de un archivo. Los "*apuntadores*" son elementos (datos) que especifican la ubicación de los registros; pueden usarse en "*indexaciones*" (ordenaciones) o como elementos de registros para señalar hacia otros registros asociados.

El tipo de organización de archivo que se use depende parcialmente de las estructuras físicas de almacenaje. Una cinta magnética es un artefacto para almacenaje serial (consecutivo). Un disco magnético permite acceder cualquier registro individual por su dirección, y pueden usarse tanto para accesos secuenciales como directos.

El tipo de organización de archivo (*estructura*) afecta la eficiencia de distintas operaciones. Frecuentemente se acostumbra *indexar* los archivos para facilitar las búsquedas.

Hay cuatro *tipos de organización* que pueden usarse en el manejo de sistemas de bases de datos: archivo llano y único (el mas usual en microcomputadoras, que puede verse como una tabla con renglones y columnas), jerárquico, red y modelos relacionales.

## 5 Procesamiento, automatización y control.

El procesamiento de transacciones es un procedimiento fundamental para las operaciones. Se refiere a cuestiones como: cobranzas, facturación, ordenes de compra, ordenes de trabajo, etc. Los datos de transacciones procesadas se traducen en documentos de transacciones y aportan datos para reportes y análisis gerenciales.

Hay tres enfoques principales para procesar transacciones: la preparación periódica de datos y procesamiento periódico de lotes de datos (*batch processing*), entrada de datos en línea y procesamiento inmediato de datos individuales (*online processing*), y entrada de datos en línea con procesamiento periódico de lotes de datos. Cada uno tiene ventajas y desventajas, así que la elección del método depende de la tecnología disponible y las características de la aplicación. Los controles que aseguran un completo y correcto procesamiento de transacciones incluyen un regla de auditoría, control de datos de entrada, validación de datos, y varios tipos para control de totales. El procesamiento de reportes incluye reportes pre—planeados y a la medida (ad hoc).

La automatización de oficina puede incluir varias utilerías (capacidades). Entre ellas la preparación de documentos y la comunicación de mensajes y documentos. El uso de servicios públicos de datos, como "INTERNET" o REPIDISCA también tiene que ver con la automatización en empresas de agua y alcantarillado. Los documentos se escriben empleando algún paquete procesador de textos. Actualmente varios de tales procesadores permiten crear y manejar gráficas en el mismo documento, además los facsímiles (FAX) facilitan mucho la transmisión de documentos y gráficas.

El control de los S.I. requiere tanto de controles genéricos como de controles a "nivel aplicación". La administración (gerencia) de S.I. demanda tener personal calificado y una dirección apropiada. Hay tareas de control y funciones específicas que sirven para asegurar la calidad e integridad (totalidad) del procesamiento. Los equipos o instalaciones para los usuarios finales de la información presentan problemas especiales de control. Una posible solución es que la organización central del S.I. provea soporte técnico, estándares y entrenamiento.

Los S.I. deben protegerse y debe estar asegurada la disponibilidad del procesamiento de información. Los controles y las seguridades incluyen la protección física de instalaciones y control de acceso a las terminales. Dado que es imposible tener controles para todos los errores, omisiones y desastres, las instalaciones alternas y archivos de respaldo son una manera de seguridad.

### III.- Bases conceptuales

*Los usuarios podrán especificar más correcta y cabalmente sus requisitos, y usar más eficientemente un sistema de información si conceptualmente entienden los fenómenos subyacentes a su necesidad de información y como tales fenómenos se relacionan a los sistemas de información. Esto mismo es aplicable a los desarrolladores y manejadores (gerentes) de sistemas de información. Podrán diseñar, desarrollar y administrar mejor si comprenden los conceptos que explican la necesidad de información de la institución y como se emplea.*

#### 6 El proceso de toma de decisiones

El proceso de tomar o hacer decisiones puede describirse como formado de tres fases principales: 1 **Inteligencia** para buscar los problemas y las oportunidades, 2 **Diseño** para analizar los problemas u oportunidades y generar soluciones factibles, y 3 **Elección** para escoger de entre las alternativas e implementar la elegida.

El hacer decisiones puede basarse en las consecuencias (resultados) que se conocen con **certeza**, consecuencias con probabilidades de ocurrencia conocidas (**riesgo**), o consecuencias con probabilidad desconocida o muy incierta (**incertidumbre**). La respuesta a las decisiones puede consistir de la aplicación pre—programada de procedimientos y reglas de decisión, o de un procedimiento que no estaba programado para buscar una solución.

La descripción (especificación) de decisiones que indica como deben hacerse (tomarse); se designa como **normativa o prescriptiva**. En contraste, una descripción (explicación) **descriptiva** ilustra el comportamiento humano al decidir:

El "modelo económico" clásico del tomador de decisiones es un modelo prescriptivo, que supone que hay información completa de las alternativas; total racionalidad en quien decide, y que la meta es optimizar el *valor esperado*.

El "modelo administrativo" es descriptivo ya que supone que la información está incompleta y que la búsqueda es costosa y limitada; y el tomador de decisiones tiene límites en su racionalidad y se conforma con *satisfacer* sus propias aspiraciones.

Un "modelo del comportamiento para decisiones institucionales" es descriptivo, se concentra en: la "*casi-solución*" de conflictos entre partes de la organización; el *evitar la incertidumbre*; la *búsqueda y identificación gradual de problemas*, el *aprendizaje organizacional*, y la *decisión incremental*.

Las decisiones frecuentemente se hacen en situaciones de *tensión psicológica*, por ejemplo donde cualquier resultado (consecuencia) parece desfavorable. En tales condiciones las personas recurren a métodos para hacer frente a esto, pero que pueden acarrear resultados insatisfactorios.

Cuando se conocen las alternativas y se pueden determinar sus valores, hay varios métodos para decidir entre las alternativas, por ejemplo: *optimización* bajo certeza (las clásicas en investigación de operaciones); *matrices de pago* (teoría de decisiones estadísticas), curvas de *utilidad e indiferencia* (cuando el "valor" del dinero depende de la cantidad); *árboles de decisión* (para secuencias de

decisiones); *evaluación por aspectos* (clasificación, peso -calificación- o eliminación); *teoría de juegos* (para ambientes competitivos con un ganador y un perdedor, de poca utilidad en cuestiones institucionales); *inferencia estadística clásica* (muestreo, distribución de probabilidades, análisis de regresión y correlación y prueba de hipótesis); y *hoja de balance de las consecuencias psicológicas* (ganancias o pérdidas para uno, para los otros, auto-estima, socio-estima).

La orientación de los S.I. tanto para fines informativos como de toma de decisiones, significa que el diseñador del sistema debe tener buenos conocimientos sobre teoría de decisiones y las técnicas de decisión, y mas aún, debe comprender la naturaleza del proceso de decisión, lo que impone límites a la utilidad de muchas técnicas e introduce nuevos requisitos para el soporte a las decisiones.

## 7 Conceptos sobre información

La información equivale a datos que han sido procesados y se les ha agregado valor para el destinatario, así que equivale a un producto elaborado mientras que los datos serían la materia prima. A diferencia de otros recursos, los "recursos de información", adquieren mas valor mientras más se les usa (credibilidad).

La *teoría de la información* o mejor llamada "*teoría matemática de la comunicación*" (puede analizarse en tres niveles: técnico, semántico o de presentación y de efectividad o calidad) enfatiza que la necesidad de información surge de una situación de *incertidumbre* y la intención de *elección* (diferenciar entre los mensajes), y que el papel de la información es reducir esa incertidumbre. La "*redundancia*" surge cuando se transmiten más códigos de los estrictamente necesarios, pero es útil para controlar errores.

Varios conceptos sobre la "**PRESENTACIÓN de la información**" pueden explicarse en función de su eficiencia de envío y recepción, y su elección sobre contenido y distribución.

> Los métodos para mejorar la *eficiencia de envío y suministro* son la *síntesis de mensajes* (reducir la cantidad de datos sin cambiar la esencia del significado del mensaje original) y su *canalización* (solo enviar los mensajes a quienes requieren la información para alguna acción o decisión).

> Los métodos usuales para lograr *discriminar sobre contenido y nivel de distribución* son: el retardo, la modificación o filtrado, la inferencia (absorción de incertidumbre), y las desviaciones (bias) en la presentación. Tales técnicas pudieran usarse con buenas o con malas intenciones. Tres ejemplos de desviaciones *bias* son: secuencia y agrupamiento en presentaciones, selección de *límites* de excepción y selección de escalas y modelos de gráficas.

**CALIDAD de la información:** *La calidad de la información se determina por como motiva la acción humana y contribuye a lograr decisiones efectivas.* Así que teóricamente el valor de la información puede determinarse por el valor de un cambio en el comportamiento al tomar decisiones. Algunos aspectos sobre la calidad de la información, a la manera en que la percibe alguien que debe decidir, son:

- "*ganancia o utilidad*" (forma, tiempo, accesibilidad física, posesión). El valor de la información se aumentaría mejorando estas "ganancias".

- *satisfacción* (grado en que el usuario está conforme con lo que arroja el S.I.)

y *-error* (normalmente no hay formas fáciles de ajustar los errores) y *desviación por el estilo de presentación del reporte* (se pudieran ajustar si se sabe la tendencia de quien reporta, pero no siempre es el caso). Existen diversas maneras para diseñar S.I. y poder mejorar la calidad de la información al detectar y ajustar *desviaciones* y controlar *errores*.

**VALOR de la información en DECISIONES:** Con un enfoque de *teoría de decisiones* el valor de la información será el valor del cambio en el comportamiento al tomar decisiones luego de restarle el costo de obtener tal información (por ejemplo si más información no hace cambiar una decisión preliminarmente tomada, el valor de la nueva información es nulo, o más bien negativo).

Cuando se dispone de *matrices de pago* pudiera calcularse el valor esperado de la "*información perfecta*". Los conceptos aportan una visión, pero en la práctica es difícil determinarlo al momento de hacer una decisión. Los **análisis de sensibilidad** pudieran usarse para identificar el valor de información adicional relativa a las variables sensibles a la decisión.

**VALOR de la información INDEPENDIENTE de las decisiones:** El valor de la información también puede rastrearse hasta los elementos de datos ("parámetros") que tienen valor para motivación, construcción de modelos, y construcción de historial (antecedentes o soporte). Es de esperarse que esos afecten decisiones y acciones futuras, pero su relación pudiera estar indefinida respecto a las decisiones actuales.

Los conceptos de **EDAD de la información** señalan la relación entre el intervalo, condición u operatividad de los datos, y el retardo en procesamiento para conocer la edad de la información.

## **8 Los humanos como procesadores de información**

El **modelo básico del humano** como procesador consiste de entradas desde sensores, una unidad procesadora, y respuestas (salidas). Como las entradas son tan numerosas, no se puede aceptar todo, así que se requiere aplicar un mecanismo de filtrado y selección. El *modelo de Newell-Simon* se enfoca a tipos de memoria empleada en el procesamiento humano de información: de corto plazo, de largo y de almacenamiento externo. Las cambiantes velocidades de *lectura y escritura* para los diferentes almacenes, aunadas a sus distintas capacidades explican muchas características del procesamiento humano.

La capacidad de *memoria de corto plazo* de los humanos como procesadores de información, tiene limitantes sobre todo para detectar diferencias y procesar e integrar estadísticas, normalmente la capacidad de retención se limita a "siete, mas menos dos". Otro límite es el monto de **diferencia** que cada receptor distingue o considera significativa (*teoría de las diferencias notorias*). Los humanos no son tan buenos como los estadísticos intuitivos.

El área de teoría cognoscitiva, especialmente el estudio de estilos cognoscitivos, permite entender como los individuos enfrentan el proceso de solución de problemas. Las diferencias entre los procesos cerebrales del lado izquierdo y del derecho sugieren que los sistemas pueden diseñarse para aprovechar las funciones del **lado derecho** del cerebro, que son más intuitivas.

Otras diferencias individuales afectan también la solución de problemas y uso de sistemas de

información. La **necesidad de retroalimentación** y el valor psicológico de los **datos no usados**, son características del procesamiento humano que el sistema deberá reconciliar.

La sobrecarga de información es un peligro en aumento conforme aumentan la capacidad del sistema y la comunicación. Las diferencias individuales afectan la búsqueda y uso de información; y entender tales diferencias ayudará al diseñador del sistema.

Dado que la comunicación no-verbal se elimina en muchos sistemas, el diseño del sistema debe cambiarse para reflejar esta reducción en las entradas. La tarea a desarrollar afecta al procesamiento de información. Esto se observa en los gerentes. Las características de la actividad de gestión (gerenciales) relevantes al uso de S.I. son: *fragmentación, brevedad, frecuencia de interrupciones y preferencia de comunicación frente-a-frente.*

El desempeño de los gerentes tiende a mejorar con datos resumidos pero la confianza en las decisiones mejora con el uso de datos crudos.

### **9 Conceptos de sistema**

Un sistema se compone de elementos que operan juntos para lograr un objetivo. El modelo básico consiste de entradas (insumos), procesos y salidas (resultados). Los sistemas pueden ser **deterministas o probabilistas**, y *abiertos o cerrados.*

Un sistema de información es un sistema **humano-máquina** (usuario-máquina), donde ambos componentes cumplen una función, y donde los elementos de la máquina son relativamente cerrados y deterministas, y los elementos humanos son abiertos y probabilistas.

La desagregación de sistemas en **subsistemas** es un paso importante para simplificar el diseño de sistemas. El uso de subsistemas generalmente requiere mecanismos "**desaparejadores**" para que cada uno sea lo más independiente posible, y para reducir las complejidades de coordinación y comunicación entre ellos. Algunos métodos para "**desaparejar**" son: 1)\_los almacenajes (inventarios) y "**buffers**" (líneas de espera), 2)\_los recursos holgados y flexibles, y 3)\_los estándares.

Los sistemas se mantienen y se conservan sin decaimiento por *entropía negativa*. Los cambios externos a los objetivos del sistema crean esfuerzos a los que debe adaptarse el sistema.

Las instituciones (organizaciones) son sistemas abiertos, por los cuales son aplicables los conceptos de sistemas. Tales conceptos explican la relación entre efectividad y eficiencia.

El enfoque sistémico es particularmente relevante a los S.I., los que pueden verse como sistemas en un ambiente de organismo. Los subsistemas y los conceptos de "*desagregación*" se emplean en la definición de aplicaciones específicas, módulos de programas y aptitudes de diseño que aseguren que los sistemas son flexibles y mantenibles. Estos conceptos también son relevantes a las operaciones del sistema, tales como uso de recursos holgados o el hardware de cómputo. Los conceptos de sistemas se aplican también a la gestión (gerencia) de proyectos.

## 10 Conceptos de planeación y control

La **planeación** fija el curso de acción a seguir en una institución (organización); el **control** genera que los eventos y las actividades se ajusten a los planes. Un importante elemento de la gestión, y base de la planeación, es el proceso de fijar *objetivos y metas*. Una teoría indica que esos objetivos resultan del regateo entre individuos del grupo, cada uno teniendo objetivos individuales. La planeación ocurre a niveles *estratégicos, tácticos* (control gerencial) y *operativos* de la institución.

El proceso de **planeación** requiere que las **expectativas** a futuro sean cuantificadas y clasificadas. Un **modelo de planeación** se prepara como un método para estructurar, manipular y comunicar expectativas y planes. Los datos para la planeación se derivan de datos históricos internos así como de una variedad de fuentes externas. Los soportes computacionales para el proceso de planeación consisten de: **técnicas de análisis** de datos históricos, **técnicas de estimación y predicción**, cálculos para planeación financiera, y **formateo** de salidas.

El **control** se compone de actividades que miden **desvíos** respecto al desempeño programado e inician acciones correctivas. Los conceptos sistémicos relevantes a los *sistemas de control* son la *retroalimentación negativa* y la "*ley de variedad de requisitos*" (que existan tantas formas de control como haya maneras posibles de desvío. Implica tener: a) suficientes respuestas de control, b) reglas de decisión para generar las respuestas y c) la autoridad para ser un sistema auto-organizado). El proceso de control emplea al modelo de planeación para generar **estándares de desempeño**. Los controles pueden verse como métodos para evitar la incertidumbre. Esto puede tener implicaciones negativas tanto en la *evasión de la planeación* (evitar reconocer la incertidumbre) o *controles excesivos*.

El personal encargado de los sistemas de control tiende a ser recompensado por detectar errores, lo que puede llevar a la manipulación de entradas al sistema por quienes son sujeto de evaluación.

Los S.I. aportan a un gerente la capacidad de ampliar sus actividades de **planeación**, y le permiten analizar iterativamente, por prueba-y-error, planes alternos. En cuanto a **control**, las ventajas de un S.I. computarizado son su capacidad de monitoreo continuo en vez del periódico, y hacer mas comprensibles los análisis de desempeño.

## 11 Estructura organizacional y conceptos gerenciales

Es fundamental **comprender** la estructura organizacional y sus procesos para analizar y diseñar aun los más elementales (de bajo nivel) sistemas para procesar información. Esta comprensión es vital para el diseño de un **MIS** (sistema de información gerencial).

Hay varios conceptos de organización y gestión (gerencia) que se relacionan al diseño del S.I. No puede describirse en pocas líneas ninguna teoría organizativa, y este capítulo se comprenderá mejor si se conoce algo sobre **teorías gerenciales** (administración de empresas), especialmente en las áreas de: *estructuras organizativas, motivación humana, estilos de dirección (liderazgo), y diseño de tareas*.

La institución se compone de una estructura relativamente permanente que establece las jerarquías de autoridad, especialización y, en cierto grado, de formalización y centralización.

Las variantes de *estructura institucional* (organizativa) dependen en parte de las metas y el medio ambiente de la institución. Una inspección al poder de organización y la cultura, y una mirada a los cambios de estructura ampliarán los antecedentes y referencias al diseñador del S.I. El modelo de una organización como un sistema de procesamiento de información ayuda a ilustrar la complejidad de los factores que impactan la estructura organizativa, comunicaciones y los requerimientos de información.

Algunos conceptos relacionados a teorías sobre gestión son: *motivación humana (salario, seguridad, ambiente laboral, sentido de logro, reconocimiento, interés, reto, responsabilidad y progreso), estilos de dirección (autocrático, participativo) y diseño de trabajos (variedad de habilidades, identidad de tareas, significado de tareas, autonomía, retroalimentación del trabajo)*. Los sistemas de información puede tener un impacto en la estructura organizativa; y esta a su vez influye en el diseño del sistema.

Un enfoque socio-técnico al diseño del sistema ilustra una manera de mejorar la satisfacción laboral y las características sociales y humanas así como mejorar el desempeño de tareas.



#### IV.- Sistemas de soporte basados en información

Los S.I. no operan independientemente de la organización (institución); existen para sustentar los procesos institucionales y para lograr los fines de esa organización. El termino "sistemas de soporte" es entonces apropiado para los sistemas de información. Existen algunos sistemas basados en información que sustentan las principales funciones de la institución: -Soporte al procesamiento de transacciones rutinarias, -soporte a los trabajos de oficina, -soporte al control operativo, -soporte al control gerencial, -soporte a las decisiones, soporte a la planeación estratégica.

Los sistemas de soporte basados en información incluyen el sustento a la planeación, control y toma de decisiones asociadas a las funciones mencionadas arriba. Estos sistemas de soporte son **sistemas de soporte al conocimiento** (al trabajo intelectual, en contraste con la tecnología de apoyo al trabajo manual).

Este grupo de capítulos comprenden: -énfasis en los componentes de soporte a la planeación, control y toma de decisiones. -Soportes para el trabajo del conocimiento (trabajo intelectual).

#### 12. Sistemas de soporte para planeación, control y toma de decisiones.

Los sistemas de apoyo a las decisiones (DSS) son una clase de subsistemas del sistema de información gerencial (MIS) que apoya a analistas de planeación y a directores en el proceso de tomar decisiones. Los sistemas de planeación y de control son acepciones específicas de un concepto amplio de un DSS. Los *sistemas expertos* son un tipo de sistemas de apoyo a las decisión que incorporan la base de conocimiento y erudición de un experto con una interfase flexible para que un novato puede emplear el sistema para solucionar problemas. Los DSS son especialmente útiles para problemas semiestructurados o no estructurados donde el problema a solucionar se analiza mediante un diálogo interactivo entre el sistema y el usuario. El énfasis está en pequeños modelos sencillos que pueden entenderse y establecerse fácilmente, más que en complejos modelos integrados. Para desarrollar un modelo de decisión, normalmente se sigue un proceso iterativo en el cual deben interactuar el diseñador y el usuario de sistema.

Los sistemas de apoyo a las decisiones pueden clasificarse dentro de un ámbito continuo, que abarca desde los que primordialmente facilitan el ingreso de datos, hasta los sistemas que sugieren alguna decisión. Los DSS pueden ser usados directamente por el tomador de decisiones, al igual que por personal de apoyo a quien tomará la decisión final. Generalmente son los especialistas de apoyo quienes hacen los análisis e interpretan los resultados para el tomador de decisiones. La *capacidad interactiva* no es tan esencial para el proceso de decisión como la "*responsabilidad*" -es decir que sea un sistema poderoso, accesible y flexible.

Pueden usarse diferentes modelos para sustentar cada una de las **fases de decisión: inteligencia** (o conocimiento), **diseño** y **selección**. Durante la fase de inteligencia (conocimiento), el énfasis está en accesos flexibles a las bases de datos internas y externas, sean computarizadas y manuales. Los sistemas pueden necesitar mantener *búsquedas* estructuradas continuas, búsquedas estructuradas a la medida (ad hoc) y búsquedas no-estructuradas. El soporte a decisiones para la fase de diseño acentúa el análisis interactivo para entender el problema, generando soluciones alternativas y examinando la factibilidad de las soluciones. El soporte a decisiones para la selección, ayuda a clasificar alternativas, o bien para aplicar procedimientos de decisión para sustentar la elección de quien decide. Un sistema de apoyo a las decisiones puede diseñarse para reflejar diferentes conceptos y situaciones para la decisión.

Los DSS puede desarrollarse con una variedad de herramientas, como son: lenguaje de programación, procesador de hoja de cálculo, paquete de análisis estadístico o un generador de modelos. Los *paquetes de software para generar modelos* contienen utilerías para desarrollar una interfase flexible y manejable, vincular bases de datos y acceder o generar modelos apropiados. Un sistema de administración de modelos ayuda a almacenar estos y emplearlos o modificarlos para otra situación de decisión.

Un sistema de **apoyo a la planeación** típicamente contendrá facilidades para construir modelos, hacer análisis de planeación y obtener datos de bases de datos internos y bancos de datos externos. Un sistema de **apoyo al control** tendrá reportes rutinarios, reportes a la medida, ayudas para pronosticar, y ayudas para monitorear sistemas.

### 13 Sistemas de soporte para gestión (gerencia) del *trabajo para el conocimiento* (intelectual).

Las computadoras ofrecen diferentes facilidades para apoyar el "*trabajo para el conocimiento*" o "*trabajo intelectual*", es decir: el pensar, usar y procesar información, formular análisis, recomendaciones y procedimientos. Las labores de "*trabajos para el conocimiento*" son: diagnóstico e identificación de problemas, planear y tomar decisiones, monitorear y controlar, organizar y programar, escritura de textos y presentación, comunicación y desarrollo del sistema. La tecnología afecta el *trabajo intelectual* al incluir computadoras personales, redes de comunicaciones y estaciones de trabajo inteligentes. Los diferentes componentes tecnológicos en su mayoría son más eficaces cuando son integrados.

Las facilidades de apoyo para el *trabajo intelectual* incluyen: procesadores de texto, almacenaje y recuperación de datos, facilidades de comunicación, sistemas de apoyo de decisión, graficadores y utilerías para desarrollar aplicaciones para usuarios finales. La *computación para usuarios finales* se refiere un cambio sustancial tendiente a que los usuarios controlen directamente el desarrollo y operación de sus aplicaciones. Esto representa una tendencia en evolución para los S.I. en las empresas. El **software** de muy alto nivel (cuarta generación) para desarrollar sistemas permite: a) un mejor sistema de apoyo para desarrollos de usuario final; b) una ayuda institucional en el centro de información. El que el usuario final haga sus propias aplicaciones tiene muchas ventajas, pero también algunas desventajas. Una organización debe tener **políticas** para animar el desarrollo de usuario final pero con resultados adecuados en aseguramiento de calidad. Una área especial de apoyo al trabajo intelectual es un sistema de apoyo al desarrollo de sistemas de información profesionales.

El uso de sistemas de apoyo para el *trabajo intelectual* es uno de los mas importantes desarrollos que afecta los **papeles laborales** individuales y la **conducta institucional**. Puede incluso cambiar los papeles en las instituciones, proveer posibilidades de cambiar modelos de supervisión, y se traduce en tareas (papeles) como los del *intermediario de información* para interactuar entre la empresa y sus clientes.

#### V.- Requisitos de un sistema de información

*Es básico tener correctos y completos requisitos (especificaciones) para planear sistemas de información institucionales, al igual que para implementar las aplicaciones de esos S.I. y para construir las bases de datos. Aun cuando existen muchos apoyos especializados, es importante tener una cuidadosa planeación para las aplicaciones relacionadas a bases de datos, y tener un significativo esfuerzo conjunto de los usuarios y los profesionales de los sistemas. Los usuarios son la fuente primaria para definir los requisitos, aunque suelen tener dificultades para definirlos. Los analistas inexpertos creen que el usuario debe indicar los requisitos, para que hagan el diseño y la implementación del sistema. Los analistas expertos saben que establecer requisitos correctos y completos es una de las tareas más difíciles e importantes. Las siguientes secciones ayudarán tanto al usuario como al analista a entender mejor el proceso de determinar los requerimientos de la información, y a mejorar su desempeño en esta tarea.*

#### 14 Desarrollo del plan a largo plazo para el sistema de información.

El desarrollo de un plan de información para los recursos del sistema de información es una parte vital de una buena dirección. Hay diversos enfoques para planear una organización; el enfoque elegido deberá incluir una apropiada participación y revisión de la empresa, para asegurar que el plan cumple las necesidades del organismo y estará soportado institucionalmente. Un principio fundamental para el plan es que debe derivarse y ser congruente con el plan general de la institución. En su contenido el plan debe demostrar tal concordancia y describir como se ejecutará el mismo.

Hay varios modelos útiles durante la planeación y la ubicación de la organización con respecto a la planeación. El **modelo por etapas de Nolan** describe la dirección del cambio conforme las empresas adoptan *tecnología informática* y desarrollan mecanismos institucionales para aprovecharla. El **modelo de planeación de un MIS en tres etapas** es un marco de referencia útil para describir las etapas de planeación y el papel de la metodología para: —la planeación estratégica, —el análisis de necesidades institucionales de información y —asignación de recursos.

Dentro el la etapa de planeación estratégica del S.I., hay varias técnicas para asegurar la *congruencia estratégica* con el plan organizacional: -derivación del plan organizacional, -uso de una malla estratégica, -compatibilidad con la cultura institucional y -la transformación del conjunto de estrategias. Un enfoque para establecer altos **niveles de requisitos** para la planeación y la arquitectura de información es mediante entrevistas con los directivos (gerentes). Para la etapa de asignación de recursos, hay cuatro enfoques: ■comparación de costos—beneficios (*criterio económico*), ■cartera de riesgos y cumplimiento de necesidades, ■valor para los usuarios y ■clasificación según el grupo ejecutivo.

#### 15 Estrategias para determinar las necesidades de información.

Hay diferentes factores sustanciales al elegir una estrategia para determinar **necesidades de información**. Tres niveles de necesidades son: —necesidades de información institucional, -necesidades del nivel de aplicación y —necesidades de la base de datos. Existen *restricciones en la capacidad de las personas* para especificar las necesidades de información. Hay cuatro

grandes estrategias para determinar las necesidades de información, que agrupan diferentes métodos, y son: (1) preguntar directamente, (2) adaptar un sistema de información existente, (3) sintetizar las características de utilización del sistema y (4) descubrir experimentando con un sistema de información en desarrollo.

La selección de una estrategia se basa en las incertidumbres respecto de los procesos para determinar los necesidades de información. La incertidumbre se enfoca (1) incertidumbre respecto a la existencia y estabilidad de un conjunto de necesidades, (2) incertidumbre sobre la habilidad del usuario para especificar necesidades y (3) incertidumbre en la habilidad de analistas para inferir necesidades y evaluar su exactitud e integridad. Estas tres incertidumbres del mejor proceso para determinar las necesidades de información están asociados con: —ciertas características del sistema a emplear, —el sistema de información o aplicación, —usuarios, y —analistas.

La selección de una estrategia para determinar necesidades tanto a nivel institucional como al nivel de aplicación, se basa en una valoración de las características que determinan las tres áreas de incertidumbre. La selección de una estrategia primaria para determinar necesidades (requerimientos) que satisfagan el nivel de incertidumbre, señala al conjunto de métodos a emplear. Un analista puede elegir usar otras estrategias y métodos para complementar la determinación de la estrategia primaria.

#### 16 Requerimientos de la base de datos.

**Base de datos** es un concepto central en el diseño de sistemas de información para una empresa. Los objetivos de la base de datos son: *disponibilidad, compartibilidad y evolutividad* de los datos, así como *independencia e integridad* de los datos. El concepto de **base de datos** se hace operativo mediante un manejador de bases de datos (DBMS, en inglés). Frecuentemente se emplea como complemento un *diccionario de datos*.

Un **modelo de datos** es un modelo acerca de los datos en una empresa. Puede proporcionar al usuario especificaciones de datos comprensibles y especificaciones de datos físicos. Hay tres presentaciones o *esquemas* en la construcción y uso de la base de datos: —el *esquema externo* es la visión del usuario de los datos, —el *esquema conceptual* es la visión completa y lógica de la base de datos y —el *esquema interno* o de definiciones del almacenaje de datos es la forma en que cada dato se almacena realmente. El diseño conceptual para las bases de datos es la integración de los puntos de vista del usuario individual y de las aplicaciones, dentro de una visión conceptual integral. El diseño físico es la traducción del diseño de conceptual en estructuras físicas de almacenaje.

La normalización es el proceso de formar registros con campos de clave y campos sin clave para encontrar criterios para cinco formas normales. Esas formas normales son útiles al analizar datos, remover redundancias indeseables, y formar registros lógicos antes de diseñar físicamente la base de datos.

Una base de datos idealmente debe contener todos los **atributos de los datos** que pudieran ser solicitados por cualquier usuario del sistema, almacenándolos en tal forma que se puedan recuperar. Raramente se logra este ideal completamente; el propósito de determinar las

necesidades de información para la base de datos es establecer los requisitos para que los datos se almacenen en una base de datos y las conexiones de acceso (liga) que deben establecerse para recuperarlos.

La arquitectura de base de datos puede ser desarrollada por una determinación de **necesidades** de alto nivel y un **proceso** de definición de la arquitectura. Después de (o en lugar de) la estrategia de planeación, pueden usarse tres estrategias alternas: desarrollo basado en la arquitectura completa, evolución partiendo de archivos de datos existentes, o desarrollo anticipado partiendo de modelaje de datos conceptuales. Cada método tiene sus ventajas y desventajas. El enfoque mediante modelaje conceptual de datos proporciona una forma de obtener las necesidades (requisitos) que es independientes de las funciones del procesamiento de datos.

Varios investigadores han aportado conceptos para el modelaje conceptual de datos: los trabajos de *Chen* y *Nijssen* son ejemplos de métodos dirigidos hacia las gráficas y a las frases y cálculos. Los elementos de la relaciones-entidad o *modelo E-P de Chen* son: *conjunto de entidades*, *conjunto de relaciones* y *atributos*. Con el concepto de un esquema de empresa, un modelo de datos gráfico E-R, puede describir conjuntos de relaciones—entidad, atributos y conjuntos de valor. En el análisis de información *de Nijssen*, los datos son definidos por frases que tienen una estructura profunda. Las frases pueden aparecer como declaraciones en lenguaje natural, tablas o gráficas.

### **17 Necesidades de interfase con el usuario.**

Los sistemas normalmente son usados directamente por los beneficiarios de sus capacidades, quienes pueden conocer poco de sus aspectos internos. Entonces, un buen diseño de interfase es crítico para el éxito del sistema. Tres principios fundamentales que se tienen que incorporar en todo diseño de interfase son: *consistencia*, *flexibilidad* y *control del usuario*.

Las características de la **interfase** varían según el grado de experiencia del usuario y la naturaleza de la tarea por ejecutar. **Otras consideraciones** son: la cantidad de tiempo que el usuario invertirá en el sistema y si se beneficia o no de las capacidades de sistema (*usuario primario*) o el tiempo y beneficio para el responsable directo de las entradas (capturas) al sistema (*usuario secundario*).

Los componentes de interfase para el usuario que hay que considerar al determinar las necesidades son: -la estructura del lenguaje, -el arreglo general de la pantalla, -la cantidad de respaldo (retroalimentación) y ayuda requerido, -el grado de control de errores, -tiempo de respuesta, y -la ergonomía en el diseño de la estación de trabajo. En términos del diseño del dialogo interactivo las estructuras mas usuales son: -comandos de lenguaje, -menús e - imágenes; también se emplean -iconos, -gráficas, -colores y -lenguaje natural.

Las interfase **físicamente** puede hacerse, además de con el *teclado*, mediante la *manipulación directa* y el *habla*. Los sistemas de manipulación directa incorporan una manipulación de una representación visual (se obtiene lo que se ve) o una manipulación con un aparato físico. La manipulación física de objetos se traducen en un *palanca apuntadora* (joystick) o *ratón* para controlar el cursor. Otras tecnologías físicas de manipulación directa son el *lápiz óptico* y *pantallas sensibles al tacto*. Los sistemas de reconocimiento del habla están limitados para usarse en aplicaciones específicas.

## VI.- Desarrollo, implantación, y gerencia de recursos de S.I.

*La información es un **recurso** que debe manejarse (administrarse). La gestión de información incluye desarrollar e implementar: aplicaciones a la información, aseguramiento de calidad y la organización y gestión de las funciones de los recursos de información.*

*El desarrollo e implantación de aplicaciones de la información es un proceso de cambio institucional. Los procedimientos y procesos institucionales cambian a raíz del contacto con nuevos sistemas de información; los trabajos y las tareas se alteran. Por ello los desarrollos y su implementación deben administrarse (manejarse) para lograr los resultados deseados, para evitar indeseables consecuencias organizativas o de comportamiento.*

*El enfoque principal para la gestión (manejo) del desarrollo de aplicaciones es el "ciclo vital del desarrollo de sistemas", aunque existen otras estrategias.*

*El enfoque de desarrollo para cierta aplicación, debe ser el más efectivo considerando tanto las características de la aplicación como las del medio ambiente para su desarrollo.*

*Las instituciones o empresas generalmente tienen **procedimientos de aseguramiento de calidad** en sus operaciones, pero a menudo no aplican criterios equivalentes para sus sistemas de información. En una institución pueden emplearse procedimientos para control y aseguramiento de calidad de los S.I.*

*El análisis del valor de los sistemas de información y la post—auditoría (evaluación) de las aplicaciones, son formas de aplicar criterios de costos y beneficios a las aplicaciones de S.I. También hay maneras de evaluar hardware y software existente o propuesto.*

*La organización y el manejo de la función de recursos informáticos emplea principios conocidos de las teorías de organización y gerencia, pero hay ciertos aspectos únicos. Una cuestión que debe analizarse detalladamente es la referente a descentralización o centralización.*

### 18 Desarrollo e implantación de sistemas aplicados.

Para elegir la apropiada estrategia de desarrollo de un S.I., deben considerarse varios factores que influyen en el grado de incertidumbre que hay para desarrollar la aplicación, entre ellos: *tamaño del proyecto, estructura del proyecto, comprensión de las tareas del usuario, y habilidad del desarrollador.*

Hay cuatro **estrategias** básicas para asegurar que una aplicación cumplirá los requerimientos reales de un usuario, que son: **aceptación** de los requerimientos del usuario y desarrollo conforme a los especificado; proceso de **aseguramiento lineal**, proceso de **aseguramiento iterativo**, y proceso de **aseguramiento experimental**.

La estrategia de **aseguramiento experimental** generalmente se realiza mediante *prototipos*. La metodología de prototipos es un proceso iterativo efectuado por el usuario y por el diseñador. Se emplean lenguajes de muy alto nivel para construir rápido el sistema y permitir (iterar) modificaciones conforme a las experiencias del usuario con el prototipo.

La metodología más común destinada a sistemas de aplicaciones grandes y altamente estructurados es el ciclo de vida del desarrollo del sistema, el cual representa una estrategia de aseguramiento lineal que puede cambiarse en una estrategia de aseguramiento iterativo. El ciclo de vida consiste de tres etapas principales: *definición, desarrollo e instalación y operación*. Estas etapas del *ciclo de vida* aportan una base para la **gestión** de los sistemas y su **control**, al descomponer el proceso en pequeños y bien definidos segmentos.

En la etapa de definición, el proyecto se inicia a raíz de una definición propuesta. Se hace una *evaluación de la factibilidad* para analizar enfoques alternos. Una vez que se elige una solución, se determinan los requerimientos de información. En la *fase de diseño conceptual* se prepara un diseño conceptual orientado al usuario.

La etapa de desarrollo incluye cuatro tipos de actividades: *diseño del sistema físico, diseño de la base de datos física, desarrollo de programas y desarrollo de procedimientos*. El **diseño del sistema** físico comprende traducir los requerimientos de información y el diseño conceptual en especificaciones técnicas y flujo general del procesamiento. El **diseño de la base de datos** física incluye procedimientos para definir o redefinir las bases de datos o archivos necesarios para una aplicación. El **desarrollo de programas** incluye la codificación y prueba de programas individuales. El **desarrollo de procedimientos** abarca la preparación de procedimientos para los usuarios de las salidas (resultados), preparación de los datos de entrada, operaciones y entrenamiento. La *prueba a los programas* es un asunto crítico en la etapa de desarrollo.

La última etapa del *ciclo vital*, o sea la de implantación y operación del desarrollo de un sistema incluye el poder **convertir** la operación y mantenimiento vigentes al nuevo sistema, y la post—evaluación. Las actividades de conversión son: *pruebas de aceptación, construcción de archivos y capacitación (entrenamiento) a usuarios*.

Las técnicas para gerencia de proyectos aplicables a cierto proyecto pueden determinarse por un conjunto de **circunstancias** que establecen el riesgo del proyecto. Hay cuatro clases de técnicas de gerencia de proyectos que pueden combinarse de diversas maneras para alcanzar el nivel deseado de manejo, conforme al tipo y grado de riesgo inherente al proyecto. Las técnicas son: *planeación, control, integración interna del proyecto, e integración externa del proyecto*.

La **implantación de un S.I.** puede verse como un proceso de cambio institucional. El diseñador del sistema equivale a un *agente de cambio* para la comunidad usuaria. Una sugerencia frecuente para que haya mas probabilidad de una implantación exitosa es la **participación del usuario**, lo que puede aumentar su voluntariedad (compromiso) hacia el sistema y/o mejorar la calidad del sistema. Una manera alterna basada en la teoría de *interacción entre usuarios y sistemas*, sugiere que es fundamental comprender la relación entre usuarios y diseñadores para que haya una implantación exitosa. La participación de los usuarios no se justifica siempre. Una manera interactiva de diseñar es mediante *diseño socio-técnico*, donde se emplea la participación para crear un sistema que simultáneamente sea técnicamente eficiente y conduzca a una alta satisfacción laboral.

## 19 Aseguramiento de calidad y evaluación de S.I.

En sistemas de información la calidad se define como *la perfección de ajuste del sistema a los propósitos para los que se desarrolló*. Hay algunas características que asientan la calidad general, la cual se alcanza mediante funciones institucionales que establecen los niveles de calidad y las actividades de aseguramiento correspondientes. El aseguramiento de calidad para aplicaciones incluye tanto actividades de aseguramiento como el diseño de los conceptos de aseguramiento dentro de las aplicaciones de los S.I.

La post—evaluación de S.I. debe incluir el análisis del valor del sistema, así como investigaciones técnicas, operativas y económicas. Hay cuatro métodos para examinar el valor del sistema, que son: **1** Observación de la relevancia del sistema para mejorar determinadas tareas, **2** voluntad del usuario para pagar por las habilidades del sistema o sus salidas, **3** registros de utilización voluntaria del sistema, y **4** medición de la satisfacción del usuario.

La evaluación técnica se centra en el desempeño del sistema, conforme a criterios establecidos en el estudio de factibilidad. Las consideraciones operativas se refieren a si los datos de entrada se están suministrando adecuadamente y las salidas son utilizables, y realmente usadas. La evaluación económica se centra en actualizar la relación costo-beneficio, pero es importante considerar que una evaluación para decidir si continuar o no con algún sistema, debe centrarse sólo en costos y beneficios futuros (los costos de inversión de cualquier forma ya están hechos y dejan de ser relevantes).

Los equipos y paquetes (hardware y software) existentes debe evaluarse respecto a su eficiencia y para conocer si faltan más recursos. Para evaluar el hardware se usan: monitores de equipos y paquetes, registros y observaciones del sistema, y simulación.

Los equipos y paquetes sugeridos deben evaluarse mediante un estudio sistemático de los requisitos, preparación de especificaciones y evaluación de las propuestas de los proveedores que responden a tales especificaciones.

Los auditores (inspectores) pueden tener un papel importante en el aseguramiento de calidad y control de los procesos de cómputo. Los auditores externos hacen el *estudio del control interno de los sistema EDP* (electronic data processing) como parte de una evaluación del *control interno* de la institución. Pudieran también dar servicios de consultoría sobre gerencia de los sistemas de información. Los auditores internos pueden hacer diversos encargos de control y evaluaciones.

## 20 Organización y gestión de las funciones de recursos informáticos.

Hay varios aspectos del manejo (gerencia) de los recursos informáticos que son importantes para una institución, y existen una transición en proceso que está definiendo un mayor alcance a la gestión de esos recursos. Dos razones importantes para ese cambio, que son: la teoría de etapas del procesamiento de información (ver teoría de Nolan en Cap. 14), que ubica a las instituciones en una etapa del manejo de los recursos, y una búsqueda de supervisión institucional para las novedades en tecnologías de automatización y telecomunicación.

La función de los recursos informáticos comprende: procesamiento tradicional de datos, telecomunicaciones y automatización de oficinas. Un *ejecutivo de recursos informáticos* tiene



un amplio rol, que va mas allá de la responsabilidad de procesar datos.

Existen varias presiones para descentralizar las funciones de un S.I., que surgen tanto de la tecnología informática, como del comportamiento de la institución. Hay tres formas básicas de organización empleadas en S.I.: *funcional, por productos y matricial*. En cualquiera de ellas es indispensable que la organización del S.I. se ajuste a la organización y cultura de la institución a que sirve.

Las funciones de un S.I. que pueden centralizarse o descentralizarse son el desarrollo de operaciones y de aplicaciones. Los **elementos de la operación** del sistema susceptibles de centralizarse o descentralizarse son la ubicación de hardware, el control de procesos y la ubicación de datos. El **personal que desarrolle sistemas** puede centralizarse y organizarse funcionalmente, o descentralizarse y para que atienda directamente a los usuarios. Una manera híbrida de hacerlo es centralizando el desarrollo, tener analistas asignados permanentemente a ciertas funciones de los usuarios. La **planeación y el control** de recursos informáticos puede centralizarse con un enfoque de *centro de servicio*; o descentralizarse mediante un enfoque de *centro de utilidades*.

Un problema gerencial importante es la **asignación** de recursos informáticos escasos (programadores, computadoras, proyectos de desarrollo, etc). Una opción es emplear una autoridad central, como un gerente de información o un comité directivo. Una segunda opción es usar un mecanismo de autoridad descentralizada, como el cobro por servicios. Este último, que descentraliza el control para los usuarios debe ser comprensible y controlable por el usuario. Los mejores métodos para lograrlo son la tarifas estándar por unidad procesada de operaciones y un precio fijo por el desarrollo del sistema.

El personal de gestión de Ss.I. puede cambiar debido a modificaciones sustanciales en el contenido del trabajo, y especialmente por problemas de motivación (el mantenimiento de sistemas suele no ser atractivo, pero el 50% del trabajo se refiere a mantenimiento, y con una tendencia a crecer). Es importante planear el desarrollo de carreras tanto para los empleados como para quienes brindan oportunidades. Algunas opciones alternas de carreras son: la ruta **jerárquica**, la carrera **dual** (ruta técnica paralela a la gerencial), y la carrera **por etapas** (aprendiz, colega, mentor y organizador). El personal de S.I. puede considerar los S.I. como una ruta hacia una posición en otra área funcional (no supeditada al cómputo).

Las computadoras personales y los programas amigables apoyan la tendencia a descentralizar la operación y el desarrollo de Ss.I. Los centros de información representan una ayuda al entrenamiento, al igual que las instalaciones de apoyo para usuarios finales.

## 21 Desarrollos futuros y sus implicaciones institucionales y sociales.

Hay muchas opiniones sobre los impactos potenciales de las computadoras y la tecnología de comunicaciones sobre los individuos, las empresas y la sociedad. La **quinta generación de computadoras** dará (da) acceso a enormes cantidades de conocimiento aprovechable por mucha gente. Los desarrollos en **telecomunicaciones** y cambios en **reglamentos y políticas** de muchos países están permitiendo la fusión de las industrias de telecomunicación y de procesamiento de información, y logrando que haya muchas formas de información accesible a precios bajos. Un importante desarrollo es la **red de servicios digitales**, la cual satisface

muchas necesidades de comunicación e información.

Los **servicios y la tecnología** para Ss.I. seguramente influirán en los trabajos y las instituciones. Los **oficios y las actividades** profesionales pueden descender en nivel de habilidades, o por el contrario, enriquecerse, mientras que el trabajo gerencial puede cambiar menos. El impacto tecnológico en la **estructura institucional** tal vez dependa más de la filosofía organizativa bajo la que se implante. Hay potencial para hacer trabajos desde sitios remotos a una central, por ejemplo desde oficinas descentralizadas o el hogar. A **nivel social** continuarán los cambios de fuerza de trabajo hacia los *servicios informáticos*. Cada vez habrá mas dispositivos y servicios electrónicos en los hogares y el énfasis en la educación sobre computadoras, entre algunos sectores, generará una sociedad dividida en "**ricos**" y **pobres**" **en cuanto a información**. Por otro lado, es preocupante la amenaza potencial de los procesos informáticos sobre la privacidad.

**CAPITULO IV**  
**TEMAS DIVERSOS**

**PLANEACION Y OPERACION DE SISTEMAS  
DE INFORMACION EN EMPRESAS DE AGUA**

**ANALISIS FINANCIERO**

**OBJETIVO**

Presentar los aspectos básicos del análisis de la información financiera en empresas de agua, como un apoyo para el fortalecimiento organizacional y la toma de decisiones.

**RESUMEN**

**El sistema contable como sistema de información**

Un sistema de contabilidad representan para las empresas al mismo tiempo una herramienta y un marco de referencia para el control de los flujos de efectivo, los bienes con que cuenta, los adeudos y el capital.

Sin embargo, representa también una valiosísima fuente de información, ya que, sabiéndolo analizar, revela aspectos de la operación de la empresa y las condiciones del entorno (mercado, economía).

Su utilidad está determinada, entre otras cosas, por la estructura definida en el catálogo de cuentas y por el manejo de las mismas en la formación de los diferentes reportes y estados financieros. Además, cuentan mucho la precisión, la confiabilidad y la disponibilidad de los datos en distintos períodos.

**Características particulares de la contabilidad de empresas de agua**

En las empresas de agua, por ejemplo, el sistema contable debería permitir la identificación de cuentas de gastos por categorías, la diferenciación de los ingresos por clase de usuario, las variaciones de cuentas relacionadas, variaciones en los ingresos independientes de los cambios en las tarifas, discrepancias entre la depreciación en libros y el estado real de los activos, etc.

Asimismo, el sistema contable debe permitir la verificación de datos críticos contra información proveniente del área operativa.

**Utilidad de la información financiera**

La información contable y financiera sirve para:

- Evaluar el desempeño actual y las necesidades de financiamiento futuras,

- analizar la situación financiera del organismo,
- clasificar las fuentes de ingresos y de gastos,
- jerarquizar las fuentes de ingresos,
- monitorear las tendencias de gastos por categorías de gasto,
- comparar cuentas de ingresos o gastos del actual período contra ejercicios anteriores,
- proyectar la disponibilidad de efectivo,
- determinar si las fuentes de ingresos bastan para cubrir los gastos operativos y los requerimientos financieros de los programas de mejoramiento en bienes de capital (por ejemplo, reemplazo de activos principales como equipo, vehículos, bombas y tuberías),
- dar control y seguridad internos a la recepción y el desembolso de efectivo,
- tener información disponible para instituciones de crédito, acerca de presupuestos, ingresos, gastos, activos, pasivos, flujo de efectivo, edad del equipo y vehículos, capacidad de pago, etc.
- poder dar informes sobre tarifas, sus cambios, los costos operativos y las políticas de equipamiento,
- proveer de información financiera a agencias gubernamentales sobre impuestos retenidos, primas de seguros, impuestos sobre ingresos, instalaciones propuestas, fuentes de fondos, cambios de tarifas propuestas, niveles de servicio propuestos y costos de operación y equipos.

### **Objetivos de la administración financiera**

Un usuario especial de la información contable y financiera es el departamento de planeación específicamente en lo que concierne a la administración financiera.

El administrador financiero debe vigilar que el organismo esté en posibilidad de afrontar sus gastos corrientes, mantenga reservas para el reemplazo de activos fijos, pueda cubrir sus compromisos financieros y recupere los costos de inversiones en bienes de capital. En organismos con participación privada, es también esencial monitorear la rentabilidad.

### **Relación entre el desempeño financiero y el operativo**

Si se analiza la evolución comparativa de algunas cuentas, es posible identificar variaciones anormales en el comportamiento de aspectos operativos. Es el caso de un incremento (o decremento) abrupto en el porcentaje de gastos correspondiente al mantenimiento, un descenso repentino en los ingresos por pagos de usuarios industriales, un excedente anormal en inventario de piezas de reemplazo, etc.

Algunas relaciones pueden indicar anticipadamente la necesidad de ajustar las tarifas, reducir gastos innecesarios, incrementar la disponibilidad de efectivo, corregir metas presupuestales o revisar actividades "de campo" (medición, facturación, etc.).

## **Análisis e interpretación de estados financieros**

Una forma de estudiar la información contable y financiera es aplicar métodos usuales de análisis de los estados financieros. Estos incluyen la comparación de estados de distintos períodos, la desagregación de cuentas por tipos de usuarios, el uso de gráficas de cuentas relacionadas, la comparación de resultados contra metas presupuestales, la revisión de tendencias de ingresos contra gastos y la obtención de razones o proporciones.

Dos aspectos críticos para el caso de los organismos operadores, por sus efectos en el corto plazo, son la disponibilidad de efectivo y el monitoreo de la depreciación de activos.

## **Metas financieras de una empresa de agua**

Una empresa de agua es responsable de la prestación de un servicio público, por lo que sus metas financieras deberían estar supeditadas al cumplimiento de niveles de servicio adecuados, no sólo en el corto plazo, sino con las previsiones necesarias para su desempeño sostenido.

La información financiera debe permitir el desarrollo de una planeación comprensiva, que rebase la simple relación de financiamiento requerido versus ingresos necesarios.

## **La información financiera y las decisiones de presupuestación**

Ya sea que se trate del presupuesto operativo, el de gastos de capital o el de efectivo, la información financiera no sólo es indispensable para su formación, sino que permite evaluar mejor las posibilidades de corregir el comportamiento real contra el presupuestario, caso frecuentemente necesario.

Así, pueden prevenirse o identificarse los efectos estacionales, la influencia o necesidad de mantener niveles de inventarios, la influencia de ingresos inusuales, los retrasos en el cobro de cuentas por cobrar, los requisitos de expansión o mejoramiento de los bienes de capital, la necesidad de fuentes externas de fondos para inversiones mayores, las posibilidades de aprovechar descuentos de proveedores y la disponibilidad de excedentes para su inversión en instrumentos de corto plazo.

Si la información es completa, precisa y veraz, se contará con una base estadística idónea para la aplicación de métodos más especializados para el control de inventarios, la administración del capital de trabajo, el manejo de cuentas por cobrar, etc.

## **Necesidad de una visión global de la información operativa para el análisis financiero de una empresa de agua**

Por otra parte, es importante aclarar que la información financiera, muchas veces puntual y parcial, no puede ser la única base para la toma de decisiones estratégicas. En este caso, es esencial contar con información de otros ámbitos de la organización, para poder contrastarla y analizar sus interrelaciones de manera interdisciplinaria.

### **La información financiera como base de negociación**

Para un organismo operador es fundamental contar con buenas bases para gestionar incrementos tarifarios, incentivos fiscales y empréstitos. La información ordenada le da esa posibilidad, ya que refleja seriedad, profesionalismo y capacidad de previsión.

Además, la información es útil para mejorar la comunicación con los usuarios. Debería ser práctica común el informar a los contribuyentes sobre el correcto manejo de sus contribuciones.

### **Factibilidad y necesidad de la implantación de sistemas de información contable y financiera en organismos operadores y empresas de agua - contexto actual**

En nuestro país es característica la falta de información. Además, cuando existe, generalmente se le da un uso restringido. En el caso de la información contable y financiera, son pocas las empresas que aprovechan el potencial que representa.

En un contexto de crisis económica, invertir (tiempo y otros recursos) en la conformación de un buen sistema de información financiera y contable es esencial para encontrar formas de optimizar el manejo de los recursos en el organismo. Algunos cambios sencillos en la programación de las metas, restricciones en gastos variables, eficientización operativa, ajustes en cargos o actualización de fuentes de ingreso, pueden ser de suma utilidad para las empresas de agua en las circunstancias actuales. Muchos organismos operadores, acostumbrados por desgracia a exprimir los recursos disponibles para cumplir con objetivos urgentes, verían apoyada su administración financiera, encontrando estrategias alternas al ajuste tarifario y quedando además en posibilidades de mostrar los límites en que se ven obligados a dar un servicio eficiente.

# Estilos de liderazgo

(resumen de ideas del capítulo III del libro Management in Action de William D. Hitt).

Hay dos dimensiones en la actuación de un gerente o directivo (gestión): "preocupación por la producción" (estructura) y "preocupación por la gente" (consideración).

La dimensión de "estructura" (o enfoque hacia la productividad) de un líder significa que está orientado a cumplir con el trabajo. Aquí los factores más importantes son: »tiene un plan de trabajo, »le dice al personal lo que espera de ellos, »observa que haya coordinación entre el personal, »enfatisa el cumplimiento de fechas límite, »mantiene estándares de desempeño definidos, »vigila que el personal trabaje a su potencial, »critica el trabajo deficiente.

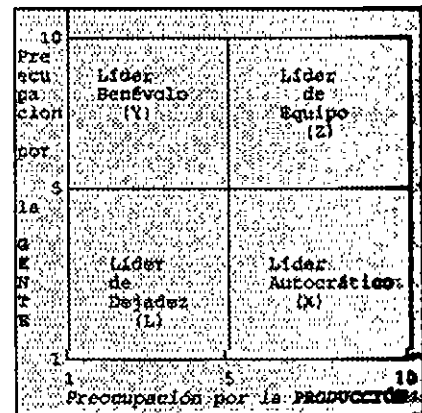
La dimensión de "consideración" (o enfoque hacia la gente) de un líder involucra aspectos como: »Tiene detalles para hacer agradable el ser miembro de su personal, »encuentra tiempo para escuchar a los miembros de su grupo, »busca el bienestar personal de cada miembro de su grupo, »consulta con su personal antes de actuar en asuntos importantes, »es amistoso y accesible, »hace que el personal se sienta tranquilo al hablar con ellos, »pone en práctica las sugerencias de su personal.

Frecuentemente los subalternos a un líder se preocupan más por el aspecto de "consideración", mientras que el supervisor del líder se preocupa más de los aspectos de "estructura". Entonces el líder debe tener en mente ambos aspectos y un balance apropiado entre ellos, y saber que en ocasiones son aspectos conflictivos.

Poniendo los diferentes grados de consideración y estructura en ejes ortogonales con escalas relativas del 1 al 10, se pueden identificar 4 estilos de liderazgo, con base en las zonas de la gráfica.

*"el espíritu de una organización se crea desde la cima. Si una organización es grande en espíritu, es porque es grande el espíritu de quienes están arriba. Si decae es porque la cima se pudre. Nadie debería ser promovido a una posición de mando (gerente), a menos que se quiera que su carácter sirva de modelo hacia sus subordinados".*

La siguiente tabla resume algunas de las características de esos cuatro estilos de liderazgo.





<b>Filosofía gerencial</b>	<b>Teoría L</b> Laissez-faire	<b>Teoría X</b> Autocrático (autoritario)	<b>Teoría Y</b> Benévolo (complaciente)	<b>Teoría Z</b> Líder de grupo
<b>al PLANEAR</b>	Pasa los planes de los jefes superiores hacia sus subordinados	Hace el plan e instruye a su personal en como realizarlo.	Ayuda a su personal a hacer sus propios planes.	Usa un esquema grupal para desarrollar el plan.
<b>al ORGANIZAR</b>	Hace circular el organigrama y la descripción de funciones entre el personal.	Hace que las personas se amolden al organigrama.	Modifica el organigrama para ajustarlo a cada tipo de persona.	Establece un organigrama y responsabilidades con un enfoque de grupo.
<b>selección de PERSONAL y Desarrollo</b>	Deja la responsabilidad al "Departamento de personal"	Tiene puestos fijos para que las personas se adapten, y los despide si no lo hacen.	Emplea a todo aquel que se sentirá bien trabajando ahí.	Involucra a partes del equipo al elegir nuevo personal y los programas de desarrollo.
<b>para MOTIVAR</b>	No se involucra en el área emotiva.	Enfoque de promesas y castigos (zanahoria y palo)	Ofrece una relación de ayuda y da aliento.	Busca una "sinergia" entre las metas de la organización y las del individuo.
<b>para CONTROLAR</b>	Deja que cada quien se controle por si mismo.	Vigila de cerca e instruye al personal como corregir desviaciones.	Aporta las herramientas y el equipo que solicite el personal.	De manera grupal analiza las desviaciones y decide sobre las acciones correctivas.

## **Confiabilidad de los datos para la planeación\***

(\*adaptado del capítulo 10 Planeación y control, pg. 304, de libro Management Information Systems, G. Davis y M. Olson)

La confiabilidad de los datos es esencial en la planeación. La confiabilidad de datos estadísticos se mide por la consistencia de los resultados al repetir las mismas mediciones bajo condiciones idénticas.

La confiabilidad de los datos para planeación es afectada por factores como:

1.- **Fuente de los datos.** Los datos de fuentes externas serán evaluados diferente por distintos planeadores, debido a la incertidumbre sobre su calidad, etc.

2.- **Influencia del plan sobre los resultados.** Algunos planes, como la concesión de un presupuesto, tienen una fuerza determinante en el resultado, e.g. los departamentos gastan todo lo que se les asigna.

3.- **Precisión esperada o deseada.** las estimaciones de la planeación no requieren una precisión estándar uniforme, ya que algunas cifras son más importantes que otras. Por ejemplo para presupuestar las necesidades de una fábrica, un error del 50% al calcular el costo de lápices no es grave comparado con un error del 50% en el costo de la materia prima.

4.- **Tiempo.** La confianza de predecir eventos futuros generalmente decrece al aumentar el periodo de tiempo para el que se haga. Para horizontes de predicción muy largos, los datos de planeación tienden a ser más inciertos sobre lo que puede esperarse. Generalmente habrá mayores variaciones en las predicciones de largo plazo de distintos planeadores, que en las de corto plazo.

CICLO vital del desarrollo de un SISTEMA APLICADO (paquete de cómputo)<sup>1</sup>

ETAPA	Fase	Contenido	% <sup>2</sup>
DEFINICIÓN	Definición de la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de quienes proponen el proyecto y tienen interés en la aplicación</li> <li>✓ MOTIVO o Necesidad organizacional y beneficio esperado.</li> <li>✓ Soporte institucional (presupuesto, cliente, soporte gerencial, etc)</li> <li>✓ Tiempos (plazo, o fecha límite, disponibilidad de personal, etc)</li> </ul>	--
	Evaluación de factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descripción general de la aplicación</li> <li>✓ Itinerario para el desarrollo</li> <li>✓ Presupuesto y recursos según tiempos para el desarrollo.</li> <li>✓ Factibilidad económica (itinerario de costos y beneficios)</li> <li>✓ Resumen de evaluación de: 1-Factibilidad técnica 2-Factib. Económica 3-Factib. Motivacional 4-Factib. en tiempos 5-Factib. operativa</li> </ul>	5
	Análisis de necesidades de información	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reportes</li> <li>✓ Peticiones (búsquedas) regulares o según casos.</li> <li>✓ Sustento conceptual a la base de datos</li> <li>✓ Requisitos de funcionamiento</li> <li>✓ Requisitos de interfase.</li> </ul>	15
	Diseño conceptual	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descripción de aplicaciones orientadas al usuario.</li> <li>✓ Entradas al sistema y descripción de c/u.</li> <li>✓ Salidas producidas por la aplicación y descripción.</li> <li>✓ Funciones que debe ejecutar el sistema.</li> <li>✓ Flujo general (secuencia) del proceso y referencia a programas, archivos, entradas y salidas.</li> <li>✓ Esbozo de los manuales (operativos, usuario) y material para capacitación</li> <li>✓ Proceso para auditoría y control de operación.</li> <li>✓ Especificaciones para desarrollo (métrica, - velocidad de procesamiento, precisión.)</li> </ul>	5
DESARROLLO	Diseño físico del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño de flujos de trabajo, programas y opciones del usuario</li> <li>✓ Diseño de los controles.</li> <li>✓ Especificaciones para el Hardware</li> <li>✓ Especificaciones y requisitos para datos</li> <li>✓ Estructura general para programas, especificación de procedimientos para funciones</li> <li>✓ Previsiones de seguridad y respaldos</li> <li>✓ Prueba de aplicabilidad y plan de aseguramiento de calidad para el desarrollo</li> </ul>	15
	Diseño físico de la Base de Datos	Diseño del arreglo interno de los datos en archivos	5
	Desarrollo del programa	Codificación y prueba de los programas de computadora (manejo de datos y cálculo).	25
	Desarrollo de apoyos (procedimientos)	Diseño de procedimientos de trabajo y preparación de instrucciones y ayudas para el usuario.	10
INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	Conversión	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pruebas de aceptación</li> <li>-Construcción de archivos</li> <li>-Entrenamiento a usuarios</li> </ul>	15
	Operación y mantenimiento	Operación rutinaria día a día. Modificación y mantenimiento. Ojo: Entropía negativa para contrarrestar	----
	Post- evaluación	Evaluación del proceso de desarrollo y aplicación del sistema, y evaluación de resultados de su uso	5

<sup>1</sup> Adaptado de Capítulo 18 del libro "Management Information Systems" de G. B. Davis & M. H. Olson

<sup>2</sup> "Porcentaje de esfuerzo", aproximadamente, para casos típicos, según el autor, pero también incluye posibles rangos de variación.

# CONTROL

(resumen de ideas del capítulo X del libro Management in Action de William D. Hitt).

Una pregunta fundamental que cualquier gerente debe hacerse periódicamente es: ¿Que tal lo estamos haciendo?. La respuesta a tal pregunta es la esencia del CONTROL.

Una de las 5 funciones gerenciales (*planear, organizar, desarrollar personal, motivar y controlar*) es el CONTROL. El cual implica determinar las diferencias entre el desempeño real y el planeado, y, de no coincidir, decidir que acción correctiva debe seguirse para que tengan armonía.

*Controlar es la actividad gerencial que asegura que los planes tengan éxito. El proceso de control debe: establecer estándares contra los cuales se pueda medir el desempeño; medir el desempeño; y corregir las desviaciones respecto a los estándares o planes.*

Esas tres etapas interrelacionadas constituyen un sistema de control tipo retroalimentación. Ahí hay tres conceptos secuenciales que deben entenderse bien: MEDIR (cuantificar), EVALUAR (dar valor a), CONTROLAR (emprender acciones correctivas).

El control nunca será efectivo (no habrá control) a menos que existan realmente las acciones correctivas (medir y evaluar no bastan).

Un enfoque de sistema al proceso de planeación (copiar figura 41) incluye estos elementos: CENTRO responsable, PLANES y objetivos, REPORTE de resultados contra lo planeado, RETROALIMENTACIÓN, ya sea como recompensa o como remedio; y en su caso la CORRECCIÓN para que en el futuro los resultados se acerquen a lo deseado.

Ese modelo de control es general, aplicable a cualquier nivel de planeación (estratégico, táctico, proyecto), y ningún gerente será efectivo sin un sistema de control.

Existen varias técnicas de control científico (PERT, MRC, PPBS, etc), así como varios enfoques para el control (teorías L, X, Y y Z, según el grado de uso de técnicas científicas y de participación del personal). Desde luego la teoría Z que equilibra las técnicas científicas y la participación, es el más adecuado.

## FUNDAMENTOS del CONTROL:

- 1.- Debe haber una clara **ESTRUCTURA INSTITUCIONAL** (organización).
- 2.- El control debe basarse en **PLANES**.
- 3.- El control es la **RESPONSABILIDAD** básica de un gerente a cargo de un plan. (la planeación y el control no deben separarse, el igual que el PERT es una técnica de planeación y de control).
- 4.- El control debe ejercerse en el **LUGAR** (sitio y con prontitud) en que es más posible que ocurra la falla.
- 5.- El control debe centrarse en **VARIABLES CLAVE** (importantes, volátiles, requieren acción rápida, cambios difíciles de predecir, pueden medirse).
- 6.- El control debe ser **SIGNIFICATIVO** para el gerente.
- 7.- El control debe dar **RETROALIMENTACIÓN** certera y oportuna. (para que cada individuo sepa cuando corregir su actitud o desempeño; y para motivar ajustarse a estándares y mayor efectividad)
- 8.- El control **ANTE-ALIMENTACIÓN** debe complementar al control por retroalimentación (por ejemplo: reuniones para ver "*que se hará el próximo mes*", y no sólo lo ya hecho, o la técnica PERT).
- 9.- El control requiere **ACCIÓN**. (de nada sirve medir y evaluar si no se actúa).
- 10.- El control debe ser **ECONÓMICO**. (un 3% sobre el presupuesto de un proyecto seria razonable para su control. **Para economizar convendría un MIS central, utilizable por diferentes jefes de proyecto**).

## Causas o excusas por las que falta o se descuida la planeación en una empresa de agua\*

(\*adaptado del capítulo 10 Planeación y control, pg. 304, de libro Management Information Systems, G. Davis y M. Olson)

1.- Planear es una actividad cognoscitiva muy difícil, que implica un duro trabajo mental. Debido al esfuerzo mental involucrado, mucha gente lo evita.

2.- La planeación pone de manifiesto la incertidumbre de eventos futuros. Así que al hacer explícitas tales incertidumbres, el futuro parece más incierto después de planear que antes. Y dada la tendencia humana a evitar la incertidumbre, se explica esa evasión o aversión hacia la planeación.

3.- La planeación reduce la libertad de acción percibida (aparente). Al elaborar planes, las personas deben ajustarse a márgenes de actividad más estrechos en comparación a antes de tener planes formales.

4.- Planear es un esfuerzo intensivo, y es difícil para los gerentes encontrar el tiempo para hacerlo. Por ello suele ser indispensable tener "retiros", sin otras interferencias, para concentrarse en la planeación.

5.- Planear implica cálculos tediosos. Cada cambio en las premisas o suposiciones de partida afecta las cifras del plan. Los análisis de datos pasados y sus tendencias o expectativas implican mucho trabajo de cálculo. Hay gran demanda de software para ayudar a quienes deben planear.

6.- A menudo los planes se elaboran y luego se ignoran. Una razón para ignorarlos es no representan un consenso real. Sin embargo, si se les ignora, la gente duda aun mas a involucrarse en la planeación.

*Los planes de una institución reflejan expectativas sobre el medio ambiente y la capacidad de la organización; y decisiones y concesiones sobre asignación de recursos y esfuerzos de dirección.*

**¿QUE ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD?**  
La Modalidad Japonesa - Kaoru Ishikawa - Edit. Norma, 1986

**Capítulo I.- Mi encuentro con el control de calidad**

- \* El control de calidad (CTC) al estilo japonés es una revolución conceptual en la gerencia
- \* El CTC instituido en toda la empresa puede contribuir a mejorar la salud y el carácter de la misma
- \* El control de calidad (CC) cobra mayor importancia a medida que progresa la industria y se eleva el nivel de la civilización
- \* La economía queda firmemente establecida mediante el CC, el CTC y la capacidad para exportar productos buenos y de bajo costo a todo el mundo. La tecnología industrial estará en capacidad de exportarse de manera continua y las empresas podrán compartir sus utilidades con los consumidores, empleados, accionistas y la sociedad en general

**Capítulo II.- Características del control de calidad**

- \* Control de calidad es hacer lo que se debe hacer en todas las industrias
- \* El control de calidad que no muestra resultados no es control de calidad. Hagamos que el CC traiga tantas ganancias a la empresa que no sepamos que hacer con ellas
- \* El CC empieza con educación y termina con educación
- \* Para aplicar el CC tenemos que ofrecer educación continuada para todos, desde el presidente hasta los obreros
- \* El CC aprovecha lo mejor de cada persona
- \* Cuando se aplica el CC la falsedad desaparece de la empresa

**Capítulo III.- La esencia del control de calidad**

- \* El primer paso en el CC es conocer los requisitos de los consumidores
- \* Otro paso es saber qué comprarán los consumidores
- \* No se puede definir la calidad sin saber el costo
- \* Prever los posibles defectos y reclamos
- \* Pensar siempre en tomar las medidas apropiadas, el CC en acción es siempre palabrería
- \* El CC llega a su estado ideal cuando ya no requiere vigilancia (inspección)

**Capítulo IV.- La garantía de calidad**

- \* La calidad debe incorporarse dentro de cada diseño y cada proceso. No se puede crear mediante la inspección
- \* El CC que hace incapié en la inspección es anticuado
- \* El concepto básico subyacente en el control es la prevención de errores repetidos
- \* La esencia misma del CTC está en el control de calidad y en la garantía de calidad para el desarrollo de nuevos productos
- \* Elimínese la causa básica y no los síntomas
- \* Cuando los productos nuevos de una empresa tienen éxito y los consumidores dicen "Podemos comprar sus nuevos productos con gusto y confianza", se podrá decir que el CC ha alcanzado su madurez

#### Capítulo V.- El control total de calidad

- \* El CC es responsabilidad de todos los empleados y todas las divisiones
- \* El CTC es una actividad de grupo y no lo pueden hacer los individuos, exige trabajo en equipo
- \* El CTC no fracasará si colaboran todos los miembros del equipo, desde el presidente hasta los trabajadores de línea y el personal de ventas
- \* En el CTC los gerentes de nivel medio serán tema frecuente de discusiones y críticas, lo mejor es estar preparados
- \* Las actividades de los círculos de CC son parte del CTC
- \* No confundir los objetivos con los medios empleados para alcanzarlos
- \* El CTC no es una droga milagrosa, sus propiedades recuerdan más las hierbas medicinales chinas

#### Capítulo VI.- El CTC es una revolución conceptual en la gerencia

- \* Si se implanta en toda la empresa el CTC puede contribuir al mejoramiento de la salud y el carácter corporativo de esa empresa
- \* El CC es uno de los objetivos principales de la empresa, es su nueva filosofía administrativa
- \* Fije la vista en las prioridades a largo plazo y piense ante todo en la calidad
- \* Acabe con el seccionalismo
- \* El CTC es administración con hechos
- \* El CTC es administración basada en el respeto por la humanidad
- \* El CC es una disciplina en que se combinan el conocimiento y la acción

#### Capítulo VII.- Que hacer y que no hacer en la gerencia media y alta

- \* Si no hay liderazgo desde arriba, no se insista en el CTC
- \* El CC no puede progresar si la política no es clara
- \* Organización significa claridad de responsabilidades y autoridad. La autoridad se puede delegar pero no así la responsabilidad
- \* El CC no puede progresar sin la cooperación de la gerencia media
- \* Esfuerzese por ser una persona que no tiene que estar siempre físicamente presente en la compañía, pero que sin embargo es indispensable para la empresa
- \* Quien sea incapaz de manejar a sus subalternos, no es tan bueno como se cree. Quien sea capaz de manejar a sus superiores podrá considerarse como persona competente

#### Capítulo VIII.- Actividades en los círculos de CC

- \* El CC solo tendrá éxito cuando los superiores y los trabajadores de línea asuman la responsabilidad por el proceso
- \* Los trabajadores que están en primera línea son los que sí conocen la realidad de los hechos
- \* Las actividades de los círculos de CC reflejan la capacidad del presidente y de la gerencia media
- \* Las actividades de los círculos de CC que guardan armonía con la naturaleza humana pueden tener éxito en cualquier parte del mundo
- \* Donde no haya actividades de los círculos de CC tampoco puede haber actividades de CTC



### Capítulo IX.- Control de calidad para subcontratos y compras

- \* ¿Tiene su empresa políticas básicas en materia de subcontratos y compras?
- \* Si el control de los subcontratos no está progresando satisfactoriamente, el 70 % de la responsabilidad recae sobre la empresa grande
- \* La responsabilidad por la garantía de calidad es del vendedor-productor
- \* En principio la compra debe hacerse sin inspección

### Capítulo X.- Control de calidad en el mercadeo: Industrias de distribución y servicios

- \* El mercadeo es la entrada y la salida del CC
- \* La división de mercadeo cumple funciones esenciales del CTC
- \* No hay que olvidar que la división de mercadeo representa a la empresa en su trato con la clientela
- \* Ninguna división de mercadeo o expendio podrá sobrevivir si no satisface las necesidades de los clientes
- \* ¿Es su división o expendio un simple lugar para vender artículos, almacenarlos y observar las cifras de ventas?
- \* Si el mercadeo es solo hacer descuentos, no se necesita. Los productos hay que venderlos por su calidad
- \* Sí, el consumidor es el rey, pero hay muchos reyes ciegos

### Capítulo XI.- Auditoría del control de calidad

- \* No solicite el premio Deming de aplicación, solo por el premio mismo, solicítelo con el fin de promover su CTC
- \* No promueva un CC superficial o que solo pretenda parecer bien en el papel
- \* La alta gerencia no siempre conoce el verdadero estado de la empresa
- \* Cuando se rinda un informe sobre los hechos, la alta gerencia no debe enfadarse con los subalternos

### Capítulo XII.- Utilización de métodos estadísticos

- \* En todo trabajo hay dispersión
- \* Los datos sin dispersión son datos falsos
- \* Sin análisis estadístico (de calidad y de proceso) no puede haber un control eficaz
- \* El CC empieza con un cuadro de control y termina con un cuadro de control
- \* Sin estratificación no puede haber análisis ni control
- \* El 95 % de los problemas de una empresa se pueden resolver con las siete herramientas del CC
  - 1.- Cuadro de Pareto: el principio de pocos vitales, muchos triviales
  - 2.- Diagrama de causa y efecto
  - 3.- Estratificación
  - 4.- Hoja de verificación
  - 5.- Histograma
  - 6.- Diagrama de dispersión
  - 7.- Gráficas y cuadros de control
- \* Los métodos estadísticos tienen que llegar a ser asunto de sentido común y de conocimiento general para todos los ingenieros y técnicos

### Capítulo IX.- Control de calidad para subcontratos y compras

- \* ¿Tiene su empresa políticas básicas en materia de subcontratos y compras?
- \* Si el control de los subcontratos no está progresando satisfactoriamente, el 70 % de la responsabilidad recae sobre la empresa grande
- \* La responsabilidad por la garantía de calidad es del vendedor-productor
- \* En principio la compra debe hacerse sin inspección

### Capítulo X.- Control de calidad en el mercadeo: Industrias de distribución y servicios

- \* El mercadeo es la entrada y la salida del CC
- \* La división de mercadeo cumple funciones esenciales del CTC
- \* No hay que olvidar que la división de mercadeo representa a la empresa en su trato con la clientela
- \* Ninguna división de mercadeo o expendio podrá sobrevivir si no satisface las necesidades de los clientes
- \* ¿Es su división o expendio un simple lugar para vender artículos, almacenarlos y observar las cifras de ventas?
- \* Si el mercadeo es solo hacer descuentos, no se necesita. Los productos hay que venderlos por su calidad
- \* Sí, el consumidor es el rey, pero hay muchos reyes ciegos

### Capítulo XI.- Auditoría del control de calidad

- \* No solicite el premio Deming de aplicación, solo por el premio mismo, solicítelo con el fin de promover su CTC
- \* No promueva un CC superficial o que solo pretenda parecer bien en el papel
- \* La alta gerencia no siempre conoce el verdadero estado de la empresa
- \* Cuando se rinda un informe sobre los hechos, la alta gerencia no debe enfadarse con los subalternos

### Capítulo XII.- Utilización de métodos estadísticos

- \* En todo trabajo hay dispersión
- \* Los datos sin dispersión son datos falsos
- \* Sin análisis estadístico (de calidad y de proceso) no puede haber un control eficaz
- \* El CC empieza con un cuadro de control y termina con un cuadro de control
- \* Sin estratificación no puede haber análisis ni control
- \* El 95 % de los problemas de una empresa se pueden resolver con las siete herramientas del CC
  - 1.- Cuadro de Pareto: el principio de pocos vitales, muchos triviales
  - 2.- Diagrama de causa y efecto
  - 3.- Estratificación
  - 4.- Hoja de verificación
  - 5.- Histograma
  - 6.- Diagrama de dispersión
  - 7.- Gráficas y cuadros de control
- \* Los métodos estadísticos tienen que llegar a ser asunto de sentido común y de conocimiento general para todos los ingenieros y técnicos

Junto con las siete herramientas, los trabajadores deben adiestrarse en: El concepto de calidad (respeto por los consumidores, convencimiento de que el proceso siguiente es un cliente y sentido de la garantía de calidad; Principios y medios de ejecución relacionados con administración y mejoramiento (círculos de control, círculos de Planear Hacer Verificar Actuar y la historia del control de calidad); Un modo de pensar estadístico (los datos tienen su propia distribución y son dispersos, uno debe tener capacidad de utilizar los datos para hacer una estimación estadística y juzgar determinada acción o idear pruebas importantes).

Nivel intermedio:

- 8.- Teoría del muestreo
- 9.- Inspección estadística por muestreo
- 10.- Diversos métodos para realizar estimaciones y pruebas estadísticas
- 11.- Métodos de utilización de pruebas sensoriales
- 12.- Métodos para diseñar experimentos

Nivel avanzado:

- 13.- Métodos avanzados de diseño de experimentos
- 14.- Análisis de multivariable
- 15.- Diversos métodos de investigación de operaciones

PROGRAMA PARA EL CURSO DE "PLANEACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EMPRESAS DE AGUA", FECHA 27 DE NOV. AL 1 DE DIC. DE 1995 EN IMTA.

\* SISTEMAS DE INFORMACIÓN DOCUMENTAL COMPUTARIZADOS:

La información como recurso en empresas de agua (Introducción) (JC) 5 minutos

Uso de bases de datos nacionales e internacionales (MAR) (NFG) (CR) 35 minutos

- a).- IMTA - CENCA servicios de información tecnológica, bases de datos bibliográficos y red de unidades de información sobre el agua (video-Cenca)
- b).- Servicio de consulta de bases de datos internacionales y obtención de documentos
- c).- Red Panamericana de Información y Documentación de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
- d).- Internet y correo electrónico
- e).- Equipamiento (cómputo y telecomunicaciones)
- f).- Cursos de capacitación

Adquisición de Material Bibliográfico (JC) 5 minutos

- a).- Empresas proveedoras de documentos y bases de datos en distintos formatos
- b).- Centros de información, asociaciones de ingeniería, bibliotecas y librerías

Organización de documentos (teoría y práctica) (JC) (MAR) (CR) 45 minutos

- a).- Clasificación de documentos
- b).- Sistemas de almacenamiento y recuperación de documentos
- c).- Sistemas Automatizados de documentos
- d).- Sistema automatizado cd-micro-isis para PC
- e).- Ejemplos de desarrollo de bases de datos documentales

Material requerido para una hora y media de exposición:

- VIDEO-CENCA
- DIAPOSITIVAS
- ACETATOS
- IMTALERTAS
- BÚSQUEDAS BIBLIOGRÁFICAS
- REVISTAS
- INFORMES
- NORMAS
- CD Y LECTOR
- PC, BASES DE DATOS

Material para los participantes:

- + Relación de bases de datos internacionales sobre el agua
- + Base de datos cd-micro-isis
- + Ejemplo de la base de datos con el directorio de los asistentes
- + Relación de normas de la AWWA ( mayo 1995 )

# **Sistema de Información y Vigilancia de la Calidad de los Servicios Hidráulicos en el D.F.**

**M.I. Francisco Flores Herrera.**

El Distrito Federal se localiza en la parte baja de la Cuenca del Valle de México, a una altura de 2240 msnmm, sin fuentes propias de suministro, una población de 8.5 millones que demandan 35 m<sup>3</sup>/s de agua y una gran infraestructura para el desalojo de las aguas residuales y pluviales que la amenazan con provocar graves inundaciones.

A fin de mejorar la calidad de los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento y reúso que se proporcionan a los habitantes del Distrito Federal, las autoridades han contratado, a través de la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF), a cuatro compañías para que con la participación de capital privado se actualice la infraestructura hidráulica y los sistemas de medición, facturación y cobranza para hacer que pague más quien mas consume agua.

Para evaluar la calidad de los servicios que actualmente se dan y la que se prestará a través de estas compañías, la CADF reconoce la necesidad de desarrollar un sistema de indicadores que permita su evaluación.

El presente documento describe la metodología empleada en el estudio, las actividades realizadas y los resultados obtenidos para el desarrollo de un sistema de indicadores de gestión.

## **Sistema de Información y Vigilancia de la Calidad del agua en el Distrito Federal.**

**M.I. Francisco Flores Herrera**

El dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los habitantes del Distrito Federal ha implicado el desarrollo, operación y mantenimiento de uno de los sistemas hidráulicos más complejos del mundo.

Para cumplir con los objetivos de los sistemas de agua potable, drenaje y tratamiento y reúso de aguas residuales tratadas son indispensables los conceptos de cantidad y calidad.

La calidad física, química y biológica se refiere a las características que el agua, destinada a la población, debe alcanzar para asegurar que no contendrá sustancias, microorganismos o unidades virales que provoquen, al corto o mediano plazos, efectos adversos en la salud de los consumidores.

El programa de vigilancia de la calidad FQB del agua requiere del muestreo del agua desde que se extrae del acuífero y se importa de otras cuencas hasta que se entrega al usuario, pasando por los elementos de la infraestructura hidráulica como plantas potabilizadoras, estaciones de cloración, tanques de almacenamiento, bombeo y rebombeo y líneas de conducción primaria y secundaria.

Después del muestreo se tiene el análisis físico, químico y biológico del agua, la captura y procesamiento de la información, el diagnóstico de la calidad del agua y las propuestas de acción cuando se detectan problemas en la calidad.

Se ha desarrollado un sistema para su uso en equipo de cómputo que permite realizar los dictámenes correspondientes del agua, inspección sanitaria, matemático, control de calidad, costos, simulación y experimentación y sistema experto. El sistema se apoyo en el uso de la traza digitalizada del D.F. para representar la problemática especial y temporalmente.

Módulo:	Problemática, definiciones y objetivos.
Profesor:	Francisco Flores Herrera.
Horas:	1.5
Material:	Memoria del estudio.
Descripción:	Problemática de la calidad del agua en el D.F. Actividades del programa de vigilancia de la calidad del agua y necesidades de reportes. Estructura del SIVCA y conceptualización. Desarrollo de programas, usos y aplicaciones de reportes.

# LA CRUZ MALTESA

## RESUMEN\*

B. Wilson

Esta técnica es una herramienta para el análisis y diseño de sistemas de información, que se basa en una visión particular del enfoque de sistemas<sup>(1,2)</sup>, considerando sistemas de actividades humanas<sup>(3)</sup>. Permite racionalizar y planear los sistemas de información manuales y basados en cómputo, para proveer a los gerentes los datos procesados que les permitirán administrar aquellas actividades de las cuales ellos son responsables.

Una importante consideración en el proceso de análisis, previo al diseño, es la relación entre la estructura de la organización, la definición de los roles administrativos dentro de esa estructura, y la red de sistemas de información que les sirve.

Normalmente, los gerentes reorganizan y modifican la especificación del trabajo a través de su particular percepción del mismo, sin una evaluación global del total de implicaciones del proceso adaptativo. Es por esto que la comunicación formal dentro de las organizaciones requiere el establecimiento y operación de sistemas de información que sean periódicamente evaluados, considerando:

- a) Que los sistemas de información existentes necesitan ser examinados; dado que las organizaciones existen en un ambiente cambiante y están continuamente cambiando ellas mismas.
- b) Que nuevos sistemas de información necesitan ser desarrollados al lado de aquellos que ya existen; de tal manera que el total de métodos de procesamiento de información representen un coherente y eficiente uso de recursos.

### Enfoque de análisis<sup>(4)</sup>

Se parte de la suposición de que es sencillo definir las necesidades de información con base en un modelo de la organización particular, en el cual se relacionan los flujos de información con el conjunto existente de roles administrativos:

1. Definir qué actividades deben realizarse para el funcionamiento del sistema administrativo (modelo de "tarea primaria"<sup>(5)</sup>).
2. Determinar las categorías de la mínima información requerida para soportar dichas actividades.
3. Definir los roles administrativos en términos de las actividades para las cuales cada gerente existente tiene responsabilidad de tomar decisiones (quién es responsable de qué conjunto de actividades<sup>(6)</sup>).
4. Convertir, con base en éste análisis, el flujo de información "actividad-a-actividad" del punto 2, a flujos de información "rol-a-rol" (quién es responsable de suministrar qué información a quién).
5. Definir el conjunto de procedimientos de procesamiento de información (sistemas de información) necesarios para el desarrollo de las actividades, haciendo uso eficiente de los recursos.

En éste artículo se hace énfasis en el proceso de análisis previo al diseño, ya que, si éste análisis no esta bien hecho, la salida final no será satisfactoria, aunque el diseño sea excelente.

---

\* Elaborado por: Ing. Ramón Piña Sánchez. Email: rpina@tlaloc.imta.mx

## Estructura y construcción

En esencia, la cruz maltesa es una matriz de cuatro-partes (figura 1). La mitad superior contiene las actividades (del paso 1 del enfoque descrito) junto con una indicación de los flujos de información "actividad-a-actividad" (paso 2). La mitad inferior contiene una declaración de los procedimientos de procesamiento de información existentes (IPP's).

El eje Norte es un listado del conjunto de actividades que forman el sistema de "tarea primaria" relevante para el área u organización particular en revisión. El eje Este (representa entradas) es idéntico al eje Oeste (que representa salidas) y contienen las categorías de información juzgada esencial para el soporte de las actividades. El eje Sur es un listado de los procedimientos de procesamiento de información (manuales y por computadora) y representa el estado existente de la red de procesamiento de información previa a la revisión.

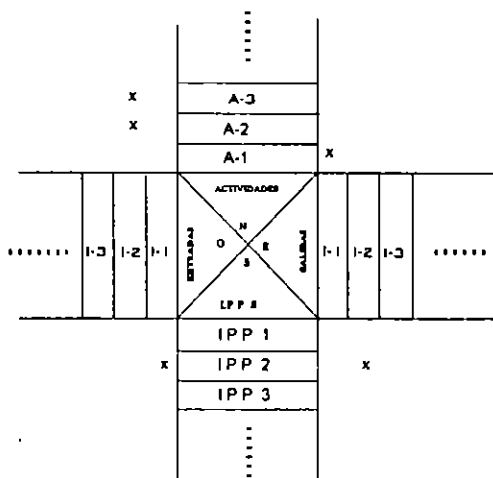


Figura 1. Estructura de la Cruz Maltesa.

En la figura 1, la x en la matriz SO (suroeste) indica el dato perteneciente a la categoría de información  $I_1$  que es usada por IPP2 para producir una salida procesada para la categoría  $I_2$  (matriz SE -sureste-). La matriz NO (noroeste) muestra que ésta categoría de información  $I_2$  se requiere como entrada de las actividades  $A_2$  y  $A_3$ . La x en la matriz NE (noreste) muestra que la categoría de información  $I_1$  es producida por la actividad  $A_1$  y por tanto ésta actividad (o el gerente responsable) tiene la capacidad de actualizar la categoría y así proveer eventualmente datos como entrada para IPP2. La importancia de las dos x en la matriz NO es que, dado que muestran a  $I_2$  como una entrada esencial para  $A_2$  y  $A_3$ , los gerentes responsables de esas actividades deben tener acceso a ésta salida particular de IPP2. En la práctica puede no ser el caso, particularmente si el desarrollo del IPP2 fue iniciado por solo uno de ellos. Si el mismo gerente es responsable de  $A_2$  y  $A_3$ , esto probablemente no sea un problema.

La cruz maltesa se completa llenando con x las matrices NO y NE, para dar una imagen global de las actividades y los flujos de información actividad-a-actividad considerada relevante para el área. En las matrices SO y SE se obtiene una imagen de todos los procedimientos usados para procesar información, así como la información procesada.

Relacionando la mitad inferior de la cruz maltesa con la mitad superior, surge un conjunto de preguntas sobre la red total de sistemas de información (existente o potencial):



- ¿La existencia de más de un IPP proporcionando una entrada de información a una actividad, indica duplicidad de procesamiento de datos?
- ¿Podría obtenerse un procesamiento más eficiente, utilizando datos ya procesados por uno de estos IPP's?
- ¿La existencia de IPP's y sus salidas satisfacen el total de las necesidades de información de cada actividad?
- ¿Se requiere el dato proporcionado por el IPP como un soporte de otras actividades para las cuales no fue diseñado?

### Análisis y diseño del sistema de información

En la figura 2 se representa, en el lado izquierdo, el uso de la metodología de Checkland<sup>(1,2)</sup> como un medio para definir el modelo de tarea primaria<sup>(6)</sup>. Primero se elabora un esquema simplificado del área de interés y su entorno, incluyendo algunas interacciones que afectan significativamente la naturaleza de la organización; luego mediante la definición de raíz<sup>(7)</sup> de la misma, se identifica qué actividades (subsistemas) deben incluirse en el modelo; de los cuales, a través de definiciones de raíz, se reproducen los modelos en un nivel de resolución más completo. A través de una iteración circular de los cuatro elementos, se hacen ajustes al conjunto de actividades hasta que se puede argumentar que el modelo representa el conjunto de actividades ("que's") que soportan los varios procedimientos y procesos ("como's") que toman lugar en la situación del modelo-real concerniente.

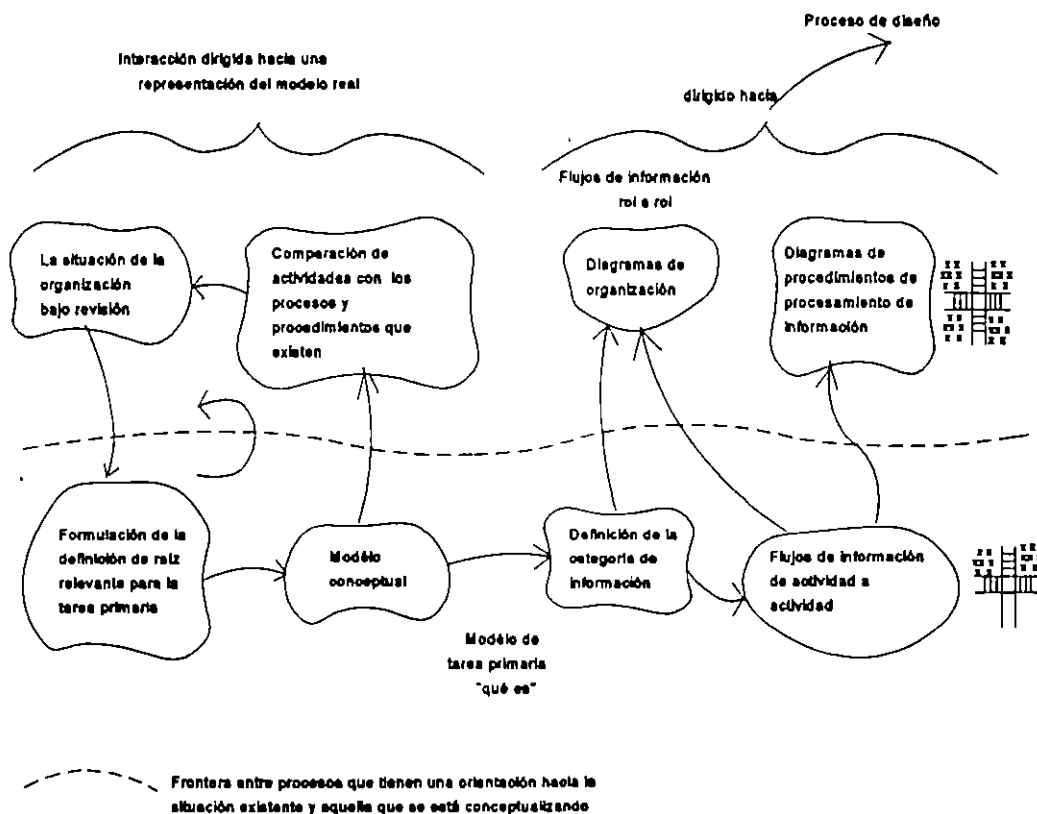


Figura 2. Metodología para el análisis de sistemas de información.

Las actividades y las categorías de información de entrada y salida son entonces usadas para construir la mitad superior de la cruz maltesa. Así mismo, para construir la mitad inferior de la misma, se pueden tratar los IPP's existentes en la misma forma que las actividades; o bien, marcar en el modelo de tarea primaria el conjunto de roles organizacionales que tienen responsabilidad de tomar decisiones para las actividades. Este mapa puede ser entonces usado para convertir el flujo de información 'actividad-a-actividad' en flujos de información 'rol-a-rol'.

Explorando las columnas en la matriz SO se identifican los requerimientos para la selección y operación de varias bases de datos. Así, un gran número de entradas en una columna particular podría formar el argumento para la formación de una base de datos relevante para esa particular categoría de datos, junto con la definición de aquellos IPP's que se necesitan para accederlos. Un examen de éstas categorías de datos en la matriz NE define aquellas actividades que tienen la responsabilidad de monitorear y actualizar el contenido del dato.

Las mas importantes interacciones con los IPP's existentes son identificadas a través de un examen de la matriz SE. Varias entradas en una columna en ésta matriz representan una duplicación potencial de procesamiento de datos.

Para examinar si se requiere el dato proporcionado por el IPP, como un soporte de otras actividades además de aquellas para las que fue diseñado, se consideran las categorías de datos de salida de la matriz SE y se leen (de la matriz NO) aquellas actividades para las cuales éstas mismas categorías de datos forman las entradas.

El proceso de diseño se inicia al definir qué fuentes han sido reunidas del total de necesidades, qué modificaciones a los procedimientos existentes podrían hacerse, qué procedimientos se podrían discontinuar o reemplazar y qué procedimientos se necesitan crear. Estas decisiones se hacen considerando sus efectos sobre la situación total y por tanto permitirá un desarrollo coherente en la red de sistemas de información. Conforme se presenta su desarrollo, la cruz maltesa se actualiza, y así siempre representa un esquema del estado actual.

## Conclusión

La técnica de la cruz maltesa proporciona una fotografía de los sistemas manuales existentes, previa a la introducción de procesamientos basados en computadora; además, apoya la decisión de qué datos incluir en un sistema de información; y finalmente, se puede usar para explorar qué acuerdos alternativos integrarse, de tal forma de mantener la coherencia previa a la formulación de especificaciones técnicas.

## Referencias

- (1) Checkland, P.B., 'Towards a Systems-Based Methodology for Real-World Problem Solving', Journal of Systems Engineering, 3(2), 1972.
- (2) Naughton, J., 'The Checkland Methodology: a reader guide', Milton Keynes: The Open University.
- (3) Checkland, P.B., 'A Systems Map of the Universe', Journal of Systems Engineering, 2(2), 1971.
- (4) Wilson B., 'The Design and Improvement of Management Control Systems', Inst. of Chem. Engineers, Symposium Series No. 53, 1978. Reprinted in Journal of Applied Systems Analysis, 6, 1979.
- (5) Checkland, P.B. and Wilson B., 'Primary Task' and 'Issue-based' Root Definitions in Systems Studies', Journal of Applied Systems Analysis, 7, 1980.
- (6) Wilson B., 'An Approach to Reorganisation' (in manuscript).
- (7) Smyth, D.S. and Checkland, P.B., 'Using a Systems Approach: the structure of root definitions', Journal of Applied Systems Analysis, 5(1), 1976.

ESTADÍSTICA

## **CAPITULO V**

### **ESTADISTICA, PRONOSTICO Y CONFIABILIDAD**

# 1. FUNDAMENTOS DE LA ESTADÍSTICA

La noción de "estadística" se derivó originalmente del vocablo "estado", porque ha sido función tradicional de los gobiernos llevar registros de población, cosechas, impuestos, etc.

La definición tradicional de *estadística* implica la compilación, organización, resumen, presentación y análisis de datos numéricos. La función principal de la estadística es elaborar principios y métodos que nos ayuden a tomar decisiones frente a la incertidumbre.

El estudio de la estadística nos ayuda a responder preguntas como:

- 1.- ¿Es importante la diferencia observada durante los últimos 20 años entre las tendencias marginales a consumir a corto y largo plazo?
- 2.- ¿Por qué y cómo es posible pronosticar los gastos por consumo para el siguiente trimestre con el ingreso disponible del trimestre corriente?
- 3.- Dada una demanda variable de ventas de una empresa, ¿cómo habrá de procederse para escoger entre algunos planes alternativos de inventario, el que maximizará las utilidades totales o el que minimizará las pérdidas totales?
- 4.- Si dos o más equipos para reparación difieren mucho en precios y eficiencias ¿cuál debe instalar una empresa para minimizar sus costos generales de reparación?
- 5.- Supóngase que hay varios métodos para efectuar una tarea determinada ¿cuál debe adoptarse con respecto a cierto objetivo específico?
- 6.- Supóngase que algunas oportunidades de inversión requieren la misma cantidad de capital, pero producen diferentes ganancias en diferentes condiciones económicas (inflación, prosperidad, recesión o depresión). ¿Qué oportunidad debe escogerse?

El análisis estadístico, como un proceso de fabricación, comienza con materias primas, que incluye datos numéricos o categóricos; los productos terminados son cualquier información útil o cualesquier conclusión valiosa que podamos refinar partiendo de los datos brutos.

En estadística, la primera tarea es conocer exactamente qué ha de ser investigado, es decir, formular el problema o pregunta lo más precisamente posible.

En estadística, la producción deseada se refiere a una *población*, o un *universo*, que se define como la totalidad de unidades elementales, tales como personas, empresas industriales, o datos de todas clases, acerca de los cuales se desea información. También puede considerarse a una población como el *agregado* de observaciones sobre datos para una situación dada, en vez de los datos propiamente dichos.

Una vez formulado con precisión el problema que requiere análisis estadístico, el investigador debe decidir si estudiar toda la población o solo una muestra extraída de ella.

El estudio de una población se llama una *enumeración completa*, o un *censo*; el estudio con una muestra se conoce como *muestreo*.

En el muestreo podemos tratar de hacer una *inferencia*, sobre la base de datos de muestra, acerca de la población de la que se ha extraído la muestra o podemos tratar de revisar un juicio anterior sobre el *estado de naturaleza* antes de tomar una decisión.

La muestra debe representar adecuadamente la población. Obtener una muestra *representativa* es fundamental en teoría estadística. Supone preguntas como estas: ¿qué tipo de datos debe recogerse? ¿cómo deben ser compilados los datos? ¿de qué tamaño debe ser la muestra? Estas preguntas corresponden a lo que se conoce como *diseños de muestra o diseño experimental*.

Una muestra al *azar* es aquella que se extrae con la condición de que la probabilidad de elección de cada unidad elemental de la población sea conocida.

La *compilación* de datos se refiere a los métodos usados para obtener información pertinente de las unidades elementales, introducidas en una muestra o incluidas en un censo. Los datos sobre poblaciones humanas pueden ser compilados haciendo observaciones directas o formulando preguntas. La compilación de datos constituye la tercera etapa de una investigación estadística.

Cuando se compilan datos, deben ser ordenados en forma legible. Pueden ser clasificados en cierta forma sistemática y presentados en un cuadro o bien pueden ser presentados por gráficos o diagramas. Se calculan entonces medidas descriptivas, tales como proporciones, promedios o desviaciones estándares. Si el contexto es muestreo, una medida derivada de los datos de la muestra se llama una *estadística*, y una medida calculada de observaciones de toda la población se conoce como *parámetro*. Pero si el contexto es un censo y no supone algún muestreo las medidas calculadas del censo, generalmente se llaman Estadísticas. Cuando se hace una investigación por una enumeración completa, una encuesta generalmente termina con estadísticas descriptivas.

Pocas veces se examina una muestra por sí misma, sino por la luz que puede arrojar sobre el verdadero estado de la población. En otras palabras, la última etapa consiste en tratar de responder basándose en las estadísticas de la muestra, al problema o a la pregunta original formulada que siempre se refiere a los parámetros de la población.

La utilización de información de muestra depende de si se trata de problemas sobre decisiones o problemas sobre inferencia. En un problema general de decisiones, se enfrenta a un conjunto de posibles acciones que podrían ser emprendidas, y la tarea es la elección de una de estas acciones con la ayuda de información obtenida de la muestra, en coordinación con las anteriores creencias de quien toma las decisiones sobre los estados de naturaleza. Problemas inferenciales pueden ser los de 1) estimación, en los que el conjunto de acciones es idéntico al conjunto de valores de parámetros que representa la familia de posibles estados de naturaleza, y se emplean estadísticas de muestra como estimadores de estos valores paramétricos, o 2) de comprobación de hipótesis, en el que el conjunto de acciones a menudo consta de dos puntos, y los datos de muestra son usados para guiar la acción de uno de estos puntos. Los problemas de decisiones generalmente corresponden al ámbito de la *teoría de decisiones estadísticas*, mientras que los problemas inferenciales corresponden a las *estadísticas inductivas*.

El funcionario público y los empresarios en general, deben percatarse del grado de responsabilidad social que tienen sus respectivos trabajos.

El proceso por el cual se toman decisiones debe analizarse, estudiarse, y propagarse con la esperanza de mejorar esta habilidad fundamental y necesaria.

La teoría de probabilidades proporciona los medios para describir la situación estudiada, gracias a un conjunto de modelos posibles; la inferencia estadística tiene por objeto examinar los datos disponibles y decidir cuáles de esos modelos son razonables y cuáles no lo son.

La toma de decisiones ocurre en condiciones de certidumbre si cada curso de acción posible conduce invariadamente hacia un resultado específico; ocurre en condiciones de riesgo, si cada alternativa posible conduce hacia una gama conocida de resultados específicos con probabilidades conocidas; finalmente, nos hallamos en condiciones de incertidumbre cuando las probabilidades de los varios resultados específicos son totalmente desconocidos o carecen de sentido.

Se dice que una decisión es la conclusión de un proceso de análisis por parte de la persona que decide.

## 2.- PRINCIPIOS DE ECONOMÍA

En el mundo donde el incremento de la población y el desarrollo urbano-industrial es cada vez más rápido, se intensifican las presiones para tener un mejor programa de administración de los recursos hidráulicos.

Los profesionales involucrados en la planeación de dichos recursos, reconocen la necesidad de una metodología de planeación capaz de producir un programa de desarrollo viable.

La ingeniería económica nos proporciona los procedimientos para el análisis de costo de alternativas. Los estudios de microeconomía examinan los beneficios obtenidos, así como los costos generados y nos proporcionan reglas para maximizar los beneficios menos los costos, como un paso en la optimización para el logro del bienestar del público en general.

La ingeniería económica es la ciencia de la aplicación de criterios económicos para seleccionar lo mejor de un grupo de diseños ingenieriles.

El uso de unidades de dinero está basado en la conveniencia. La tasa de descuento tiene una gran influencia en el proyecto seleccionado. El dinero y tasa de descuento son equivalentes de clase y tiempo respectivamente. Una inversión de un peso con una tasa anual de retorno del 5% producirá \$1.05 al año. Similarmente \$1.05 disponible en un año a partir de ahora es equivalente a \$1.00 de ahora con una tasa de descuento del 5%.

El costo hundido se ilustra de la siguiente manera: Suponga que se han gastado \$5 millones en una instalación de energía eléctrica que va a costar \$10 millones. Una termoeléctrica que cuesta \$3 millones suministra la misma energía. Los \$5 millones ya gastados en la hidroeléctrica es un costo hundido ya que es irrelevante. Dado que el costo de la termoeléctrica es menos que el costo restante de la hidroeléctrica, la termoeléctrica debe ser seleccionada.

*El costo incremental.*- El cambio de los beneficios y el cambio en los costos resultantes de una determinada decisión, determina el valor de tal decisión. Por ejemplo considere un almacenamiento de 10 millones de m<sup>3</sup> que un municipio va a construir por \$1 millón. Antes que la construcción se inicie, se encuentra que los incrementos de almacenamiento para un total de 20 millones de m<sup>3</sup> y del costo hasta \$1.5 millones producen beneficios de \$600,000 por control de avenidas aguas abajo. El análisis de costo incremental nos dice que se debe incluir el control de avenidas ya que el gasto adicional de \$500,000 es menor que los beneficios de \$600,000.

*Valores intangibles.*- Aunque los estudios económicos buscan evaluar todas las consecuencias en unidades de dinero con mensualidades, muchos valores se escapan a tal cuantificación. Especies de plantas rara o de animales, paisajes de belleza poco común, la salud o la vida del ser humano, la integridad personal etc. son valores intangibles.

*La predicción de la incertidumbre.*- No importa que tanta información o experiencia tengamos, predecir el futuro es incierto de manera inherente. En la evaluación de los recursos hidráulicos tenemos cinco tipos de incertidumbre: a) acerca de los objetivos; b) por las limitantes del sistema; c) la respuesta del público d) el cambio tecnológico y e) la probabilidad de eventos aleatorios.

*Horizontales de planeación.*- El horizonte de planeación es el futuro mas distante que se considera en un estudio de ingeniería económica. Existen cuatro periodos diferentes, de tiempo:

La *vida económica termina* cuando el beneficio incremental no excede ya mas el costo incremental de la operación.

La *vida física* termina cuando las instalaciones no funcionan físicamente de acuerdo a su función.

El *periodo de análisis* es el tiempo en el que los resultados producidos están considerados en un estudio particular.

El *horizonte de construcción* se alcanza cuando las instalaciones construidas ya no satisfacen las demandas futuras.

En recursos hidráulicos se trabaja generalmente con periodos de análisis de 50 a 100 años.

Para estructurar las alternativas se debe cuidar que:

- Todas las alternativas físicamente capaces de lograr el objetivo del diseño deben estar definidas con claridad.
- Las consecuencias físicas de cada alternativa deben identificarse y evaluarse en unidades de dinero.
- La diferencia entre las alternativas debe ser la base de la comparación.
- Se le debe dar peso a las diferencias a los intangibles así como a los efectos de mercado cuando se comparan las alternativas.
- Las alternativas deben compararse sobre bases uniformes. Las tasas de descuento, periodo de análisis y costos unitarios deben ser los mismos.

Un estudio económico asigna un valor para cada consecuencia física pronosticada de cada alternativa y procede mediante una serie de operaciones matemáticas para resumir estos valores a un índice escalar de valor agregado. Un conjunto de alternativas complejas se reduce a un grupo de números que pueden ser clasificados en orden de magnitud para decidir el valor relativo. La asignación del valor es por lo tanto la etapa crítica en el procedimiento. Si se hace de manera impropia puede resultar de los cálculos del análisis económico.

El precio ejerce una influencia fundamental en las decisiones individuales de utilizar o no un bien económico en particular. La teoría del precio nos da un marco para el estudio sistemático de las fuerzas económicas en un sistema de libre empresa. Proporciona la base de la teoría de la producción, es decir, el estudio de cómo una empresa debe funcionar para maximizar sus beneficios. El estudio de la teoría del precio guía la decisión de si un precio particular de mercado es una medida justa de un valor publico verdadero para usarse un estudio económico. Nos da las herramientas necesarias para generar un precio sombra para su uso donde el precio de mercado no es



justo o donde no se ha establecido. La teoría del precio nos da el marco analítico para establecer los costos y beneficios.

Dentro de ciertos límites, los consumidores son libres de escoger de una variedad de bienes y servicios, y los empresarios son libres de producir lo que ellos quieran, así como los dueños de los recursos son libres para vender a cualquier comprador que ellos encuentren.

El mercado suministra un vínculo entre consumidores y productores y permite el intercambio de bienes y servicios. En un sistema de mercado, los precios son las señales básicas que dirigen la producción y la distribución.

Una economía de mercado maximiza la producción de manera automática de un conjunto dado de recursos y por tanto será económicamente eficiente bajo las condiciones de competencia pura. La competencia como se define en la economía no necesariamente denota rivalidad.

La experiencia nos dice que la gente comprará menos a precios altos considerando que permanece constante el ingreso, gustos y precios de sustitutos. De manera inversa, la gente compra más a bajos precios.

La demanda de una mercancía es la cantidad por unidad de tiempo que la gente dentro de un área definida comprará como una función de todos los precios posibles, permaneciendo constantes todos los otros factores.

Una de las relaciones más importantes expresada por una curva de demanda es el cambio en las ventas como resultado de un determinado cambio en el precio. Este cambio puede ser medido por la pendiente de la curva de demanda.

Por el lado de los vendedores en el mercado, la curva de suministro indica las cantidades que los productores desean vender a varios precios, manteniéndose las otras cosas iguales.

La curva de demanda y la de suministro se combinan para establecer el equilibrio del precio del mercado. Estas curvas proporcionan un conocimiento adicional de la manera automática en que el sistema de mercado maneja la asignación de bienes o responde a las preguntas básicas económicas de qué, cómo, y para quién.

Una curva de indiferencia muestra las combinaciones de consumo que le dan al consumidor una misma satisfacción. Se llama curva de indiferencia porque el consumidor es igualmente satisfecho con cualquiera de las combinaciones descritas por la curva. Una curva de indiferencia es obtenida teóricamente preguntando al consumidor qué combinación de mercancías le proporciona la misma satisfacción. Un consumidor maximiza su satisfacción escogiendo la curva de indiferencia más alta disponible para él, determinada por su ingreso y los precios de dos mercancías.

Las curvas de consumo-demanda se derivan al hacer variar el precio de una mercancía mientras se mantiene constante el ingreso, las preferencias del consumidor y el precio de la otra mercancía, o en el caso general, de todas las otras mercancías.

### 3. ANÁLISIS FINANCIERO

La importancia de las finanzas se ve constantemente subrayada por los importantes desarrollos que ocurren en los mercados financieros. Algunas áreas fundamentales de estrategias de decisión de la empresa incluyen 1) Análisis de los aspectos financieros de todas las decisiones; 2) La cantidad de inversión que se requerirá para generar las ventas que la empresa espera realizar; 3) La forma de obtener los fondos y de proporcionar el financiamiento de los activos que requiere la empresa para elaborar los productos y servicios cuyas ventas generaren ingresos; 4) Análisis de las cuentas específicas e individuales del balance general; 5) Análisis de las cuentas individuales del estado de resultados; ingresos y costos; 6) Análisis de los flujos de efectivo en operación de todo tipo.

De acuerdo con lo anterior la meta de la administración financiera consiste en maximizar el valor de la empresa.

No importa cuantos beneficios se esperen, un proyecto no se podrá llevar a cabo a menos que exista alguien financieramente capaz de pagar por él. El análisis financiero es la búsqueda de esta persona o institución

Es importante reconocer las diferencias entre el análisis económico y el financiero. Un análisis económico nos ayuda a responder las siguientes preguntas: ¿debe construirse el proyecto?, ¿debe construirse de esta forma?, ¿debe construirse ahora?. Sin embargo el análisis financiero viene después del análisis económico y nos ayuda a responder las preguntas: ¿quien debe pagar los costos del proyecto? ¿son ellos capaces de enfrentar las obligaciones de pago?. La información del análisis económico puede ser útil en el análisis financiero, el análisis económico puede ayudar a evaluar los planes financieros, pero los dos tipos de estudios son diferentes conceptualmente.

El análisis financiero presenta tanto aspectos de corto plazo como de largo plazo la mayoría de los proyectos de recursos hidráulicas requieren un gran desembolso de capital inicial.

El examen de factibilidad financiera de un proyecto se aprueba si se consiguen los fondos para la construcción de un proyecto.

Un proyecto de suministro de agua puede ser factible financieramente si se pueden pagar las obligaciones a través de impuestos.

Otra diferencia entre el análisis económico y el financiero es el manejo de la inflación. Sólo la inflación diferencial debe incluirse en el análisis económico. Sin embargo la inflación general de los precios debe considerarse en el análisis financiero dado que la emisión de un bono o apropiación basada en precios actuales puede ser no adecuada a la hora de que los fondos se gasten.

Los fondos de financiamiento de la construcción inicial de proyectos federales son apropiados del presupuesto general y en última instancia provienen de beneficios por impuestos o préstamos que se añaden a la deuda nacional.

#### 4. HABILIDADES DIRECTIVAS PARA LA TOMA DE DECISIONES

Básicamente, nuestro carácter está compuesto por nuestros hábitos. “Siembra un pensamiento, cosecha una acción; siembra una acción, cosecha un hábito. Siembra un hábito, cosecha un carácter; siembra un carácter, cosecha un destino”, dice el proverbio.

La ética del carácter se basa en la idea fundamental de que hay principios que gobiernan la efectividad humana, leyes naturales de la dimensión humana que son tan reales, tan constantes y que indiscutiblemente están tan “allí” como las leyes de la gravitación universal en la dimensión física.

El hábito de la proactividad nos da la libertad para poder escoger nuestra respuesta a los estímulos del medio ambiente. Nos faculta para responder (responsabilidad) de acuerdo con nuestros principios y valores. Ésta es la cualidad esencial que nos distingue de los demás miembros del reino animal. En esencia, es lo que nos hace humanos y nos permite afirmar que somos los arquitectos de nuestro propio destino.

Comenzar con un fin en mente hace posible que nuestra vida tenga razón de ser, pues la creación de una visión de lo que queremos lograr permite que nuestras acciones estén dirigidas a lo que verdaderamente es significativo en nuestras vidas. Después de todo, para un velero sin puerto cualquier viento es bueno.

Poner primero lo primero nos permite liberarnos de la tiranía de lo urgente para dedicar tiempo a las actividades que verdaderamente dan sentido a nuestras vidas. Es la disciplina de llevar a cabo lo importante, lo cual nos permite convertir en realidad la visión que forjamos en el hábito de la proactividad.

Pensar en ganar/ganar nos permite desarrollar una mentalidad de abundancia material y espiritual, pues nos cuestiona la premisa de que la vida es un “juego de suma cero” donde para que yo gane alguien tiene que perder. Cuando establecemos el balance entre nuestros objetivos y los objetivos de los demás, podemos lograr el bien común. Cuando nuestra determinación se balancea con la consideración para con los demás, estamos sentando las bases para la convivencia y la equidad entre los seres humanos.

Buscar comprender primero y después ser comprendido, es la esencia del respeto a los demás. La necesidad que tenemos de ser entendidos es uno de los sentimientos más intensos de todos los seres humanos. Este hábito es la clave de las relaciones humanas efectivas y posibilita llegar a acuerdos de tipo ganar/ganar.

Sinergizar es el resultado de cultivar la habilidad y la actitud de valorar la diversidad. La síntesis de ideas divergentes produce ideas mejores y superiores a las ideas individuales. El logro de trabajo en equipo y la innovación son el resultado de este hábito.

Aflar la sierra es usar la capacidad que tenemos para renovarnos física, mental y espiritualmente. Es lo que nos permite establecer un balance entre todas las dimensiones de nuestro ser, a fin de ser efectivos en los diferentes papeles (roles) que desempeñamos en nuestras vidas.

Las personas con hábitos de efectividad son las piedras angulares para formar organizaciones altamente efectivas. Es por esta razón que el desarrollo de estos hábitos en el nivel personal constituye la base para la efectividad organizacional.

Una organización constituida por personas que practican los Siete Hábitos cobra las siguientes características:

1. Selecciona proactivamente su rumbo estratégico.
2. La misión de la organización está integrada en la mente y los corazones de las personas que forman parte de la empresa.
3. El personal está facultado para prevenir y/o corregir los problemas en su origen.
4. Las actividades y los comportamientos del tipo ganar/ganar están sustentados por sistemas alineados con la misión organizacional.
5. Se cuenta con sistemas de información para mantenerse al tanto de las necesidades y los puntos de vista de empleados, clientes, proveedores, accionistas y la comunidad donde operan.
6. Se propicia el intercambio de información y la cooperación entre los diferentes departamentos y/o unidades de la empresa.
7. Se hacen inversiones para renovar la empresa en cuatro dimensiones fundamentales:
  - Dimensión física. Se reinvierte en las personas, las instalaciones y la tecnología.
  - Dimensión espiritual. Se reafirma constantemente el compromiso con los valores y principios que rigen la empresa. Se renueva la misión de ser necesario.
  
  - Dimensión intelectual. Continuamente se invierte en capacitación y desarrollo personal y profesional.
  - Dimensión social. Se hacen depósitos frecuentes en la cuenta de banco emocional de todos los protagonistas clave de la empresa: empleados, clientes, accionistas, proveedores, miembros de la comunidad, etcétera.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

CURSO  
PLANEACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN EN EMPRESAS DE AGUA

Riesgo y Confiabilidad en Sistemas de Distribución de Agua  
APUNTES DEL CURSO

Enero de 1996.

# ÍNDICE

<b>CAPITULO 1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	( )
<b>CAPITULO 2.</b>	<b>CONCEPTOS BÁSICOS Y TEORÍA</b> . . . . .	( )
2.1	Incertidumbres en el diseño de estructuras hidráulicas . . . . .	( )
2.2	Confiabilidad . . . . .	( )
2.3	Tratamiento de las incertidumbres hidráulicas, Método del 1er Orden . . . . .	( )
2.4	Análisis del tiempo de falla en la confiabilidad de componentes . . . . .	( )
2.4.1	Tiempo de falla . . . . .	( )
2.4.2	Función de densidad de falla . . . . .	( )
2.4.3	Conceptos de disponibilidad e indisponibilidad . . . . .	( )
<b>CAPITULO 3.</b>	<b>DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL</b> . . . . .	( )
3.1.	Factor de seguridad . . . . .	( )
3.2	Incertidumbre en el cálculo del hidrograma y capacidad de drenaje . . . . .	( )
3.2.1	Descarga de diseño . . . . .	( )
3.2.2	Incertidumbre en la capacidad de descarga . . . . .	( )
3.3	Procedimiento para establecer un factor de seguridad . . . . .	( )
3.4	Uso de las curvas riesgo-factor de seguridad para el diseño . . . . .	( )
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>DISEÑO DE CANALES BASADO EN INCERTIDUMBRE</b> . . . . .	( )
4.1	Análisis del primer orden . . . . .	( )
4.2	Ejemplo de aplicación . . . . .	( )
4.3	Método de Monte Carlo . . . . .	( )

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El diseño o análisis de los Sistemas de Distribución de Agua (SDAs) enfrentan muchos factores que introducen algún grado de incertidumbre en la predicción del funcionamiento, estos factores pueden ser el coeficiente de rugosidad de tuberías, demandas, presiones, fugas, etc., sin embargo, se han adoptado valores o factores obtenidos en forma determinística a pesar de intuirse la naturaleza probabilística del problema.

El desarrollo de la probabilidad y la estadística y de los equipos de cómputo ha generado un creciente interés en los temas relacionados con el riesgo e incertidumbre en la Ingeniería. Esta área del conocimiento, iniciada con el diseño de misiles, en la aeronáutica y en procesos industriales, encuentra su auge en el diseño de plantas nucleares y se expande hacia otras áreas, Henley (1) y Billington (2). En la Ingeniería Hidráulica el análisis de incertidumbres, riesgo y confiabilidad ha sido desarrollado en los últimos 30 años, Tung y Yen (3). Durante este lapso los hidráulicos han hecho contribuciones significativas en la confiabilidad de diseño de drenaje pluvial Yen B. C. et. al. (4), diseño de alcantarillas Tung & Mays (5) y la teoría de factores de seguridad Tung B. C. (6) y Yen (7), el análisis de sistemas más complejos ha sido atacado recientemente Goulter (8) y Walski et. al. (9) existiendo a la fecha varios criterios, metodologías, e incluso definiciones de riesgo y confiabilidad.

Este escrito presenta un acercamiento al diseño hidráulico basado en incertidumbre, para ello se ha estructurado de la siguiente manera; en el capítulo 2 se da una breve introducción hacia el análisis de riesgo e incertidumbre en la Ingeniería Hidráulica, con objeto de establecer el marco general. El capítulo 3 se muestran algunas aplicaciones de esta metodología en el drenaje pluvial. El capítulo 4 contiene una aplicación en el diseño de canales.

## CAPITULO 2. RIESGO, INCERTIDUMBRE Y CONFIABILIDAD, CONCEPTOS BÁSICOS Y TEORÍA

### 2.1 *Incertidumbres en el diseño de estructuras hidráulicas*

Existe cierta confusión en el significado de riesgo y confiabilidad, para ello primero es preciso introducir el término incertidumbre. En el lenguaje más simple, incertidumbre puede definirse como la ocurrencia de eventos que están fuera del control del hombre. En los sistemas hidráulicos incertidumbre es una característica, misma que no está determinada y además no es posible controlarla.

Varias clases de incertidumbres se presentan en la mayoría de los proyectos de aprovechamientos hidráulicos durante la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento. Durante la planeación y diseño de sistemas hidráulicos las decisiones a menudo son tomadas bajo incertidumbres de todo tipo; técnicas (hidrológicas, hidráulicas, estructurales, construcción, etc.), socio-económicas, políticas, ecológicas y ambientales. Algunas de ellas pueden ser estimadas o calculables, pero otras no, al menos, dentro del actual estado del conocimiento. Las incertidumbres calculables pueden ser expresadas en términos de probabilidad, la probabilidad de falla de una estructura es el riesgo mientras que la probabilidad de éxito puede llamarse confiabilidad. Entonces, dado un riesgo de  $\alpha\%$  de probabilidad, su complemento es la confiabilidad y se estima como  $(1 - \alpha)\%$ .

Las incertidumbres pueden clasificarse en varias clases, e.g., Ven Te Chow (10) propone establecer una incertidumbre hidráulica dividida en 3 tipos; incertidumbre del modelo, incertidumbre paramétrica e incertidumbre natural; cuando es posible transformarlas en términos de probabilidad, podrían denominarse; riesgo del modelo, riesgo paramétrico y riesgo natural. El riesgo en el modelo se genera porque los modelos que describen algún fenómeno tienen hipótesis simplificadoras, en consecuencia de alguna manera existen incertidumbres en la simulación que el modelo reproduce del fenómeno. El riesgo paramétrico puede ejemplificarse como el resultado de los ajustes de datos de lluvia a una distribución de probabilidad teórica, en donde además se establece la probabilidad de excedencia. el modelo ajustado sirve para predecir la frecuencia de eventos futuros.

Yen et. al. 1986 (11) definen dos tipos de incertidumbres, objetivas y subjetivas. ambas involucradas en la definición de riesgo de falla de una estructura hidráulica. Las incertidumbres objetivas son las inherentes a las características de la población de un fenómeno aleatorio. El riesgo objetivo es cuantificable mediante un muestreo estadístico de las variables. Las incertidumbres subjetivas no se basan en información real y deben ser tomadas conforme a la experiencia, juicio o intuición. Estas incertidumbres incluyen inexactitudes no medibles del análisis ingenieril, incertidumbres resultado de transformar datos de lluvia en escurrimiento, y errores asociados con predicciones de futuras condiciones de un sistema hidráulico.



La existencia de tales incertidumbres es el principal factor de fallas potenciales en sistemas hidráulicos. El objetivo primario de un análisis de incertidumbre es determinar las propiedades estadísticas, tales como función de distribución de probabilidad y los momentos estáticos de una variable sujeta a incertidumbre. El conocimiento de esta información estadística es esencial en el análisis de confiabilidad. Por lo tanto, la teoría de confiabilidad debe extenderse para incorporar el análisis de incertidumbre como un requisito de un análisis de confiabilidad, y poder definir un riesgo total del sistema. Existen diferentes medidas y métodos para efectuar el análisis de incertidumbre; entre ellos se puede citar, Tung & Yen op. cit.; el método estimación de la varianza de primer orden, el de Rosenblueth, Monte Carlo, Técnicas de transformación integral, Transformada de Fourier y Transformada de Mellin, el primero de ellos se trata en detalle más adelante.

Yevjevich, 1977 (12) define riesgo básico como la probabilidad de exceder un valor crítico de diseño, el cual está relacionado con un fenómeno aleatorio del mundo físico al cual pertenece el sistema hidráulico. El riesgo hidráulico, puede definirse como "una composición de todas las variables involucradas en la definición de riesgo básico y todas las incertidumbres, sean variables aleatorias, funciones determinísticas o ambas. Las cargas pueden definirse en forma de términos generales como presiones y subpresiones sobre la estructura que pongan en peligro su seguridad o el funcionamiento. La resistencia puede definirse como la disponibilidad de la estructura a sostenerse funcionando con las condiciones de diseño. Estos conceptos fueron tomadas de las ideas desarrolladas para el análisis de riesgo y confiabilidad en el diseño ingenieril, Kapur y Lamberson, 1977 (13). El concepto de riesgo total propuesto por Yevjevich op. cit. ha sido aplicado antes en diversos diseños de ingeniería mecánica, geotécnica, y estructural. Sin embargo, en la hidráulica pocos son los trabajos presentados, en gran parte debido a que los análisis de este tipo requieren de estadísticas de sistemas, de las cuales no se dispone actualmente.

## 2.2 Confiabilidad

La confiabilidad puede definirse como la probabilidad de que el sistema cumpla con su misión dentro los límites establecidos durante un periodo de tiempo. Dependiendo del tipo de sistema, diferentes definiciones y conceptos de confiabilidad pueden aplicarse. El tipo de medida de la confiabilidad a utilizar es función de las clases de incertidumbre que tengan en común los diseños hidráulicos. Por ejemplo, en el diseño de drenajes de tormenta o alcantarillas, las incertidumbres hidrológicas e hidráulicas tienen que ver con la definición de confiabilidad asociada a los datos hidrológicos y a la disponibilidad de la estructura a conducir el flujo. Debido a los diferentes tipos de modelos hidrológicos para determinar la tormenta a drenar (método racional) o determinar la avenida (análisis de frecuencias de avenidas); diferentes métodos se utilizan para evaluar la incertidumbre hidrológica, pero similares métodos pueden usarse para evaluar la incertidumbre hidráulica. Por ejemplo, el análisis tipo carga-resistencia, puede usarse para este tipo de estructuras. En contraste, un sistema de distribución de agua tiene incertidumbres de otro tipo, la falla de un componente puede originar la no

satisfacción de la demanda considerándose esta otro tipo de falla. La diversidad de falla de componentes incluye rotura de tuberías, falla de bombas, falla de válvulas, mal funcionamiento de tanques, etc. La confiabilidad de cada uno de los componentes tiene un efecto sobre el sistema total. Este tipo de sistemas el análisis de tiempo de falla puede ser usado para evaluar la confiabilidad.

Determinar la confiabilidad de un sistema es importante y el tipo de componente analizado varía de un sistema a otro, en el caso del drenaje de tormentas, la confiabilidad del componente se refiere a la tubería que conduce el flujo, en el sistema de alcantarillas, la confiabilidad se orienta al análisis de una sección de la alcantarilla, mientras que en el sistema de distribución de agua los componentes son tuberías, bombas, válvulas, etc. La confiabilidad de varios componentes tiene efecto sobre la confiabilidad del sistema. Métodos de análisis de la confiabilidad de redes ha sido desarrollada y aplicada en procesos de Ingeniería eléctrica, química y mecánica, pero apenas se inicia en el análisis de sistemas de distribución de agua. Para grandes sistemas, con muchos e interactivos subsistemas es muy difícil la estimación analítica, el cálculo matemático requiere conocer la confiabilidad de los subsistemas o componentes y el impacto de los diversos tipos de fallos sobre el conjunto.

### 2.3 *Tratamiento de las incertidumbres hidráulicas, Método de primer orden*

La confiabilidad del diseño de una estructura es una función de variables y parámetros, los cuales a menudo son variables aleatorias. En general el modelo hidráulico que define la capacidad de la estructura,  $Q_c$  o resistencia  $r$ , y es función de variables aleatorias  $w_1, w_2, \dots, w_p$ . El problema de estimar las propiedades de  $Q_c$ , es un problema aleatorio porque es una función de variables aleatorias. En la práctica es difícil determinar las características de incertidumbre del sistema como un todo, pero es factible analizar las incertidumbres de los parámetros o componentes del sistema y entonces derivar las propiedades de incertidumbre para todo el sistema. El método de análisis de 1er orden permite estimar las incertidumbres para un modelo determinístico involucrando variables con incertidumbre. El método permite a partir de la media  $\bar{Q}$ , y la varianza  $\Omega_{Qc}$  estimar la probabilidad del modelo  $P(Q_c)$ . A través del análisis de primer orden, el efecto combinado de las incertidumbres de las variables permite definir la fiabilidad de predicción del modelo.

La media se expresa como:

$$\bar{Q}_c = \lambda G(\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_p) \dots \dots \dots (2.1)$$

donde  $\lambda$  es el término que expresa el error en el modelo, que puede introducirse para considerar el error introducido por utilizar simplificaciones hidrológicas e hidráulicas. El coeficiente de variación se expresa como:

$$\Omega_{Q_c}^2 = \Omega_{\lambda}^2 + \frac{1}{G^2} \sum_p \left( \frac{\partial G}{\partial W_p} \right)^2 \bar{W}_p^2 \Omega_{W_p}^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

La aplicación puede presentarse por ejemplo para la falla de un drenaje pluvial, ésta puede definirse como el evento en el cual la avenida de diseño o gasto  $Q_L$  descarga al drenaje un caudal de tormenta que excede la capacidad  $Q_c$  del drenaje. En otras palabras, el riesgo de falla es la probabilidad de que el evento  $Q_L > Q_c$ , i.e.

$$Riesgo = P(Q_L > Q_c) \dots \dots \dots (2.3)$$

Ya que  $Q_L$  y  $Q_c$  son cantidades no negativas, la probabilidad en la ec. 2.3 es igual a  $P\{Q_L/Q_c < 1\}$  o  $P\{\ln(Q_L/Q_c) < 0\}$ .

Por lo que:

$$Riesgo = P(Z < 0) \dots \dots \dots (2.4)$$

en donde:

$$Z = \ln(Q_c / Q_L) \dots \dots \dots (2.5)$$

La aproximación de primer orden de la expansión en series de Taylor, en donde la media y variancia de Z son:

$$\bar{Z} \approx \ln\left(\frac{\bar{Q}_c}{\bar{Q}_L}\right) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$var(Z) = \left(\frac{\partial Z}{\partial Q_c}\right)_0^2 var(Q_c) + \left(\frac{\partial Z}{\partial Q_L}\right)_0^2 var(Q_L) = \Omega_{Q_c}^2 + \Omega_{Q_L}^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

en donde  $\bar{Q}_c$ ,  $\bar{Q}_L$  son los valores medios del gasto y capacidad, respectivamente;  $\Omega_{Q_L}^2$  y  $\Omega_{Q_c}^2$  son los coeficientes de variación; el subíndice 0 denota que la cantidad es evaluada con los valores medios de la variable aleatoria. Esto supone implícitamente que las variables  $\bar{Q}_c$  y  $\bar{Q}_L$  son estadísticamente independientes una de otra.

Ya que  $\bar{Q}_c$  y  $\bar{Q}_L$  son normalmente funciones de variables aleatorias, la distribución de Z no es fácil de determinar. Sin embargo, ha sido demostrado que para un nivel de riesgo de  $10^{-3}$  o mayor, el riesgo no es sensible al tipo de distribución supuesta Ang 1970 (14), Yen (15), Tang 1971 (16). Así que por simplicidad suponemos que Z sea normalmente distribuida, el riesgo es:

$$P(Q_L > Q_c) = P(Z < 0) = \Phi\left(\frac{-\bar{Z}}{\sqrt{var(Z)}}\right) \dots \dots \dots (2.8)$$

a partir de 2.6, 2.7 y 2.8, se obtiene:

$$Riesgo = 1 - P_r = \Phi \left( \frac{\ln \left( \frac{\bar{Q}_C}{\bar{Q}_L} \right)}{\sqrt{\Omega_{Q_L}^2 + \Omega_{Q_C}^2}} \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

en donde  $\Phi(x)$  denotan las distribuciones normal acumulada estándar evaluada en  $X$ . Los valores de  $\Phi(x)$  pueden encontrarse en las tablas de estadística estándar para  $x$  positiva, Benjamín & Cornell 1981(17).

Finalmente para el caso presentado de drenaje pluvial se obtiene para la carga, a partir del método racional

$$\bar{Q}_L = \lambda_{Q_L} \bar{C} \bar{i} \bar{A} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\Omega_{Q_L} = (\Omega_{\lambda_{Q_L}}^2 + \Omega_C^2 + \Omega_i^2 + \Omega_A^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2.11)$$

donde  $C$  es el coeficiente de escurrimiento,  $i$  es la intensidad de lluvia y  $A$  es el área drenada. Para los parámetros de resistencia o capacidad a partir de Manning, se obtiene:

$$\bar{Q}_C = 18.72 \bar{\lambda} \bar{S}^{0.5} \bar{n}^{-1} \bar{R}_h^{2.67} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\Omega_{Q_C} = (\Omega_{\lambda_{Q_C}}^2 + 0.24 \Omega_S^2 + \Omega_n^2 + 7.1 \Omega_{R_h}^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2.13)$$

donde  $n$  es el coeficiente de rugosidad de Manning,  $S$  es la pendiente de fricción, y  $R_h$  el radio hidráulico, Huang 1986, (18).

## 2.4 Análisis de tiempo de falla en la confiabilidad de componentes

### 2.4.1 Tiempo de falla

El análisis de tiempo de falla en la confiabilidad de componentes considera el problema de caracterizar la confiabilidad de parámetros del reparación de fallas o de instalación en este sentido se requiere definir algunos términos básicos, los cuales son presentados en esta sección.

### 2.4.2 Función de densidad de fallas

Un paso sustantivo en el análisis de confiabilidad o disponibilidad es la apropiada selección de una función de densidad de falla. Estas son utilizadas para modelar una variedad de eventos asociados a la confiabilidad incluyendo el tiempo en que ocurre la

falla y el tiempo de reparación. Algunas de las más comunes funciones de densidad de fallas utilizadas en el análisis de confiabilidad de SDAs y variables asociadas tales como no-confiabilidad, porcentaje de falla, y tiempo medio de falla son presentadas en el cuadro 2.1, Mays 1989 (18).

Cuadro 2.1 Funciones de densidad de fallas, utilizadas en el análisis de confiabilidades.

DIST.	PDF	RANGO	RELACIÓN PARÁM-MOMENTO
NORMAL	$f(x) = \frac{1}{\beta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\beta^2}}$	$-\infty < x < \infty$	$\alpha = \mu_X, \beta = \sigma$ X $\alpha = \ln \mu_x - \frac{\beta^2}{2}$
LOGNORMAL	$f(x) = \frac{1}{x\beta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\beta^2}}$	$X > 0$	$C_v = \frac{\sigma_x}{\mu_x}$ $\beta^2 = \ln(1 + C_v^2)$
EXPONENCIAL	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$X \geq 0$	$\lambda = \frac{1}{\mu_x}$

La confiabilidad R(t) de un componente se define como la probabilidad de que éste no falle durante el intervalo (0,t), dado que es nuevo o fue reparado en el tiempo 0. En otras palabras, la confiabilidad es la probabilidad de que el tiempo de falla T exceda t, o:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \dots \dots \dots (2.14)$$

donde f(t) es la función de densidad de probabilidad de falla en el tiempo. Los valores de R(t) varían en un rango de 0 a 1. La función de densidad de probabilidad f(t) puede ser desarrollada para el caso de SDAs a partir de datos de fallas de tuberías, utilizando métodos estadísticos. En muchos casos, una simple distribución exponencial es apropiada. Utilizando la distribución exponencial, la confiabilidad de un componente en el intervalo (0,t) es el área bajo la curva a la derecha del punto t, ver lam. 2.1.

## Función de densidad de distribución exponencial, confiabilidad

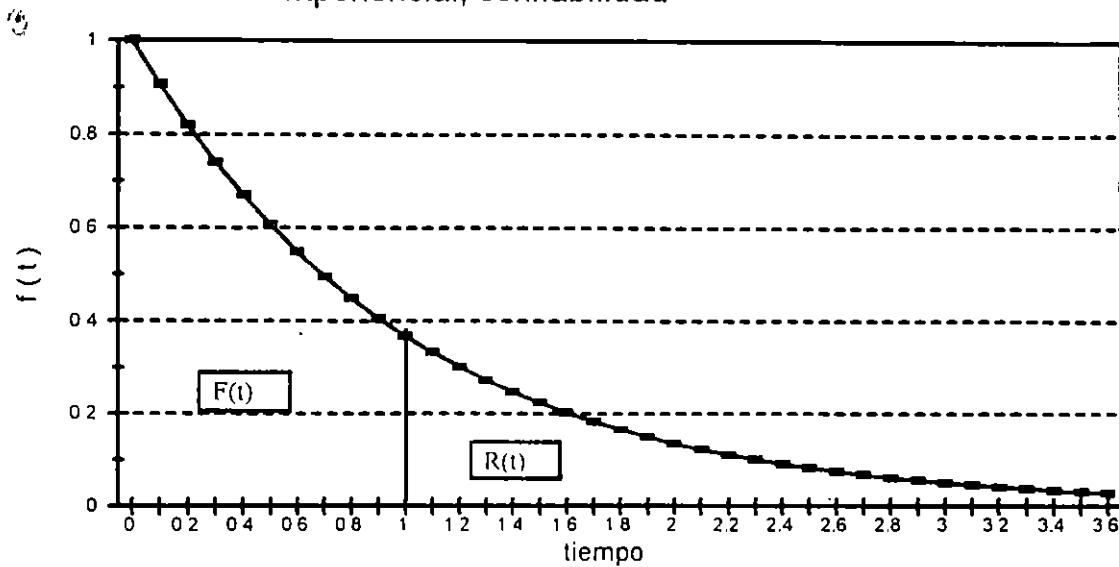


Lámina 2.1 Función de densidad de confiabilidad exponencial con áreas \$F(t)\$ y \$R(t)\$.

La no-confiabilidad \$F(t)\$ de un componente se define como la probabilidad de que el componente pueda fallar en el tiempo \$t\$. La no-confiabilidad puede ser matemáticamente definida como:

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - R(t) \dots \dots \dots (2.15)$$

Gráficamente, la función de no-confiabilidad \$F(t)\$ es el área bajo la función de densidad de falla a la izquierda del punto \$t\$, ver lam. 2.1.

La tasa de falla \$m(t)\$, es la probabilidad de que el componente experimente una falla por unidad de tiempo \$t\$, dado que el componente ha estado operando desde el tiempo 0 y ha funcionado hasta el tiempo \$t\$. Nótese que la tasa de falla \$m(t)\$ es una probabilidad condicional. La relación entre \$m(t)\$ y \$F(t)\$ está dada por:

$$m(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Algunas veces, la tasa de falla es llamada función de riesgo. La cantidad \$m(t)dt\$ es la probabilidad de que un componente falle durante el tiempo \$(t, t+dt)\$. Los valores de \$m(t)dt\$ varían de 0 a 1. Dada la tasa de falla, la función de densidad de falla y la confiabilidad del componente pueden ser obtenidos con las ecuaciones 2.17 y 2.18 respectivamente, Kapur & Lamberson; op. cit.

$$f(t) = m(t) \exp\left[-\int_0^t m(h) dh\right] \dots \dots \dots (2.17)$$

$$R(t) = \exp\left[-\int_0^t m(h)dh\right] \dots \dots \dots (2.18)$$

Ya que el tiempo de falla de un componente no es conocido, es siempre deseable tener alguna idea de la esperanza de vida de un componente bajo investigación. Para un componente reparable, el tiempo requerido para reparar la falla también puede estar sujeto a incertidumbre. En esta parte se describe y define brevemente algunos de los términos más utilizados en el campo de la teoría de confiabilidad y que son relevantes en sistemas de distribución de agua.

El tiempo medio de falla (MTTF) es el valor esperado del tiempo de falla, matemáticamente se define como:

$$MTTF = \int_0^{\infty} tf(t)dt \dots \dots \dots (2.19)$$

el cual se expresa en horas.

Tal como, la función de densidad de falla, la función de densidad de reparación  $g(t)$ , describe las características aleatorias del tiempo requerido para reparar la falla de un componente cuando ocurre la falla en el tiempo 0. La probabilidad de reparación,  $G(t)$ , es la probabilidad de que el componente este completamente reparado antes del tiempo  $t$ , dado que la falla ocurrió en el tiempo 0. Nótese que el proceso de reparación comienza con la falla en el tiempo 0 y termina con la reparación completa en el tiempo  $t$ .

Similar a la tasa de falla, la tasa de reparación  $r(t)$  es la probabilidad de que el componente sea reparado por unidad de tiempo  $t$  dado que el componente falla en el tiempo 0, y que no ha sido reparado en el tiempo  $t$ . La cantidad  $r(t)dt$  es la probabilidad de que el componente sea reparado durante el tiempo  $(t, t+dt)$  dado que la falla del componente ocurre en el tiempo  $t$ . La relación entre la tasa, la densidad de reparación y la función de probabilidad de reparación es:

$$r(t) = \frac{g(t)}{G(t)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dada una función de tasa de reparación  $r(t)$ , la función de densidad de reparación y la probabilidad de reparación son:

$$g(t) = r(t) \exp\left(-\int_0^t r(h)dh\right) \dots \dots \dots (2.21)$$

$$G(t) = 1 - \exp\left(-\int_0^t r(h)dh\right) \dots \dots \dots (2.22)$$

El tiempo medio de reparación (MTTR) es el valor esperado del tiempo de reparación de un componente descompuesto. El MTTR se define matemáticamente como:

$$MTTR = \int_0^{\infty} tg(t)dt \dots \dots \dots (2.23)$$

donde, g(t) es la función de densidad de probabilidad del tiempo de reparación. El MTTR se expresa en horas. El tiempo medio entre fallas MTBF es el valor esperado del tiempo entre dos fallas consecutivas. Para un componente reparable, el MTBF se define como:

$$MTBF = MTTF + MTTR \dots \dots \dots (2.24)$$

El tiempo medio entre reparaciones (MTBR) es el valor esperado de tiempo entre dos reparaciones consecutivas y es igual a MTDF.

### 2.4.3 Conceptos de disponibilidad e indisponibilidad

La confiabilidad de un componente es una medida de la probabilidad que éste funcione sin interrupciones durante un cierto período (0,t). Esta medida es apropiada si el componente es no reparable y será desechado cuando falle. Sin embargo, muchos de los componentes en un sistema de distribución de agua son reparables y pueden ser puestos nuevamente en servicio. En esta situación, el significado de confiabilidad cambia y es necesario definir un nuevo término.

La disponibilidad A(t) de un componente es la probabilidad de que éste este en condiciones de operación en tiempo t, dado que el componente estaba como nuevo en el tiempo 0. La confiabilidad generalmente difiere de la disponibilidad porque la confiabilidad requiere operación continua durante todo el intervalo (0,t). Los subcomponentes pueden contribuir a la disponibilidad A(t) pero no a la confiabilidad R(t), si el subcomponente que falla antes del tiempo t es reparado y está en operación en el tiempo t. Como resultado, la disponibilidad A(t) es siempre mayor o igual a la confiabilidad R(t), esto es, A(t) ≥ R(t). Para un componente no reparable, que este operando en el tiempo t, sí y sólo sí, ha estado operando hasta el tiempo t, esto es A(t)=R(t). La disponibilidad de un componente no reparable decrece de 0 a t rápidamente, mientras que la disponibilidad de un componente no reparable converge a un valor positivo diferente de 0.

La no-disponibilidad U(t) en el tiempo t, es la probabilidad que el componente este en estado de falla en el tiempo t, dado que comenzó a operar en el tiempo 0. En general, U(t) es menor o igual que la no-confiabilidad F(t), y para componentes no reparables son



iguales. Por lo tanto, dado que un componente está operando o está en falla en el tiempo,  $t$ , se cumple que:

$$A(t) + U(t) = 1 \dots\dots\dots (2.25)$$

La intensidad condicional de falla,  $l(t)$ , es la probabilidad que un componente falle por unidad de tiempo en el tiempo  $t$ , dado que ha estado operando desde el tiempo 0 y sigue operando en el tiempo  $t$ . La cantidad  $l(t)dt$  es la probabilidad que el componente falle durante el pequeño intervalo de tiempo  $(t, t+dt)$  dado que el componente estaba como nuevo en el tiempo 0 y ha operado hasta el tiempo  $t$ . La cantidad  $m(t)dt$  es la probabilidad que el componente falle durante un cierto intervalo dado que el componente fue reparado en el tiempo 0 y ha estado operando hasta el tiempo  $t$ . Las cantidades  $l(t)dt$  y  $m(t)dt$  difieren porque  $m(t)dt$  supone la continuación de un estado de operación hasta el tiempo  $t$  ó que no ha ocurrido falla durante el intervalo  $(0, t)$ , mientras que  $l(t)dt$  sólo supone que el componente está operando en el tiempo  $t$ , esto es, las fallas que pudieran ocurrir en el intervalo 0 a  $t$  no importan en el cálculo.

$$\begin{aligned} \lambda(t) &\neq m(t) && \text{caso general} \\ \lambda(t) &= m(t) && \text{componente no reparable} \dots\dots\dots (2.26) \\ \lambda(t) &= m && \text{tasa de falla constante } r \end{aligned}$$

La intensidad de falla no condicional,  $w(t)$ , es la probabilidad que un componente falle por unidad de tiempo en el tiempo  $t$ , dado que este comienza a operar en el tiempo 0. La intensidad de falla no condicional es obtenida del análisis de los datos de fallas de equipos. El número de fallas esperadas  $W(t, t+dt)$ , dado que el componente comienza a operar en el tiempo 0, se define como:

$$W(t, t+dt) = \int_t^{t+dt} w(h)dh \dots\dots\dots (2.27)$$

Para un componente no reparable,  $W(0, t) = F(t)$  y se aproxima a la unidad conforme crece  $t$ . Para un componente reparable,  $W(0, t)$ , diverge al infinito conforme  $t$  crece. La intensidad condicional de reparación,  $u(t)$ , es la probabilidad de que un componente sea reparado por unidad de tiempo  $t$ , dado que empezó a operar en el tiempo 0 y falló en el tiempo  $t$ . La tasa de reparación,  $r(t)$ , y  $u(t)$  difieren en forma similar a  $l(t)$  y  $m(t)$ .

$$\begin{aligned} u(t) &= r(t) = 0 && \text{componente no reparable} \\ u(t) &= r && \text{tasa de reparación } r \text{ constante} \dots\dots\dots (2.28) \end{aligned}$$

La intensidad de reparación incondicional,  $v(t)$ , es la probabilidad de que un componente sea reparado por unidad de tiempo  $t$ , dado que comenzó a operar en el tiempo 0.

El número de reparaciones esperadas durante el tiempo  $(t, t+dt)$  dado que el componente inicia su estado de operación en el tiempo cero es:

$$V(t, t + dt) = \int_t^{t+dt} v(t) dt \dots \dots \dots (2.29)$$

Para una componente no reparable  $V(0, t) = 0$  y para un componente reparable,  $V(0, t) \rightarrow \infty$  conforme crece  $t$ .

**CAPITULO 3. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL CONSIDERANDO INCERTIDUMBRES**

La función de un drenaje pluvial puede definirse como un evento en el cual la avenida de diseño o gasto  $Q_d$  el cual descarga al drenaje por una tormenta que excede la capacidad  $Q_c$  del drenaje. En otras palabras, el riesgo de falla es la probabilidad de que el evento  $Q_d > Q_c$

En el análisis estático de carga-resistencia, se supone que  $Q_c$  y  $Q_d$  son, en general, funciones de otras variables aleatorias, una evaluación de sus valores medios y coeficientes de variación en términos de las variables aleatorias es indispensable. Supóngase que  $Q$  es calculado con un modelo matemático  $G$  el cual es una función de las variables  $x_1$  a  $x_j$ .

Si se desea tomar en cuenta los errores en la predicción del resultado del modelo idealizado, un factor de corrección  $\lambda$  con un valor medio y coeficiente de variación  $\Omega_\lambda$  se introduce y aplicando la aproximación de primer orden para  $Q$ , se expresa como:

$$\bar{Q} = \bar{\lambda} G \left( x_1^-, x_2^-, \dots, x_j^- \right) \dots \dots \dots (3.1)$$

Suponiendo que todas las  $x_i$ s son estadísticamente independientes y dado que  $\partial Q / \partial x_j = (\partial Q / \partial G) (\partial G / \partial x_j) = \lambda (\partial G / \partial x_j)$ , la varianza de  $Q$  será:

$$\Omega_Q^2 = \Omega_\lambda^2 + \frac{1}{G^2} \sum_i \left( \frac{\partial G}{\partial x_i} \right)_0^2 x_i \Omega_{x_i}^2 \dots \dots \dots (3.2)$$

**3.1 Factor de Seguridad**

El drenaje pluvial se diseña para tener una capacidad  $Q_c$  excedente de la demanda nominal requerida  $Q_0$ , entonces el factor de seguridad puede definirse como

$$F S = \left( \frac{\bar{Q}_c}{Q_0} \right) \dots \dots \dots (3.3)$$

El valor de  $Q_0$  es el pico de la avenida o hidrograma que el drenaje debe conducir obtenido de un análisis hidráulico o hidrológico, por ejemplo, el pico calculado con la fórmula racional para un periodo de retorno igual a la vida esperada del proyecto, el valor de  $\bar{Q}_c$  es el valor esperado de la capacidad de drenaje para un diámetro y pendiente dados evaluados con la fórmula de Manning.

### 3.2 Incertidumbres en el cálculo del hidrograma y capacidad del drenaje

#### 3.2.1 Descarga de diseño

La fórmula racional es la más usada para estimar el pico del hidrograma y por simplicidad se utiliza en este trabajo. Si para la fórmula racional  $Q = CiA$  es usada, el valor de  $Q_0$  en la ec. 3.3 puede estimarse con:

$$Q_0 = C \bar{i}_0 \bar{A} \dots \dots \dots (3.4)$$

donde C es el coeficiente de descarga, A es el área de la cuenca, y  $i_0$  es la intensidad de lluvia usada en el cálculo de la descarga para un periodo de retorno de diseño. El valor de  $\bar{Q}_L$ , el cual es el valor esperado de la descarga máxima durante los años T de vida del sistema puede estimarse usando 3.5. Sin embargo, ya que la fórmula racional es un modelo aproximado, un factor de corrección  $\lambda_L$  debe introducirse para considerar la incertidumbre del modelo. Entonces aplicando las ecs. 3.1 y 3.2 en 3.4 se tiene:

$$\bar{Q}_L = \lambda_L \bar{C} \bar{i}_T \bar{A} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$\Omega_{QL}^2 = \Omega_L^2 + \Omega_C^2 + \Omega_i^2 + \Omega_A^2 \dots \dots \dots (3.6)$$

donde:  $\Omega_L, \Omega_C, \Omega_i, \Omega_A$ , son los coeficientes de variación del factor de corrección del modelo, del coeficiente de descarga, intensidad de lluvia y área drenada respectivamente. La cantidad  $\bar{i}_T$  representa el valor máximo esperado de intensidad de lluvia durante T años de servicio del sistema y puede calcularse de las curvas intensidad frecuencia usando un período de retorno de T años.

#### 3.2.2 Incertidumbre en la capacidad de descarga

Considérese la formula de Manning para el cálculo de la capacidad, se supone flujo a superficie libre, justo antes de llenarse el conducto puede reescribirse como:

$$Q_C = \frac{0.318}{n} d^{8/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (3.7)$$

en donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning; A es el área de la sección transversal; R es el radio hidráulico; y S es la pendiente de fricción del flujo.

Aplicando las ecs. 3.1 y 3.2 a la ec. 3.7 se tiene:

$$\bar{Q}_c = \frac{0.318}{\bar{n}} \lambda_m \bar{d}^{8/3} \bar{S}^{1/2} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\Omega_{Q_c}^2 = \Omega_m^2 + \frac{1}{4} \Omega_s^2 + 7.1 \Omega_d^2 + \Omega_n^2 \dots \dots \dots (3.9)$$

en donde  $\lambda_m$  considera la aproximación asociada con la fórmula de Manning, y  $\Omega_{oc}$ ,  $\Omega_m$ ,  $\Omega_s$ ,  $\Omega_d$  y  $\Omega_n$ , son los coeficientes de variación de  $Q_c$ , del factor de corrección del modelo, de la pendiente, diámetro y rugosidad respectivamente.

### 3.2.3 Procedimiento para establecer un factor de seguridad

El procedimiento para establecer curvas de factor de seguridad para un sitio determinado es usar la 2.3 y 3.3 para calcular el riesgo y el factor de seguridad. Los valores dependen de los factores que afectan  $Q_0$ ,  $\bar{Q}_L$ ,  $\bar{Q}_c$ ,  $\Omega_{oc}$ . El siguiente resumen es un indicador de la metodología que puede aplicarse:

- a) Seleccionar los modelos de cálculo de capacidad y gasto de descarga.
- b) Efectuar un análisis de incertidumbre de la intensidad de lluvia. Esto implica evaluación de incertidumbres debido al período de retorno y duración, limitación de los registros de lluvia a los registros disponibles y confiabilidad de los datos. Para cada selección del período de retorno y duración, el resultado normalmente consiste en una intensidad de lluvia de referencia para la evaluación de  $Q_0$  y una intensidad media, junto con el coeficiente de variación para estimación de  $\bar{Q}_L$  y  $\Omega_{oc}$ .
- c) Llevar a cabo una análisis de incertidumbre de la descarga de diseño. Esto implica una evaluación de los factores que además de la intensidad de lluvia, contribuyen a las incertidumbres del gasto de diseño. Este paso implica la determinación de la media y coeficiente de variación de cada factor que compone o afecta el gasto de diseño. El resultado usualmente consiste en un grupo de valores de  $Q_0$ ,  $\bar{Q}_L$ ,  $\Omega_{oc}$  para la duración y período de retorno de la lluvia los cuales son seleccionados como iguales a la vida esperada de servicio del sistema.
- d) Dada una selección de tamaño comercial de la tubería debe efectuarse un análisis de incertidumbre de la capacidad del drenaje. Esto implica un análisis de incertidumbre del tamaño de la tubería, rugosidad, alineamiento, confiabilidad de la construcción tal como pendiente y el error del modelo. Los valores de la media y coeficiente de variación de los factores que afectan la capacidad se determinan primero. Los resultados finales consisten en los  $\bar{Q}_c$ ,  $\Omega_{oc}$  para el tamaño de tubería considerado.

- e) Calcular el riesgo.
- f) Calcular el factor de seguridad.
- g) El par de valores de riesgo y factor de seguridad, calculado en e) y f) da un punto en la curva de riesgo-factor de seguridad.
- h) Repetir los pasos d) a f) para diferentes tamaños de tubería. Esto dará diferentes puntos de la curva de riesgo-factor de seguridad. Repitiendo el procedimiento para diferentes tamaños se puede dibujar la curva para la duración de lluvia y período de retorno elegido.
- i) Repetir los pasos de c) a h) para diferentes duraciones de lluvia y mismo período de diseño. Los resultados darán curvas para diferentes duraciones. Sin embargo, se ha observado que el efecto de la duración es pequeño y los puntos tienen diferente duración pero igual período de diseño pueden agruparse en una misma curva.
- j) Repetir los pasos c) a i) para diferentes períodos de diseño, los resultados completarían un grupo de curvas de riesgo-factor de seguridad para diferentes períodos de vida del drenaje.

### 3.3 Uso de las curvas Riesgo vs Factor de seguridad para diseño

En el uso de las curvas para diseño, el diseñador no necesita determinar el período de diseño arbitrariamente. El factor de control es el nivel de protección buscado expresamente como posibilidad de falla, por ejemplo, riesgo, para el período esperado de vida del proyecto. El período de retorno viene a ser un parámetro intermedio de referencia el cual es elegido igual a la vida esperada del proyecto de drenaje.

Los resultados de la metodología aplicada en una localidad de los E. U. efectuada por Yen et. al. 1976, op. cit. se muestran en las láminas 3.1 y 3.2.

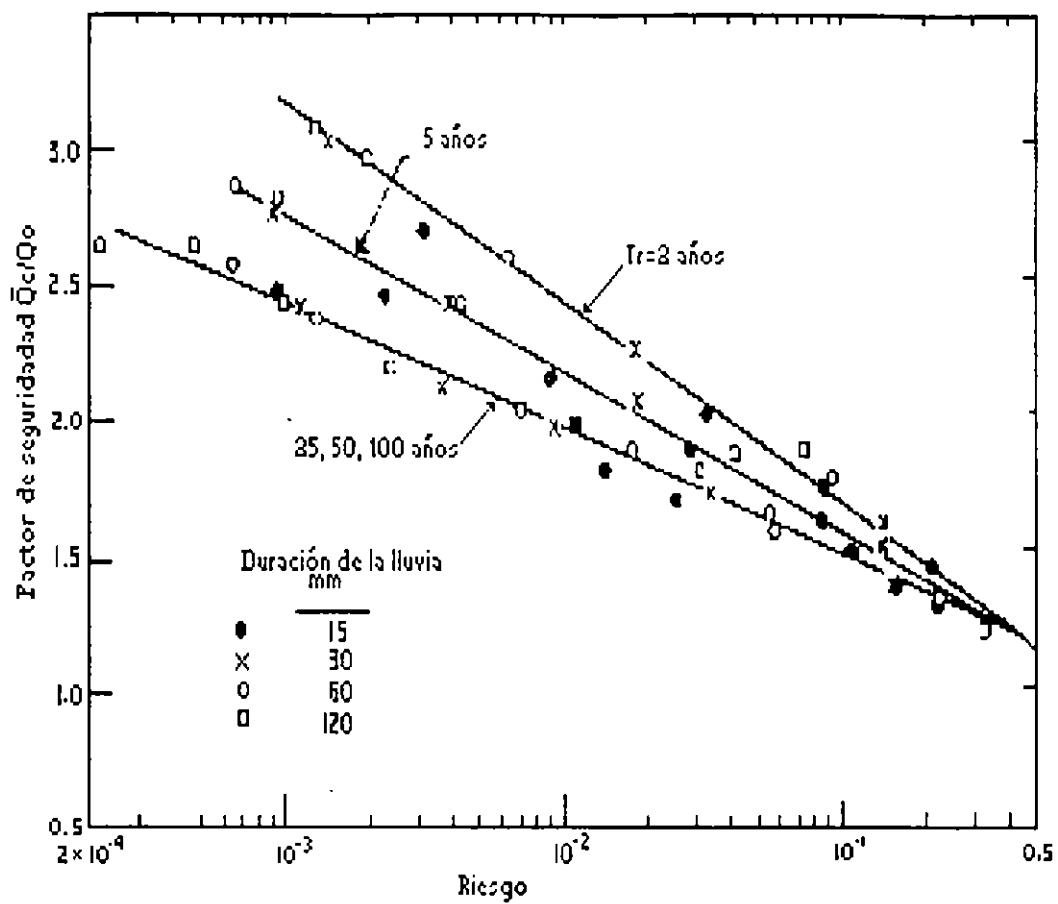


Lámina 3.1 Factor de seguridad contra riesgo para diferente duración de lluvia

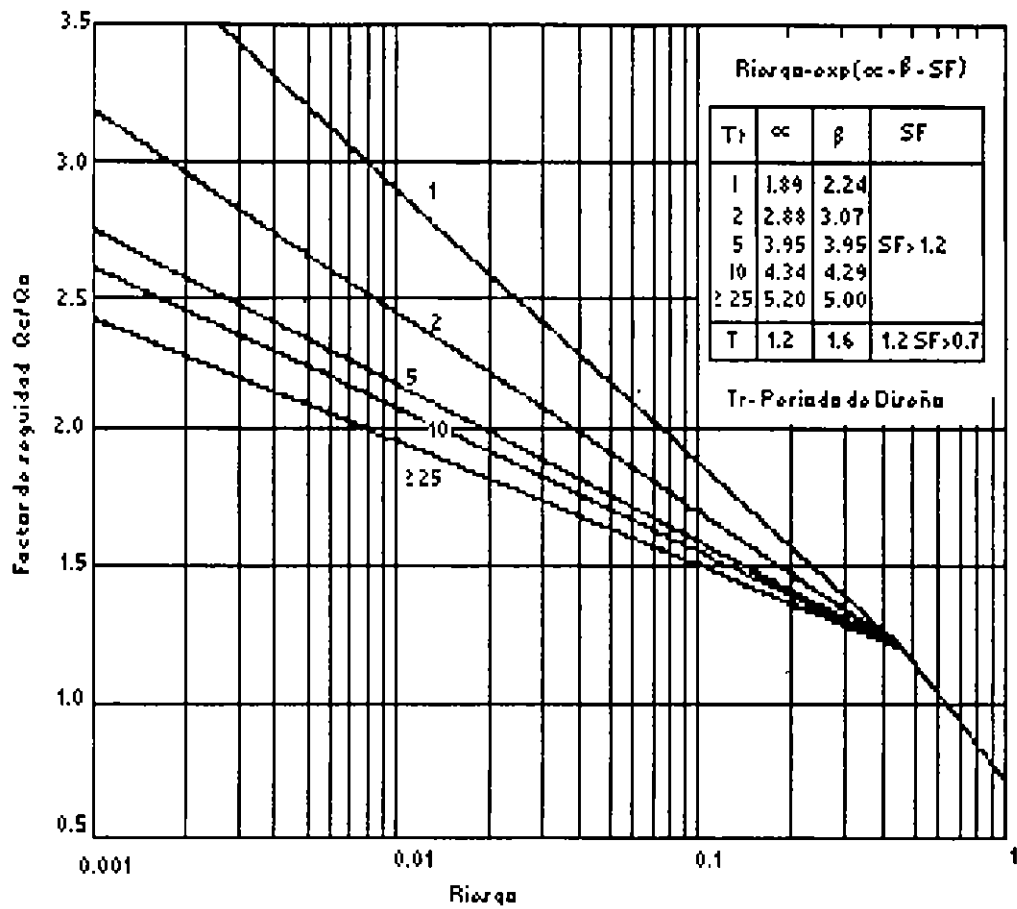


Lámina 3.2 Factor de seguridad contra riesgo para diferente periodo de retorno



$$P_r = \Phi \left( \frac{\ln \left( \frac{\bar{Q}_L}{\bar{Q}_R} \right)}{\sqrt{\Omega_{Q_R}^2 + \Omega_{Q_L}^2}} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$

La fórmula de descarga a través de un grupo de N compuertas de idénticas características es:

$$Q = C_d N w \beta e \sqrt{2gH} = L \dots \dots \dots (4.6)$$

En el cual H es la carga sobre la cresta aguas arriba de la compuerta; Cd es el coeficiente de descarga; β es el coeficiente de sumergencia; w es el ancho de cada compuerta; e es la abertura de la compuerta; y g es la aceleración de la gravedad. Los parámetros H, Cd, β, w, y e son supuestos variables aleatorias independientes. Mediante la expansión de las series de Taylor de 1er orden de la ec. 4.6, se tiene el gasto medio,  $\bar{L}$  como:

$$\bar{Q} = \bar{C}_d N \bar{w} \bar{\beta} \bar{e} \sqrt{2g\bar{H}} = \bar{L} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$\Omega_Q^2 = \Omega_C^2 + \Omega_\beta^2 + \Omega_w^2 + \Omega_e^2 + \frac{1}{4} \Omega_H^2 = \Omega_L^2 \dots \dots \dots (4.8)$$

Tradicionalmente, el diseño hidráulico de canales utiliza la fórmula de flujo uniforme de Manning. Para canales trapeziales, el gasto Q es:

$$Q = \frac{[(b + mh)h]^{5/3}}{[(b + 2h\sqrt{1+m^2})^{2/3}] n} \sqrt{i} = R \dots \dots \dots (4.9)$$

en la cual h es la profundidad; b es el ancho; m es la pendiente del talud; i es la pendiente del canal; n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Las variables h, b, m, i y n son variables aleatorias y estadísticamente independientes. Utilizando la expansión de las series de Taylor de 1er orden de la ec. 4.9 se tiene, como media y varianza.

$$\bar{Q} = \frac{[(\bar{b} + \bar{m}\bar{h})\bar{h}]^{5/3}}{[(\bar{b} + 2\bar{h}\sqrt{1+\bar{m}^2})^{2/3}] \bar{n}} \sqrt{\bar{i}} \dots \dots \dots (4.10)$$

$$\begin{aligned} \Omega_{QR}^2 = & \Omega_n^2 + \frac{1}{4}\Omega_i^2 + \left\{ \frac{\bar{h}}{3} \left[ \frac{5(\bar{b} + 2\bar{m}\bar{h})}{(\bar{b} + \bar{m}\bar{h})\bar{h}} - \frac{4\sqrt{1+\bar{m}^2}}{\bar{b} + 2\bar{h}\sqrt{1+\bar{m}^2}} \right] \right\}^2 \Omega_h^2 \\ & + \left\{ \frac{\bar{m}\bar{h}}{3} \left[ \frac{5}{\bar{b} + \bar{m}\bar{h}} - \frac{4\bar{m}}{\sqrt{1+\bar{m}^2}(\bar{b} + 2\bar{h}\sqrt{1+\bar{m}^2})} \right] \right\}^2 \Omega_m^2 \dots\dots\dots (4.11) \\ & + \left\{ \frac{\bar{b}}{3} \left[ \frac{5}{\bar{b} + \bar{m}\bar{h}} - \frac{2}{\bar{b} + 2\bar{h}\sqrt{1+\bar{m}^2}} \right] \right\}^2 \Omega_b^2 \end{aligned}$$

Para calcular los valores medios y coeficientes de variación de Cd, β, w, e, H, h, b, m, i y n; suponiendo una distribución triangular para cada uno de ellos y sus respectivos valores de diseño se toma a "c" como la moda y "a" como el intervalo desde l a u (l < c < u), son determinados a través de información errores experimental, deficiencias en la construcción, y variaciones posibles debido a erosión y sedimentación. La función de densidad de probabilidad triangular es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-l)}{(c-l)(u-l)} & \text{para } l \leq x \leq c \\ \frac{2(u-x)}{(u-l)(u-c)} & \text{para } c \leq x \leq u \dots\dots\dots (4.12) \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

La media y coeficiente de variación de una distribución triangular pueden ser calculados por las siguientes ecuaciones.

$$\bar{x} = \frac{1}{3}(l + c + u) \dots \dots \dots (4.13)$$

$$\Omega_x^2 = \frac{1}{2} - \frac{1}{6\bar{x}^2}(lc + cu + ul) \dots \dots \dots (4.14)$$

4.2 Ejemplo de aplicación.

El gasto descargado a través de compuertas con las características indicadas en el cuadro 4.1 debe ser conducido por un canal trapecial con las características indicadas en el cuadro 4.2 determínese, el riesgo de falla del canal.

Cuadro 4.1 Características del canal trapecial (compuertas)

Factor	Valor de diseño	Rango
W	4.5 m	4.46 - 4.55 m
e	4.2 m	4.16 - 4.24 m
H	6.5 m	6.40 - 6.60 m
Cd	0.484	0.471-0.497
$\beta$	1	
N	7	

Cuadro 4.2 Características del canal trapecial (cielo abierto)

Factor	Valor de diseño	Rango
b	50.0	45.0-55.0 m
m	1.5	1.35 - 1.65
i	$20.00 \times 10^{-4}$	$(1.9-2.1) \times 10^{-4}$
h	7.5 m	7.13 - 7.88 m
n	$2.52 \times 10^{-2}$	$(2.32-2.75) \times 10^{-2}$

Suponiendo que los valores de las variables siguen una distribución triangular y aplicando el método de análisis de 1er orden, se obtiene  $\bar{Q}_L = 723.657 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $\bar{Q}_R = 845.004$ . Los valores medios y la varianza de cada variable se indica en los cuadros 4.3 y 4.4.

Cuadro 4.3 Valores medios y varianza de variables en compuertas

	w	e	H	Cd
mín	4.46	4.16	6.4	0.471
moda	4.5	4.2	6.5	0.484
máx	4.55	4.24	6.6	0.497
$\bar{X}$	4.5033333	4.2	6.5	0.484
$\Omega^2$	1.671E-05	1.512E-05	3.945E-05	1.202E-4

Cuadro 4.4 Valores medios y varianza de variables en canal

	b	m	i	h	n
mín	45	1.35	0.00019	7.13	0.0232
moda	50	1.5	0.0002	7.5	0.0252
máx	55	1.65	0.00021	7.88	0.0275
$\bar{X}$	50	1.5	0.0002	7.50333	0.0253
$\Omega^2$	1.67E-3	1.67E-3	4.167E-4	4.163E-4	1.206E-3

La probabilidad de no falla, se puede obtener a partir de la ec. 4.3 siendo de  $P_r = 0.9881$  o de la ec. 4.4 se tiene  $P_r = 0.9909$ .

### 4.3 Método de Monte Carlo

La evaluación probabilística de la seguridad del diseño del canal se obtiene de la siguiente manera. Se supone que la distribución de probabilidad de: Cd,  $\beta$ , w, e, H, h, b, i, n es triangular. Los números aleatorios de la distribución de probabilidad triangular, pueden ser obtenidos a través de un generador de números pseudoaleatorios. La relación que conecta los números aleatorios de la distribución triangular con la distribución normal puede ser obtenida por la fórmula (Shreider, 1964).

$$\gamma = \int_{-\infty}^X f(\xi) d\xi \dots \dots \dots (4.15)$$

en donde  $f(\xi)$  es la densidad de probabilidad triangular. Entonces.

$$X = \begin{cases} 1 + \sqrt{\gamma(c-1)(u-1)} & \text{para } \gamma \leq \frac{c-1}{u-1} \\ u - \sqrt{(1-\gamma)(u-c)(u-1)} & \text{para } \gamma > \frac{c-1}{u-1} \end{cases} \dots\dots (4.16)$$

Una muestra del valor del factor de seguridad S, puede obtenerse de las ecs 4.6 y 4.8 en términos de Cd, β, w, e, H, h, b, i, n. Supongamos que Mo es una muestra de los valores de S y M es un número de S≥1. Si Mo es suficientemente grande, con base en la ley de los grandes números, la probabilidad de no falla puede estimarse como:

$$P_r = P(S \geq 1) = \frac{M}{M_o} \dots\dots\dots (4.17)$$

Tomando Mo de 2000, el método de Monte Carlo determina una Pr=0.997.

Puede verse que el método propuesto tiene ventajas sobre el de análisis del 1er orden, por lo siguiente:

- a) Se evita plantear la hipótesis del tipo de distribución de QR y QL y utilizar la aproximación de 1er orden.
- b) Teóricamente, los tipos de distribución de QR y QL deben determinarse a través de las funciones de distribución de Cd,...., y n, respectivamente, pero, estas operaciones son difíciles, cuando es posible. Por tanto, hay una contradicción en la distribución supuesta en el análisis de 1er orden. Por el contrario, el método de Monte Carlo puede evitarse esta falla en la teoría.

La deficiencia del método de Monte Carlo es que debe suponerse una distribución para Cd,...., y n. Porque no tenemos suficientes datos para establecer estas distribuciones, la deficiencia es inevitable cuando la probabilidad de la falla aceptable es del orden de 10<sup>-4</sup> o menor para diseños de grandes proyectos.

#### 4 DISEÑO DE CANALES BASADO EN INCERTIDUMBRE

El diseño de canales es una práctica común para los ingenieros hidráulicos, no obstante quizás nunca se estima cual es la probabilidad de que la capacidad del canal, sea insuficiente, dado que existen incertidumbres en el valor por ejemplo de; coeficiente de rugosidad, coeficiente de descarga de una compuerta, de la pendiente, etc. Normalmente, el factor de seguridad del diseño del canal, se determina en forma determinística a pesar de la naturaleza probabilística del problema, considerando por ejemplo un bordo libre, a continuación se presenta un ejemplo del cálculo de dicho factor de seguridad mediante un criterio estático pero probabilístico.

##### 4.1 Análisis del primer orden

Sea  $Q_L$  el gasto descargado y  $Q_R$ , la capacidad del canal,  $P_f$  la probabilidad de no falla y  $P_r$  la probabilidad de falla (riesgo), definidos como:

$$P_r = P(Q_R \geq Q_L) = P(S \geq 1) \dots \dots \dots (4.1)$$

$$P_f = 1 - P_r = P(Q_R < Q_L) = P(S < 1) \dots \dots \dots (4.2)$$

Ya que  $Q_R$  y  $Q_L$  son variables aleatorias, entonces, las funciones de densidad de probabilidad son conocidas, la probabilidad de no falla puede ser evaluada. Por ejemplo si  $Q_R$  y  $Q_L$  son variables con distribución normal, estadísticamente independientes, la ecuación 4.1 conduce a:

$$P_r = \Phi \left( \frac{\bar{Q}_R - \bar{Q}_L}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_L^2}} \right) = \Phi \left( \frac{\bar{Q}_R - \bar{Q}_L}{\sqrt{(\bar{R}\Omega_R)^2 + (\bar{L}\Omega_L)^2}} \right) \dots \dots \dots (4.3)$$

en donde  $\bar{Q}_L$  y  $\bar{Q}_R$  son los valores medios del gasto y capacidad, respectivamente;  $\sigma_R$  y  $\sigma_L$  son las desviaciones estándar;  $\Omega_R$  y  $\Omega_L$  son los coeficientes de variación; y  $\Phi(x)$  representan las distribuciones normal acumulada estándar evaluada en  $X$ .

De igual forma si  $\bar{Q}_L$  y  $\bar{Q}_R$  son variables estadísticamente independientes con función de distribución log-normal, se tiene:

$$P_r = \Phi \left( \frac{\ln \left( \frac{\bar{Q}_R}{\bar{Q}_L} \right) \sqrt{\frac{1 + \Omega_L^2}{1 + \Omega_R^2}}}{\sqrt{\ln \left[ (1 + \Omega_R^2) (1 + \Omega_L^2) \right]}} \right) \dots \dots \dots (4.4)$$

La simplificación de primer orden de la ec. 4.4 es:

*Curso: Planeación y  
perción de Sistemas de  
información en  
Empresas de Agua.*

*Tema: Teoría de  
Muestreo.*

*M.I. Leonel H. Ochoa A.*

## 1. INTRODUCCION

Existe necesidad de conocer, por ejemplo:

- Area del terreno del IMTA.
- Volumen de una canica.
- Peso de niños recién nacidos en México.
- Altura de las mujeres en México.
- Consumo de agua en una red de agua potable.
- Fugas de agua en una red de agua potable

La respuesta más adecuada debe obtenerse mediante un conjunto de mediciones que se representan en un histograma de frecuencias como el que se muestra en la figura 1.

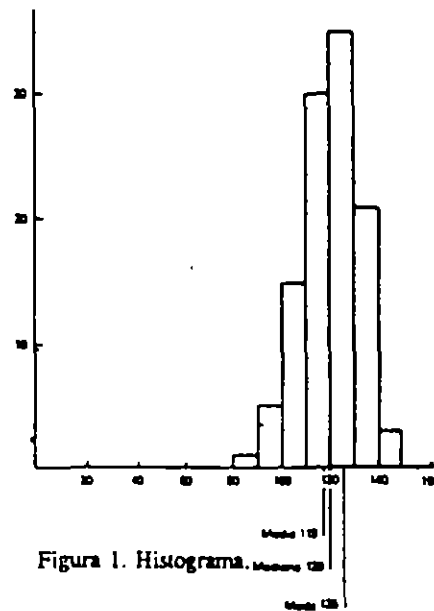


Figura 1. Histograma. Marca 100  
Marca 110  
Marca 120

**Límite de clase:** son los límites dentro de los cuales se agrupan un conjunto de mediciones y tienen el mismo número de dígitos que las mediciones.

**Fronteras de clase:** Son los límites dentro de los cuales se agrupan un conjunto de mediciones y el número de dígitos es igual al número de dígitos de las mediciones más uno. La frontera superior de clase  $i$  es igual a la frontera inferior de clase  $i+1$ .

**Marca de clase:** Es el promedio de los límites de clase.

El número de límites de clase debe ser el adecuado de acuerdo al número de observaciones. Se recomienda estimar de acuerdo a la ecuación.

$$k = 1 + 3.3 \log N \quad (1)$$

donde  $k$  es el número de límites de clase y  $N$  es el número total de observaciones.



## Medidas de tendencia central

### *Moda*

Es el valor sobre la escala horizontal del histograma que corresponde a la máxima frecuencia.

### *Mediana*

Es aquel valor en el cual una línea vertical divide a la distribución en dos partes de área equivalente.

### *Media*

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2)$$

## Medidas de dispersión

### *Variancia*

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (3)$$

### *Desviación estándar*

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

### *Coficiente de variación*

$$C = \frac{S}{\bar{x}} \quad (5)$$

## 2. TIPOS DE MUESTREO

En la mayoría de los casos, no es posible tomar todas las medias posibles de un fenómeno; por ello, se toma solamente una muestra de la población.

La selección de la muestra para tomar mediciones puede efectuarse de maneras diferentes, usando los siguientes tipos de muestreo: a) muestreo aleatorio simple, b) muestreo estratificado, c) muestreo por

conglomerados, d) muestreo sistemático y e) muestreo por etapas.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los tipos de muestreo.

### **Muestreo Aleatorio simple**

El muestreo aleatorio simple consiste en obtener  $N$  unidades elegidas entre las  $Np$  de que consta la población, extraídas de manera que a todas y a cada una de las muestras se les asigne y respete una probabilidad igual de ser elegidas; a cada unidad en la población se le asigna una probabilidad conocida e igual a  $N/Np$  de aparecer en la muestra.

Su uso práctico requiere que primeramente se numeren cada uno de los elementos de la población. Enseguida, se eligen  $N$  números aleatorios que estén comprendidos entre 1 y  $Np$ . Si los  $N$  números aleatorios se eligen diferentes, califica a este esquema como *sin reemplazo* ya que cada unidad elegida previamente no tiene oportunidad de ser seleccionada nuevamente en la muestra.

Los números aleatorios pueden obtenerse ya sea de tablas de números aleatorios o a través de computadoras digitales usando funciones construidas para ese fin. Si se usan computadoras, el número aleatorio  $R$  se obtiene con

$$R = a + (b-a)r \quad (6)$$

donde  $a$  es el extremo inferior del intervalo,  $b$  es el extremo superior y  $r$  es un número aleatorio entre cero y uno generado por una función de la computadora.

### **Muestreo estratificado**

La población de tamaño  $Np$  se fragmenta en  $L$  estratos; de cada estrato se elige una muestra de manera independiente del resto de las seleccionadas.

### **Muestreo por conglomerados**

El muestreo por conglomerados es un esquema en el cual se eligen conglomerados de elementos y, a cada conglomerado que resulte en la muestra, se le *revisa completamente*, es decir, se censa.

Hay que tener presente que los conglomerados se eligen aleatoriamente y lo que interesa son los elementos dentro del conglomerado y todos ellos fueron o quedaron automáticamente seleccionados al elegir al conglomerado muestra y, por último, que cada uno de éstos debe ser revisado completamente.

### **Muestreo sistemático**

Supongamos que de una lista de 100 personas es necesario obtener una muestra consistente de 4 de ellas; una selección aleatoria requiere que se encuentre a 4 números aleatorios comprendidos entre 1 y 100 y después de ello hay que localizarlos en la lista.

Otra manera de hacerlo y que es más simple, consiste en encontrar un número aleatorio entre 1 y 25; si, por ejemplo, este número resultó ser 18, las cuatro unidades que conformarán a la muestra son las

siguientes: 18, 18 + 25, 18 + 50 y la 18 + 75. En este tipo de selección se procede a encontrar aleatoriamente a la primera unidad en la muestra para determinar al resto de ellas se avanza a brincos constantes a través de la lista, de esta manera, las  $N - 1$  unidades restantes quedan automáticamente seleccionadas.

Principalmente, la aplicación del muestreo sistemático se torna más conveniente en aquellos casos en que la selección no puede hacerse en el gabinete, sino que por uno u otro problema debe ser desarrollada durante el trabajo de campo, lejos del personal especializado que pudiera detectar oportunamente procedimientos equivocados por una interpretación errónea de las instrucciones contenidas en los manuales o porque en muchas ocasiones se sobreestima al personal de campo, la serie de pláticas y ejercicios que debieran conformar su entrenamiento y se ve reducida a una única explicación rápida y con ella se espera falsamente que los entrevistadores se desempeñen de manera eficiente.

### **Muestreo por etapas**

Cuando el muestreo se realiza en dos etapas, este se llama *submuestreo*.

#### ***Submuestreo***

Usando el submuestreo, a cada conglomerado que ya está en la muestra se le vuelve a muestrear; es decir, por ejemplo, las gavetas de cada mueble en la muestra se numeran y se obtiene una submuestra aleatoria de gavetas dentro del mueble, pueden ser elegidas dos gavetas dentro de cada uno de ellos y las gavetas que así resultaran elegidas, se les censa; éste es el proceso de selección en el submuestreo. A partir de los datos de la muestra proporcionados por las dos gavetas elegidas se hace una primera estimación para cada mueble en ella y posteriormente las estimaciones de los diferentes muebles se combinarán para producir o derivar una estimación global; así se desarrolla el proceso de estimación.

## **3. DISTRIBUCION DE MUESTRAS**

### **Parámetro poblacional**

Los parámetros poblacionales de uso más generalizado en la práctica son: medias, totales, y porcentajes.

### **Curva de distribución normal**

Cuando se desea estimar algún parámetro poblacional siempre existen dos distribuciones en consideración, las cuales no tienen por qué ser iguales: la propia de la característica que se estudia en la población y la del estimador del parámetro poblacional. Esta última tiende a distribuirse como una curva de distribución normal cuando el tamaño de la muestra  $N$  tiende al tamaño de la población.

En la práctica, la distribución normal da una excelente aproximación de la distribución muestral del parámetro cuando  $N$  es mayor o igual a 30, sin ninguna clase de restricción en la forma de la población.

La distribución normal tiene una gran importancia en el estudio del muestreo probabilístico debida a que generalmente se supone normalidad en la distribución de los estimadores. Este supuesto es razonable a la luz de los resultados experimentales y es apoyado formalmente por el Teorema del Límite Central.

En la curva de distribución normal (ver figura 2), al tomar una desviación estándar a la derecha e izquierda de su media se encierra un área bajo la curva que comprende al 68% del total bajo ella. Al tomar dos desviaciones el área es del 95% y al tomar tres aumenta al 99.9%. Por lo cual, en aquellos casos en que el supuesto de normalidad es razonable y para efectos del cálculo de intervalos de confianza, se usa frecuentemente un nivel de confianza del 95%, es decir una abscisa de 1.96.

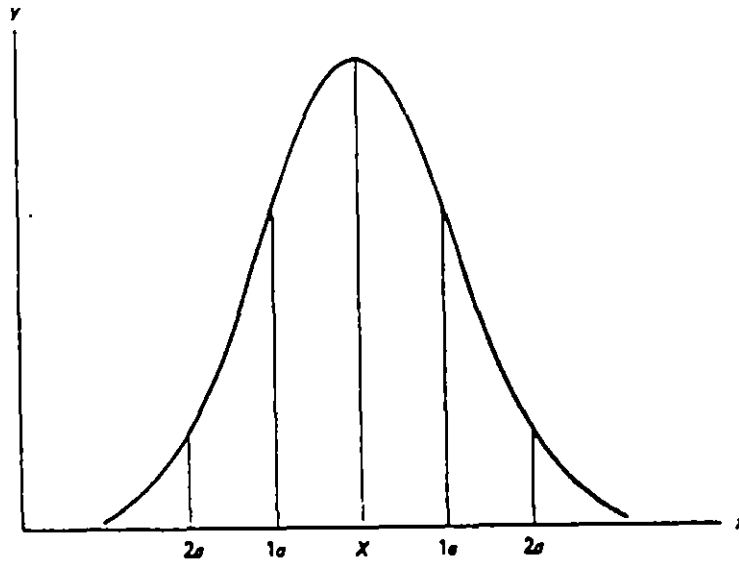


Figura 2. La relación de  $1\sigma$  y  $2\sigma$  en la distribución normal.

La curva de distribución normal se obtiene de la ecuación

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (7)$$

donde  $\mu$  y  $\sigma$  es la media y la desviación estándar de la población.

Si se toma la variable

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (8)$$

para que esta corresponda a una distribución normal, la media debe ser igual a cero y la desviación estándar igual a uno. De esta manera, la nueva ecuación de la curva es

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} \quad (9)$$

## 4. MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

### Estimación de parámetros

#### Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (10)$$

#### Total

$$X = Np \bar{x} \quad (11)$$

#### Porcentaje

$$P = \frac{a}{N} 100 \quad (12)$$

donde  $N$  es el tamaño de la muestra,  $Np$  es el tamaño de la población y  $a$  es el número de unidades en la muestra que tienen o que poseen la característica de interés. Los parámetros poblacionales se obtienen de los parámetros muestrales.

### Variación de los parámetros

Sirven para saber que tan buena es la estimación y de que magnitud será el error cometido.

#### Media

Consideremos que se han hecho 100 observaciones de cierto fenómeno. Esta será nuestra primera muestra. Calculemos ahora su media y anotémosla. Efectuemos a continuación otro conjunto de 100 observaciones y anotemos su media. Repitamos el proceso hasta tener un número infinito de muestras, cada una con su propia media, grafiquemos luego las curvas de distribución de las medias.

Los resultados de los cálculos pueden apreciarse en la figura 3.

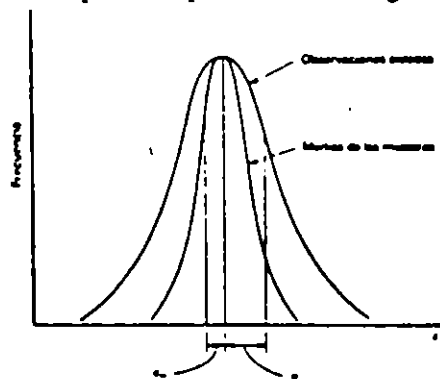


Figura 3. Curva de distribución normal y medias de la muestra.

Se observan tres propiedades importantes: a) la distribución de las medias sigue una distribución normal, b) la media de las medias es igual a la media de la población y c) la distribución de la media de la muestra es menos dispersa que el de la población.

La variancia de la media es

$$\hat{V}(\bar{x}) = \frac{S^2}{N} \left(1 - \frac{N}{Np}\right) \quad (13)$$

donde

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (14)$$

Total

$$\hat{V}(X) = \frac{Np^2 S^2}{N} \left(1 - \frac{N}{Np}\right) \quad (15)$$

Porcentaje

$$\hat{V}(P) = \left(\frac{Np - N}{(N-1)Np}\right) P(100 - P) \quad (16)$$

Intervalos de confianza

Como los parámetros poblacionales siguen una curva de distribución normal, en la ecuación 4 se toma a la variable  $x$  como el parámetro muestral  $pm$ , a  $\mu$  la media del parámetro poblacional  $pp$ , la variancia igual a la raíz cuadrada de la variancia, y  $z$  se toma como  $Z_{\alpha/2}$

$$Z_{\alpha/2} = \frac{pm - \bar{pp}}{(V(pm))^{1/2}} \quad (17)$$

donde el error  $d$  de estimación del parámetro muestral es

$$d = pm - \bar{pp} \quad (18)$$

Sustituyendo 18 en 17

$$Z_{\alpha/2} = \frac{d}{(V(pm))^{1/2}} \quad (19)$$

entonces, de la ecuación 19 el error  $d$  es

$$d = Z_{\alpha/2} (V(pm))^{1/2} \quad (20)$$

donde  $Z_{\alpha/2}$  se obtiene de la curva normal de probabilidades para un *nivel de confianza*, que se define igual a  $1 - \alpha$ . El valor de  $Z_{\alpha/2}$  corresponde a un área igual a  $1 - \alpha/2$  en la curva normal de probabilidades.

Por ejemplo, se acepta un error  $d$  con un 95 % de *nivel de confianza* en el sentido de que si se muestreara repetidas veces, en promedio, 95 de cada 100 muestras tendrían máximo un error de magnitud  $d$  y 5 de ellas tendrían un error mayor.

Los intervalos de confianza se obtienen sumando y restando un error  $d$  al parámetro muestral

$$( pm - Z_{\alpha/2}(V(pm))^{1/2} , pm + Z_{\alpha/2}(V(pm))^{1/2} ) \quad (21)$$

#### **Media**

$$( \bar{x} - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(\bar{x}))^{1/2} , \bar{x} + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(\bar{x}))^{1/2} ) \quad (22)$$

#### **Total**

$$( X - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(X))^{1/2} , X + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(X))^{1/2} ) \quad (23)$$

#### **Porcentaje**

$$( P - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(P))^{1/2} , P + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(P))^{1/2} ) \quad (24)$$

#### **Tamaño de la muestra**

Si se asigna el nivel de confianza y el error permitido  $d$ , de la ecuación 20 y de la ecuación de la variancia correspondiente se puede obtener el tamaño  $N$  de la muestra.

#### **Media**

De las ecuaciones 20 y 13 se obtiene

$$N_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{d^2} S^2 \quad (25)$$

#### **Total**

De las ecuaciones 20 y 15 se obtiene

$$No = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{d^2} Np^2 S^2 \quad (26)$$

*Porcentaje*

De las ecuaciones 20 y 16 se obtiene

$$No = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{d^2} P(100 - P) \quad (27)$$

El valor de *No* se corrige con

$$N = \frac{No}{1 + \frac{No}{Np}} \quad (28)$$

## 5. MUESTREO ESTRATIFICADO

**Estimación de parámetros**

*Media*

$$\bar{x}_{est} = \frac{\sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^{N_k} x_{ki}}{N} \quad (29)$$

*Total*

$$X_{est} = Np \bar{x}_{est} \quad (30)$$

*Porcentaje*

$$P = \frac{\sum_{k=1}^L a_k}{N} 100 \quad (31)$$



## Variación de los parámetros

### Media

$$\hat{V}(\bar{x}_{est}) = \frac{(1 - N/Np)}{N Np} \sum_{k=1}^L N_k S_k^2 \quad (32)$$

donde

$$S_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N_k - 1} \quad (33)$$

### Total

$$\hat{V}(X_{est}) = \frac{Np(1 - N/Np)}{N} \sum_{k=1}^L N_k S_k^2 \quad (34)$$

### Porcentaje

$$\hat{V}(P_{est}) = \left( \frac{1 - N/Np}{Np} \right) \sum_{k=1}^L \frac{N_k^2}{N N_k - Np} P_k (100 - P_k) \quad (35)$$

## Intervalos de confianza

### Media

$$(\bar{x}_{est} - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(\bar{x}_{est}))^{1/2}, \bar{x}_{est} + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(\bar{x}_{est}))^{1/2}) \quad (36)$$

### Total

$$(X_{est} - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(X_{est}))^{1/2}, X_{est} + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(X_{est}))^{1/2}) \quad (37)$$

### Porcentaje

$$(P_{est} - Z_{\alpha/2} (\hat{V}(P_{est}))^{1/2}, P_{est} + Z_{\alpha/2} (\hat{V}(P_{est}))^{1/2}) \quad (38)$$

## Tamaño de la muestra

### Media

De las ecuaciones 20 y 32 se obtiene

$$N_o = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{d^2 N_p} \sum_{k=1}^L N_k S_k^2 \quad (39)$$

### Total

De las ecuaciones 20 y 34 se obtiene

$$N_o = \frac{Z_{\alpha/2}^2 N_p}{d^2} \sum_{k=1}^L N_k S_k^2 \quad (40)$$

### Porcentaje

De las ecuaciones 20 y 35 se obtiene

$$N_o = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{d^2 N_p} \sum_{k=1}^L N_k P_k (100 - P_k) \quad (41)$$

donde  $N_o$  se suele corregir con

$$N = \frac{N_o}{1 + \frac{N_o}{N_p}} \quad (42)$$

## 6. EJEMPLO

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desea obtener las curvas de distribución sobre la operación de las tomas domiciliarias sin tinaco o cisterna y las tomas domiciliarias con tinaco en la colonia El Paraje, Jiutepec, Morelos.

Existe una población de 950 tomas sin tinaco y 41 tomas con tinaco.

La separación en los tipos de toma, obedece a que se esperan comportamientos diferentes en cada uno de los tipos de tomas.

La operación de las tomas se obtiene de la ecuación

$$\frac{K}{\gamma^{1/2}} = \frac{Q}{P^{1/2}} \quad (4.24)$$

donde  $K/\gamma^{1/2}$  representa la operación de la toma,  $Q$  es el gasto horario en la toma y  $P$  es la presión en la toma.

### DETERMINACION DE LA MUESTRA DE TOMAS

#### Tomas sin tinaco

El objetivo es obtener curvas características sobre la operación y funcionamiento de las tomas domiciliarias, con validez general en cualquier día dentro de un cierto intervalo de tiempo. Para ello, se efectuaron mediciones en varios días, considerando un conglomerado de la población a cada uno de los días.

Para determinar una muestra representativa de las tomas domiciliarias se utiliza la ecuación

$$N_0 = \frac{Z^2 \cdot s^2}{E^2} P(100 - P) \quad (4.25)$$

o esta otra ecuación

$$N_o = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{E^2 N_p} \sum_{h=1}^L N_h P_h (100 - P_h) \quad (4.26)$$

La primera corresponde a un método de selección aleatorio simple, y la segunda a un método de selección por conglomerados, mismas que puede consultarse en referencias de probabilidad y estadística.

Donde:

$N_o$  = Número de tomas de la muestra.

$N_p$  = Número de tomas de la población.

$N_h$  = Número de tomas en el estrato  $h$ .

$Z_{\alpha/2}$  = Valor que se obtiene de la curva normal de probabilidades para un % de *nivel de confianza*, que se define como igual a  $1-\alpha$ . El valor de  $Z_{\alpha/2}$  corresponde a un área igual a  $1-\alpha/2$  en la curva normal de probabilidades.

$P$  = Porcentaje de  $K$  de la población de tomas, usando selección aleatoria simple.

$P_h$  = Porcentaje de  $K$  de las tomas en el estrato  $h$ .

$E$  = Error permitido en la estimación del porcentaje  $P$  o  $P_h$ .

Para muestras de poblaciones finitas, el número de tomas de la muestra  $N_o$ , calculado con las ecuaciones 4.25 ó 4.26 se corrige con

$$N = \frac{N_o}{1 + \frac{N_o}{N_p}} \quad (4.27)$$

En este caso se tiene una población  $N_p$  de 950 tomas.

Cuando  $P_h$  tiene un valor constante en todos los estratos, la ecuación 4.26 es igual a la ecuación 4.25.

En los casos en que no se cuenta con información del porcentaje  $P$  o  $P_h$ , las referencias recomiendan utilizar un porcentaje del 50% ya que así se obtiene un máximo número de muestra con un resultado dentro de la seguridad.

El error  $E$  en la estimación de  $P$  o  $P_h$  puede obtenerse en base al porcentaje de  $P$  o  $P_h$  que se está dispuesto a aceptar. En este caso se estima aceptable un error de 5.

Las referencias de probabilidad y estadística recomiendan tomar niveles de confianza comprendidas dentro del 80% y el 95 por ciento.

Para un 95% de nivel de confianza, que es

$$0.95 = 1 - \alpha$$

se tiene que

$$\alpha = 0.05$$

El área a la izquierda en la curva normal de probabilidades es

$$1 - 0.05/2 = 0.975$$

El valor de  $Z_{\alpha/2}$  para un área de 0.975 es igual a 1.96 en la curva normal de probabilidades.

Como en todos los estratos existe un valor de  $P_h$  igual a 50, la ecuación 4.26 es igual a la ecuación 4.25. Sustituyendo en esta ecuación los valores de  $P = 50$ ,  $E = 5$  y  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  para un 95% de nivel de confianza se tiene

$$N_0 = \frac{1.96^2}{5^2} (50)(50) = 384.16$$

que al corregir con la ecuación 4.27 para  $Np = 950$  tomas se obtiene

$$N = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16}{950}} = 273.54$$

Es decir, 274 tomas.

Si se baja el nivel de confianza a un 80% se obtiene  $Z_{\alpha/2} = 1.28$ , para el cual, de la ecuación 4.25 se obtiene  $N_0$  igual a 163.74 y de la ecuación 4.27,  $N$  igual a 139.74. Con estos datos es necesario una muestra de 140 tomas.

Como el valor de  $P$  correspondiente al 50% es una propuesta conservadora, vale la pena realizar un estudio piloto para comprobar si el valor de  $P$  puede ser menor del 50% y con ello obtener un menor tamaño de muestra.

Por ello, se efectuaron primeramente mediciones continuas en 28 tomas domiciliarias; de las 10 a las 18 horas durante un período de 5 días, del lunes 17 al viernes 21 de mes de julio de 1995. En dicho estudio se obtiene sin embargo, algunos porcentajes  $P = 50$  por ciento.

De acuerdo al número de estratos medidos, es decir, cinco días con mediciones de 28 tomas, se tiene un total de 140 tomas muestreadas, mismas que arrojan un 80% de nivel de confianza.

Se pretende, sin embargo, lograr un 95% de nivel de confianza, y para ello es necesario incrementar el tamaño de la muestra, para completar las 274 tomas. Es decir, existe un faltante de 134 tomas.

Se decidió efectuar una siguiente medición simultánea en otras 118 tomas, completando un tamaño de muestra de 258 tomas, valor ligeramente menor a 274 tomas.

Con una muestra de 258 tomas, de la ecuación 4.27,  $N_o$  es

$$N_o = \frac{N}{1 - \frac{N}{Np}} \quad (4.28)$$

igual a

$$N_o = \frac{258}{1 - \frac{258}{950}} = 354.19$$

Con  $N_o = 354.19$ , un valor constante  $P_a = 50$  y 95% de nivel de eficiencia, de la ecuación 4.25 el error  $E$  es

$$E = Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{P}{N_o} (100 - P)} \quad (4.29)$$

igual a

$$E = 1.96 \sqrt{\frac{50}{354.19} (50)} = 5.21$$

que es un valor ligeramente mayor de 5 y se considera que es correcto tomar un tamaño de muestra de 258 tomas. Además, este error, es el máximo que se puede presentar, ya que se está considerando porcentajes  $P_a$  del 50% en cada estrato.

### Tomas con tinaco

Para obtener el tamaño de muestra de los porcentajes de  $K$  de tomas con tinaco se tienen los siguientes datos: Población del número de tomas ( $Np$ ) = 41, porcentaje ( $P$ ) máximo = 50%, error  $E$  permitido en la estimación de  $P$  igual a 5, y 95% de nivel de confianza. Con estos valores en la ecuación 4.25 se obtiene

$$N_0 = \frac{1.96^2}{5^2} (50)(50) = 384.16$$

que al corregir con la ecuación 4.27 para  $Np = 41$  tomas se tiene

$$N = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16}{41}} = 37.05$$

Es decir, 37 tomas.

Se decide tomar un tamaño de muestra de 34 tomas. Con este valor, de la ecuación 4.28,  $N_0$  es igual a 199.14. Con  $N_0 = 199.14$ ,  $P = 50$  y 95% de nivel de eficiencia, de la ecuación 4.29 el error  $E$  es

$$E = 1.96 \sqrt{\frac{50}{199.14} (50)} = 6.95$$

error máximo esperado, pues en los valores de menor porcentaje de  $P$  se obtendrán un menor error.

## PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE LAS TOMAS

De la ecuación de un orificio se tiene

$$\frac{p}{\gamma} = K_o Q^2 \quad (4.30)$$

donde las mediciones se harán para determinar los valores de  $K_o$  de las tomas.

$$K_o = \frac{p}{\gamma Q^2} \quad (4.31)$$

De la ecuación 4.31 se observa que si el valor de  $p/\gamma$  varía en un cierto porcentaje, será este mismo porcentaje de variación en el valor de  $K_o$ .

Sin embargo, si  $Q$  aumenta por ejemplo, un 10%, de la ecuación 4.31  $K_o$  resulta

$$K_o = \frac{p}{\gamma(1.10Q)^2} \quad (4.32)$$

igual a

$$K_o = 0.827 \frac{p}{\gamma Q^2} \quad (4.33)$$

donde el valor de  $K_o$  disminuye un 17.3%

Se aprecia entonces de que el gasto debe medirse con mayor precisión que la presión.

En una red de tubos se pueden medir las presiones con una precisión de hasta  $\pm 1.0$  m. Tomando en cuenta que las presiones en el sistema andan alrededor de 15 m de columna de agua, 1 m representa un 6.7 % de variación, misma que se tendrá en el valor de  $K_o$ . Esto quiere decir que si se acepta un 15% de error total en la estimación de  $K_o$ , el error de  $K_o$  debido al error de medición del gasto debe ser de 8.3 %.

Despejando el gasto de la ecuación 4.30 se tiene



$$Q = \left(\frac{1}{K_0}\right)^{1/2} \left(\frac{P}{\gamma}\right)^{1/2} \quad (4.34)$$

que al sumar el error del valor de  $K_0$  debido al error de medición del gasto

$$Q = \left(\frac{1}{1.083 K_0}\right)^{1/2} \left(\frac{P}{\gamma}\right)^{1/2} \quad (4.35)$$

se obtiene

$$Q = 0.96 \left(\frac{1}{K_0}\right)^{1/2} \left(\frac{P}{\gamma}\right)^{1/2} \quad (4.36)$$

Es decir, el gasto deberá medirse con un - 4 % de error.

El procedimiento empleado para medir a las tomas es el siguiente:

1. Se inician las mediciones sobre una muestra de 30 tomas.
2. Se seleccionan las tomas sobre las cuales van a efectuarse las mediciones. para ello se pueden utilizar dos procedimientos.
  - a) Se numeran todas las viviendas que tienen tomas domiciliarias de un cierto tipo, en las mediciones efectuadas son un total de 955 tomas sin tinaco y 41 tomas con tinaco. Se utilizaron numeros aleatorios de 3 dígitos para escoger a las 30 tomas sin tinaco.
  - b) Se escogen en forma directa las 30 tomas de acuerdo con la disponibilidad de las mismas el criterio de uniformidad de tomas en todo el sistema de agua potable.
3. Se colocan las llaves de nariz en los cuadros de las tomas donde esta no exista.
4. Calibración en sitio de cada micromedidor con el siguiente procedimiento.

Se abre la llave de nariz descargando el agua sobre una cubeta graduada.

El porcentaje de abertura de la llave debe ser aquel que genere un gasto promedio semejante al que los habitantes hacen cada vez que abren una de las llaves de la toma. Se toma la lectura del volumen en el micromedidor y el volumen real en la cubeta. Con estos dos valores se calcula un coeficiente C de corrección del micromedidor.

$$C = \frac{V_{real}}{V_{mic}} \quad (4.37)$$

de donde, para cualquier otra lectura del micromedidor

$$V_{real} = C V_{mic} \quad (4.38)$$

En la tabla 4.3 se muestra un formato para efectuar la calibración de micromedidores en tomas de agua potable.

5. Se calibran los manómetros con una balanza de peso muerto o con algún equipo electrónico.
6. Se toman lecturas de presión y el volumen de consumo de agua en cada una de las llaves de los cuadros de las tomas, durante un intervalo de tiempo. Las rondas de medición deben tener intervalos de tiempo menores de una hora.
7. Se calculan los gastos horarios y las presiones promedio en cada una de las tomas estudiadas.
8. Con la ecuación 4.24 se calculan los valores de  $K/\gamma^{1/2}$  de las tomas, dando el gasto en lts/min y la presión  $P$  en metros.
9. Se obtiene la curva de frecuencias de  $K/\gamma^{1/2}$  y se identifica la frecuencia más cercana del 50 por ciento.
10. Se verifica el tamaño de la muestra con las ecuaciones 4.25, 4.26 y 4.27.
11. Si es necesario, se toman mediciones sobre otras 30 tomas.

En el lugar donde se realizaron las mediciones se tienen 6 sectores con diferentes número de tomas, enumeradas en cada uno a partir del número 1 hasta el número de tomas del sector. Para efectos de obtener una muestra aleatoria, se numeraron ficticiamente a todas las tomas a partir del sector 1, después las del sector 2 y así sucesivamente hasta llegar al sector 6.

En la tabla 4.2 se muestra la selección de las tomas utilizando el procedimiento 2a arriba indicado. La columna número 6 se refiere a la numeración física de la toma por sector.

En la tabla 4.4 se muestra un formato para efectuar la calibración de las tomas de agua potable.

Tabla 4.2 Selección aleatoria de las tomas

1	2	3	4	5	6
NO. TOMA ALEATORIA	NO SECTOR	NO. TOMAS	NO. TOMA ACUM. POR SECTOR	DIFERENCIA (4 - 1)	NO. TOMA POR SECTOR (3 - 2)
306	2	74	326	20	54
412	3	98	424	12	86
597	4	270	694	97	173
965	6	180	996	31	149
895	5	122	816	121	1
160	1	252	252	92	160
961	6	180	996	35	145
428	4	270	694	266	4
666	4	270	694	28	342
543	4	270	694	151	119
975	6	180	996	21	159
866	6	180	996	130	30
239	1	252	252	13	239
722	5	122	816	94	28
330	3	98	424	94	4
286	2	74	326	30	44
582	4	270	694	112	158
872	6	180	996	124	36
134	1	252	252	118	134
403	3	98	424	21	77
393	3	98	424	31	67
137	1	252	252	115	137
437	4	270	694	257	13
414	3	98	424	10	86
398	3	98	424	26	72
993	6	180	996	1	179
657	4	270	694	37	233
875	6	180	996	121	59
399	3	98	424	25	73
703	5	122	816	113	9

*Curso: Planeación y  
operación de Sistemas de  
información en  
Empresas de Agua.*

*Tema: Pronostico de  
demanda.*

*M.I. Leonel H. Ochoa A.*

## PRONOSTICO DE LA DEMANDA DE AGUA

### Introducción

Nunca se insistirá bastante en la importancia de calcular minuciosamente la demanda de agua en los proyectos de abastecimiento. Todo el plan de instalaciones del programa de que se trate depende de los pronósticos de la demanda, y en éstos se basan también las proyecciones financieras. Estas últimas, a su vez, influyen en el tamaño y en el calendario de las obras, ya que la venta de agua es el principal determinante de los ingresos internos del numerario. A todas luces, es superfluo decir que los pronósticos de la demanda marcan el ritmo de los planes de inversión y las operaciones generales.

Pese a la importancia de establecer proyecciones de la demanda que se ajusten a la realidad, los planificadores del abastecimiento de agua hacen poco por mejorar los métodos de pronóstico. En lugar de estudiar los determinantes de la demanda de agua, procuran más bien establecer proyectos con antelación para atender futuras necesidades. Durante muchos años se han utilizado procedimientos demasiado sencillos para calcular la futura demanda de agua en zonas urbanas; esos procedimientos consisten en multiplicar la población prevista por el consumo actual o futuro per cápita. Ese método pasa por alto, entre otras cosas, la relación entre el consumo per cápita y el precio del agua, que es preciso tener en cuenta puesto que las traídas futuras serán invariablemente más onerosas que las actuales. El sistema también ha conducido frecuentemente a la premisa errónea de que el suministro suplementario cuesta menos que la implantación de medida de economía.

En los países en desarrollo, hasta hace poco el abastecimiento de agua era de la competencia primordial de los municipios, proviniendo de las cajas del Estado la mayor parte del capital y los fondos necesarios para sufragar los gastos de operación. Al no haber pronósticos adecuados de la demanda, esos servicios municipales han construido a veces instalaciones excesivas que luego llegaron a constituir una carga para la comunidad. A ese cuadro hay que añadir una gestión deficiente que ha hecho depender a esos servicios de la asistencia financiera del Estado, con la consecuencia de que la política de explotación venía dictada por éste. En el sector de abastecimiento de agua es tan rara la eficiencia económica que a menudo en muchos países en desarrollo se encuentran algunas ciudades con enormes instalaciones que no se usan, mientras que otras ciudades padecen una grave penuria de agua. Honradamente hay que decir que casi ninguna entidad nacional o municipal de agua facilita incentivos para una planificación eficiente de las inversiones, y que al mismo tiempo se imponen sanciones por los errores cometidos, así como también por no satisfacer la demanda.

Las políticas financieras mal orientadas dan la impresión errónea de que el agua es prácticamente gratuita y de que no es preciso hacer de

ella un uso económico. En consecuencia, casi nunca se obliga a los planificadores de inversiones a hacer un uso óptimo de los sistemas existentes, partiendo quizá inconscientemente del supuesto de que los gobiernos respectivos tienen la obligación de suministrar agua a las zonas urbanas. Ese mismo concepto está también muy extendido en los países desarrollados. La tendencia a pensar en términos de abastecimiento adicional va unida a la escasez de datos fidedignos sobre el consumo, lo que en muchos casos tiene por consecuencia el establecimiento de proyectos prematuros y demasiado grandes.

#### Consecuencia de las proyecciones inexactas de la demanda

La determinación de la escala de los proyectos de ampliación, así como también del momento en que se los ha de realizar, depende de las proyecciones de la demanda, que indicarán si dicha ampliación es o no prematura. Cuando es evidente la existencia de una demanda sin atender, el riesgo y los costos son pequeños, puesto que el incremento de la capacidad es necesario inmediatamente. La importancia de la ampliación que se proponga dependerá también del tipo de descuento y de las economías en escala que permitan las instalaciones.

La determinación del aumento de la capacidad a base de pronósticos erróneos de la demanda acarrea dos tipos de costos. Por ejemplo, si en el pronóstico de la demanda hay un error de tres años, el primer costo, es decir el correspondiente a una inversión prematura por mal cálculo del tiempo, es importante y representa hasta alrededor del 25% de la inversión<sup>1/</sup>. El segundo, correspondiente a una escala inadecuada y al establecimiento de planos para períodos demasiado largos, es menos importante, ya que las funciones del costo en las obras de abastecimiento de agua son bastante planas. El análisis de las inversiones con un factor de economía en escala de 0,65 y un tipo de descuento del 10% indica que el costo suplementario de planificar para un período de once años cuando el óptimo sería, por ejemplo, de 8, es sólo del 2%. La inversión prematura es, por tanto, bastante más costosa que la construcción para un período algo excesivo. En consecuencia, en lo que se refiere al pronóstico de la demanda, cabe decir que es bastante más importante el establecer proyecciones de ésta a corto plazo que a largo plazo.

Por el lado financiero, la sobrestimación de la demanda a corto plazo afecta a los servicios de dos maneras: en primer lugar, éstos producirán menos numerario para contribuir a las inversiones, ya que la venta de agua no se ajusta a lo previsto; en segundo lugar, el servicio llevará la carga de un programa de ampliación que, en realidad, no se

<sup>1/</sup> Para el ejemplo se ha utilizado un tipo de descuento del 10%, suponiendo que la inversión se hace en el año 0 en lugar de en el año 3, como sería lo correcto. El costo se expresa en ese caso por la diferencia entre los factores actuales de valor, es decir, 1,00-0,75.

necesitará durante años. A veces se ha aconsejado el uso de dos proyecciones de la demanda, una moderada que refleje la situación financiera del servicio, y otra con un aumento más rápido de la demanda para programar y calcular las inversiones. Ahora bien, esta práctica no evita el riesgo de inversiones prematuras y excesivas, sino que simplemente oculta la evidente importancia de hacer proyecciones exactas de la demanda.

Aunque es preciso destacar que los planificadores no deben calcular las inversiones por lo alto si no existe un déficit en la prestación de servicios, también hay que reconocer que a menudo les resulta difícil resistir a la presión del público, que prefiere planes para períodos largos e inversiones con un margen de seguridad. En todo caso, se debe anunciar explícitamente el costo de esos márgenes de seguridad, requisito éste que es esencial cuando se proyectan inversiones cuantiosas. En esos casos, quizá resulte más económico empezar con un programa pequeño, aunque sus costos puedan parecer relativamente elevados, antes de proceder a las obras importantes y costosas de ampliación de la capacidad. Ello es particularmente recomendable cuando no se conoce todavía la repercusión que puede tener sobre el consumo un programa de instalación de contadores y un fuerte aumento de las tarifas.

Es evidente que los proyectos no se pueden realizar con buen éxito cuando están basados en proyecciones financieras que no se ajustan a la realidad. La decisión sobre si debe ampliarse o no el sistema de abastecimiento de agua para una ciudad debe basarse en un análisis minucioso de la demanda futura y en políticas de precios óptimos para promover un uso económico del agua. A pesar de ello, ha habido veces en que los proyectos se han aprobado y ejecutado sin pronosticar explícitamente la demanda y sin analizar sus determinantes.

Es típica y frecuente la falta de un pronóstico continuo de la demanda de agua, y también ocurre que faltan o son poco fidedignos los datos sobre consumo y producción necesarios para establecer pronósticos exactos. En muchos países en desarrollo no hay contadores de agua y sólo se dispone de estimaciones aproximadas del consumo. En consecuencia, el pronóstico de la demanda se orienta a menudo hacia la producción, siendo así que debería hacerlo hacia el consumo. Los beneficios de la ampliación del abastecimiento urbano sólo serán óptimos si los planificadores de la inversión adoptan un criterio comercial basado en el consumidor y en la necesidad de proporcionar un suministro seguro de agua salubre, del que ha de hacerse un uso económico. Ese criterio debe centrarse en el consumidor, en el estudio de su acceso a los servicios de agua y de la medida en que querrá o podrá pagar por los diferentes niveles de servicio. Después de calcular la demanda a esos niveles, el planificador habrá de idear un sistema que satisfaga la demanda prevista de los consumidores. La meta debe ser atender al 100% de la población. Actualmente ocurre con frecuencia excesiva que los planificadores ponen el carro delante de los bueyes y se preocupan sobre todo de una producción

técnicamente más perfecta y de las obras de conducción, lo que redundaría en detrimento de la distribución. Así, se da el caso frecuente de ciudades en que hay un exceso de capacidad de producción y, al mismo tiempo, sólo una parte de los habitantes disponen de servicios públicos de agua. Esos casos revelan una mala asignación de las inversiones.

#### Demanda urbana de agua: Clases y determinantes

El consumo se clasifica ordinariamente según el tipo de actividad a que se destina el agua. así, el suministro puede ser doméstico, comercial e industrial y público (a escuelas, hospitales, centros oficiales y parques). En algunos países en desarrollo, el agua suministrada a hoteles e instalaciones de turismo se registra por separado como "consumo turístico". La clasificación se hace con objeto de establecer diferentes tarifas según los usuarios. A veces es difícil determinar a qué categoría corresponde un usuario, y las tarifas pueden variar considerablemente.

En general, el consumo de agua se expresa en volumen medio (litros, galones) por habitante al día. En los cuadros que siguen se indica el consumo medio para ciudades de diversa importancia en una serie de países.



## Niveles representativos de la demanda media

Continent Country Town	Population of Town on 31.12.69 (thousand)	Water Consumption from Municipal water supply in 1969 l.c.d.		Maximum Demand as a Percentage of Average Demand
		Average	Maximum	
<b>AFRICA</b>				
<u>Republic of South Africa</u>				
Cape Town	640	270	370	136%
<b>NORTH AMERICA</b>				
<u>Canada</u>				
Calgary	320	670	1,200	179%
Edmonton	430	370	700	189%
Hamilton	290	930	1,240	133%
London Ontario	210	420	740	177%
Montreal	1,460	650	910	141%
Ottawa	380	360	690	190%
Toronto (munic. agglom.)	2,050	600	1,010	170%
Vancouver	1,000	500	1,090	327%
<u>U.S.A.</u>				
Boston	620	840	950	113%
Cincinnati	500	530	740	140%
Cleveland	810	700	1,100	157%
Dallas	910	340	450	133%
Detroit	1,570	640	950	150%
Philadelphia	2,030	710	930	131%
Grand Rapids (Mich.)	210	580	1,370	235%
Houston	1,210	500	710	142%
Indianapolis	680	500	700	140%
Kansas City	170	690	900	131%
Los Angeles	2,960	620	980	159%
Minneapolis	450	380	940	247%
Pittsburgh	600	500	600	120%
Portland, Oregon	380	460	960	310%
St. Louis	690	1,080	1,350	125%
<b>SOUTH AMERICA</b>				
<u>Brazil</u>				
Rio de Janeiro	4,500	300	600	200%
<b>ASIA</b>				
<u>Japan</u>				
Tokyo	8,980	470	560	118%
Yokohama	3,170	300	370	125%
<u>Turkey</u>				
Ankara	1,000	180	220	122%
Izmir	580	120	130	113%
<b>EUROPE</b>				
<u>Austria</u>				
Graz	250	210	240	113%
Salzburg	120	290	410	141%
Vienna	1,650	320	420	131%
<u>Belgium</u>				
Antwerp	230	170	210	113%
Brussels	1,280	140	160	114%
Ghent	150	100	300	300%
Liege	150	250	270	105%
<u>Bulgaria</u>				
Sofia	850	530	660	124%

Country Year	Production of Steam in 11.11.59 (thousand)	Water Consumption from municipal water supply in 1959 U.S.G.		Percentage Demand as Percentage of average demand
		Actual	Normal	
<b>The Netherlands</b>				
Amsterdam	370	390	380	134%
Rotterdam	120	80	130	154%
Utrecht	190	170	200	167%
Haarlem	170	170	180	160%
The Hague	150	120	170	130%
Groningen	170	130	170	166%
Eindhoven	160	200	400	250%
Tilburg	150	300	300	200%
Delft	100	150	200	200%
<b>Principality of Monaco</b>				
Monaco	20	500	700	350%
<b>Denmark</b>				
<b>Copenhagen</b>				
Copenhagen	310	300	300	100%
Århus	410	150	200	132%
Bornholm	100	100	120	120%
Odense	1,470	200	200	162%
Aalborg	520	220	220	165%
Ålborg	300	200	200	150%
Ålborg	1,120	270	200	160%
Ålborg	400	220	200	160%
Ålborg	620	220	200	151%
Ålborg	120	150	100	200%
<b>West Berlin</b>				
Berlin West	1,120	220	410	180%
<b>Germany</b>				
<b>Bonn</b>				
Bonn	600	610	700	180%
<b>France</b>				
<b>Paris</b>				
Paris	160	220	200	160%
Paris	170	100	100	120%
Paris	150	150	220	180%
Paris	150	420	420	280%
Paris	270	220	270	225%
Paris	170	100	200	190%
Paris	300	120	100	300%
Paris	500	170	220	220%
Paris	300	220	100	300%
Paris	700	300	220	310%
Paris	600	270	200	300%
Paris	100	200	220	180%
Paris	100	120	120	120%
Paris	100	170	200	150%
Paris	300	200	200	150%
Paris	120	220	200	180%
Paris	120	200	270	225%
Paris	1,200	200	270	120%
Paris	220	120	270	120%
Paris	200	120	100	200%
<b>Italy</b>				
<b>Rome</b>				
Rome	800	220	220	160%
Rome	700	80	100	170%
<b>Poland</b>				
<b>Warsaw</b>				
Warsaw	210	600	600	160%
Warsaw	170	400	500	290%
Warsaw	100	470	720	250%
Warsaw	420	420	600	143%
<b>Sweden</b>				
<b>Stockholm</b>				
Stockholm	600	410	410	150%
Stockholm	200	200	400	200%
Stockholm	700	420	410	170%
<b>Switzerland</b>				
<b>Zurich</b>				
Zurich	1,000	120	400	330%
Zurich	170	170	200	160%
<b>Great Britain</b>				
<b>Birmingham</b>				
Birmingham	1,270	270	310	210%
Birmingham	900	420	600	290%
Birmingham	310	220	200	150%
Birmingham	6,000	220	190	120%
Birmingham	500	220	200	200%
Birmingham	210	220	200	150%
<b>Spain</b>				
<b>Madrid</b>				
Madrid	80	200	100	200%
Madrid	200	200	120	160%
Madrid	100	100	200	200%
Madrid	1,200	220	200	160%
Madrid	220	220	42	120%
Madrid	100	200	200	160%
Madrid	70	100	100	120%
Madrid	1,420	400	120	121%
<b>U.S.S.R.</b>				
<b>Leningrad</b>				
Leningrad	1,000	220	410	210%
Leningrad	170	170	-	N.A.
Leningrad	300	220	200	160%
Leningrad	200	220	220	180%
<b>Central America</b>				
<b>Guatemala</b>				
Guatemala	270	100	420	220%
Guatemala	100	270	600	120%
Guatemala	1,100	220	200	180%
<b>Japan</b>				
<b>Osaka</b>				
Osaka	110	220	420	220%
Osaka	600	270	210	150%
<b>Belgium</b>				
<b>Brussels</b>				
Brussels	270	120	400	160%
Brussels	100	120	200	130%
Brussels	120	200	420	130%
Brussels	100	420	470	115%
Brussels	120	220	220	150%
Brussels	200	200	420	110%
Brussels	120	270	400	180%
Brussels	200	200	600	180%
Brussels	1,200	220	600	125%
Brussels	100	200	200	120%
Brussels	100	200	200	120%
Brussels	220	200	200	110%

Continent Country Town	Population of Town as 31.12.69 (thousands)	Water Consumption from Municipal water supply in 1969 l.o.d.		Maximum Demand as a Percentage of Average Demand
		Average	Maximum	
<u>Europe/continental</u>				
<u>Finland</u>				
Helsinki, 1974	500	430	540	125%
Turku, 1974	160	410	570	140%
Tampere, 1974	170	340	510	150%
<u>Greece</u>				
Athens 2,100	160	210	130%	
<u>Ireland</u>				
Dublin 600	240	260	106%	
<u>Yugoslavia</u>				
Belgrade	810	330	420	127%
<u>Spain</u>				
Barcelona	1,740	240	300	126%
Madrid	3,100	330	430	130%
Seville	620	300	420	130%
Toledo	400	590	860	146%
Valecia	600	200	250	105%
Valladolid	220	270	320	116%
<u>Africa</u>				
<u>Ethiopia, Addis Ababa, 1975</u>				
	1,100	35	40	114%
<u>Malawi, Blantyre, 1975</u>				
	210	160	240	150%
<u>Somalia, Mogadishu, 1975</u>				
	440	13	63	190%
<u>Kenya, Nairobi, 1975</u>				
	700	105	118	113%
<u>Asia</u>				
<u>Singapore, 1976</u>				
	E.A.	130	E.A.	E.A.
<u>Singapore, domestic, 1976</u>				
	E.A.	60	E.A.	E.A.
<u>Malaysia, K.L., 1976</u>				
	E.A.	360	E.A.	E.A.
<u>K.L., domestic, 1976</u>				
	E.A.	220	E.A.	E.A.
<u>Thailand, Bangkok, 1975</u>				
	E.A.	580	E.A.	E.A.
<u>Jordan, Amman, 1969</u>				
	480	34	E.A.	E.A.
<u>Philippines 1975</u>				
<u>Manila</u>				
	E.A.	320	E.A.	E.A.
<u>Cebu</u>				
	E.A.	260	E.A.	E.A.
<u>Lipa</u>				
	E.A.	220	E.A.	E.A.
<u>Lucena</u>				
	E.A.	390	E.A.	E.A.
<u>San Fernando</u>				
	E.A.	520	E.A.	E.A.
<u>Tarlac</u>				
	E.A.	360	E.A.	E.A.
<u>Pakistan, Lahore</u>				
	E.A.	300	E.A.	E.A.
<u>Nepal, Kathmandu</u>				
	E.A.	130	160	123%
<u>South America</u>				
<u>Brazil, Sao Paulo, 1969</u>				
	E.A.	210	E.A.	E.A.
<u>Bolivia, 1969</u>				
<u>Potosi</u>				
	65	270	340	125%
<u>Sucre</u>				
	50	300	380	125%
<u>Ecuador, Guayaquil, 1976</u>				
	1,060	300	E.A.	E.A.
<u>Nicaragua, Managua, 1976</u>				
	480	250	E.A.	E.A.
<u>Mexico</u>				
<u>Mexico City</u>				
	8,020	360	E.A.	E.A.
<u>Coahuila, Victoria</u>				
	100	380	E.A.	E.A.
<u>Jalisco</u>				
	160	430	E.A.	E.A.
<u>Mexico, 1973</u>				
	300	400	E.A.	E.A.
<u>Jamaica, Kingston</u>				
	600	310	E.A.	E.A.
<u>Panamá, Panama and Colon</u>				
	1,000	370	E.A.	E.A.
<u>Colombia</u>				
<u>Bogota, 1976</u>				
	3,700	210	E.A.	E.A.
<u>Chil, 1973</u>				
	1,100	260	E.A.	E.A.
<u>Palmira, 1973</u>				
	140	140	E.A.	E.A.
<u>Tuluá, 1973</u>				
	90	140	E.A.	E.A.
<u>Perseira, 1973</u>				
	210	160	E.A.	E.A.
<u>Meiva, 1973</u>				
	120	210	E.A.	E.A.
<u>Marizales, 1973</u>				
	200	200	E.A.	E.A.
<u>Armenia, 1973</u>				
	160	190	E.A.	E.A.

Como puede observarse, el consumo medio per cápita varía mucho de un lugar a otro. Ello se debe probablemente en parte al uso de distintas definiciones de consumo medio, aunque hay que tener también en cuenta que el consumo doméstico depende, entre otras cosas, del nivel de vida, el clima, el costo del agua, la existencia o inexistencia de contadores, la calidad del agua y la disponibilidad de alcantarillado. En el consumo comercial e industrial parece influir primordialmente el costo y la calidad del agua, la posibilidad de disponer de otras fuentes de abastecimiento, y el tipo de industria. A medida que aumenta el costo del suministro municipal, las industrias reducirán probablemente su consumo de esa fuente y recurrirán a sistemas privados o a implantación de medidas tales como reutilización de agua enfriada, uso de sistemas de ventilación para enfriamiento o empleo de agua de peor calidad.

Hay una parte del agua producida que se pierde, en el sentido de que su consumo no queda registrado en ninguna parte. Esa cantidad se puede expresar como volumen medio per cápita o como porcentaje de la producción total. El término agua perdida puede significar cosas diferentes. Por un lado, se considera como tal la diferencia entre la producción medida y el consumo medido. Un segundo sentido, que puede inducir a errores, equipara el agua perdida con las fugas en el sistema de distribución. Lo más frecuente es aplicar ese término a la cantidad de agua no consumida por conexiones domiciliarias, independientemente de que se disponga de medidores o no. En ese sentido, comprende las fugas, el consumo de fuentes públicas, el consumo por conexiones clandestinas, etc. Este empleo del término se aproxima a otro más que equipara el agua perdida con la que no produce directamente ingresos. Esta acepción puede ser útil para el establecimiento de proyecciones financieras pero no conviene usarla para pronósticos de la demanda. Por el contrario, para estos pronósticos, la expresión "agua perdida" se debe entender como la parte de agua producida que no se puede medir fácilmente con medidores.

Sea cual fuere la definición empleada, es esencial comprender que en la mayor parte de los casos el agua perdida es objeto de consumo pero no queda registrada por concepto de venta de agua. Por consiguiente, en general cuesta aumentar mucho el suministro reduciendo el porcentaje de agua perdida. Lo típico es que una campaña para controlar el agua de como resultado un rápido aumento de la venta a corto plazo. Esta mejora del control administrativo del consumo de agua se traduce a menudo en un uso más económico, lo que hace bajar la demanda y permite disponer de las cantidades recuperadas para abastecer a otros consumidores.

La imprecisión terminológica es también frecuente en lo que se refiere a consumo y abastecimiento. A veces se afirma, por ejemplo, que el consumo medio de una ciudad es 300 l/pc/d, lo que significa en realidad el abastecimiento medio, incluyendo las pérdidas en la distribución. Para evitar ambigüedades, debe indicarse explícitamente que la producción de agua equivale al agua contada que sale de las instalaciones de

tratamiento. La imprecisión terminológica es frecuente en lo que se refiere a los niveles de servicio. En toda estimación de la población servida debe siempre distinguirse entre consumidores con agua a domicilio y consumidores que utilizan fuentes públicas. Ello no siempre se hace, lo que produce una gran confusión y puede a veces arrojar cifras exageradas de la población no servida.

#### Influencia del cambio de las tarifas sobre la demanda

Con pocas excepciones notables, al pronosticar la demanda futura no se tienen en cuenta los cambios en el nivel o en la estructura de las tarifas. Implícitamente, los planificadores suponen que la demanda de agua es totalmente inelástica por lo que respecta a precio, es decir la cantidad de agua consumida no variará aunque lo hagan los precios. Sin embargo, es indudable que el consumo de agua aumenta cuando baja el precio y disminuye cuando éste sube. Pecando un tanto de falta de lógica, incluso los que aseguran que la demanda de agua es inelástica para los precios están en cambio de acuerdo en que dicha demanda es elástica para los ingresos, es decir, que cuando mayores son los ingresos del consumidor, más agua solicita.

Una razón de que no se tenga en cuenta la elasticidad de la demanda de agua es que la elasticidad positiva para los ingresos y la elasticidad negativa para los precios se anulan mutuamente. Dado el aumento de los ingresos y el poco interés que demuestran muchos servicios del mundo en cubrir gastos mediante imposición de tarifas, raras veces se procede a comprobaciones de la elasticidad negativa para precios. El problema se complica más aún por la frecuente falta de un control adecuado mediante medidores. Además, no se suele distinguir entre consumo por tráfida individual y consumo total. El primero es importante para estimar la elasticidad, mientras que el segundo puede con toda probabilidad aumentar a causa del simple crecimiento demográfico. La elasticidad de la demanda se debe tener en cuenta particularmente en los proyectos que comprenden la instalación o la mejora sistemática del sistema de medidores, el aumento considerable de las tarifas para cubrir gastos en lo posible y la reforma del sistema tarifario para aumentar la productividad.

La sensibilidad de la demanda de agua a los precios se ha demostrado en una serie de estudios practicados en distintas partes del mundo. En el cuadro que sigue se indican los principales resultados de dichos estudios.

DATOS DEMOSTRATIVOS DE LA ELASTICIDAD DE LA DEMANDA  
DE AGUA A LOS PRECIOS Y LOS INGRESOS

TABLE OF PRICE AND INCOME ELASTICITIES OF WATER DEMAND

	<u>Calculated</u> <u>Average Elasticity</u>	<u>Deficit</u> <u>Changes</u> <u>in Current Prices</u>	<u>Average Monthly</u> <u>Consumption per</u> <u>Connection</u>	<u>No. of</u> <u>Connections</u>	<u>Comments</u>
<u>Price Elasticity</u>					
Bogota, Colombia 1972/73	-0.44	45	900	770,000	Carefully metered system with good water supply. Elasticity estimates of time series analysis applied.
Bogota, Colombia 1974/75	-0.12	135	800	370,000	None
Cartagena, Colombia 1973/75	-0.33	955	900	25,000	None reliability rather poor. Water service reduced in parts though. Elasticity estimates in short-run.
Medellin, Colombia 1972/73	-0.48	805	600	20,000	None reliability poor. Incentive to conservation appears to be long-run.
Medellin, Colombia 1974/75	-0.16	815	600	25,000	None
Medellin, Colombia 1975	-0.17	S.A.	S.A.	150,000	None
61 Selected U.S. Study Areas, 1968	-0.33	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
Toronto, Canada 1972	-0.92	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
13 Communities, Georgia, U.S.A., 1967	-0.67	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
Youngstown, Ohio	-0.15	S.A.	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
43 Systems in Fla., U.S.A., 1968	-0.77	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
One Standard Metropolitan Area, U.S.A.	-0.61	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
25 Cities in Africa, Asia and Latin America	-0.43	S.A.	S.A.	S.A.	Poor data reliability. Cross-sectional analysis implying long-run elasticity.
Ann Arbor, U.S.A.	-0.22	415	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
Ann Arbor, U.S.A.	-0.13	465	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
Kansas City, Mo., U.S.A.	-0.25	505	S.A.	S.A.	None
New Orleans, La., U.S.A.	-0.09	725	S.A.	S.A.	None
Average Cross-Sectional Short-Run Elasticity	-0.3				
Average Cross-Sectional Long-Run Elasticity	-0.6				

Ha de advertirse que algunos de los estudios mencionados en el cuadro adolecen de defectos en cuanto a datos y metodología, lo que menoscaba su validez. Sin embargo, las elasticidades señaladas para precios van de  $-0,1$  a  $-0,9$  a corto plazo, siendo el promedio no ponderado de  $-0,3$ . Ello significa que por cada aumento tarifario del 100% cabe esperar que el consumo baje en alrededor de un 30%.

La baja relativa inmediata del consumo per cápita dividida por el aumento tarifario relativo, o la elasticidad a corto plazo, es importante para determinar la buena distribución cronológica de los gastos de capital. Basándose en el efecto de las tarifas, los principales desembolsos se pueden aplazar o reducir, recurriendo para ello a subidas de tarifas que reduzcan el consumo. Las economías que ello permite pueden ser importantes.

Supongamos, por ejemplo, que la demanda aumenta a un 6% anual aproximadamente y que se introduce un aumento de tarifas del 100% en breve plazo, antes de proceder a una ampliación importante de la capacidad. Aplicando una elasticidad moderada de precios a corto plazo de  $-0,2$ , es de suponer que la demanda baje en un 20%. Ello permitirá al planificador aplazar la ampliación de la capacidad en más de tres años. Suponiendo que la inversión sea de US\$40 millones, las economías aproximadas serían de US\$10 millones, según la diferencia en valores actuales aun tipo de descuento del 10%. La demanda varía no sólo según el nivel medio de importe de las tarifas sino también según la progresividad de éstas y el nivel de exceso del consumo. A partir de distintas estructuras tarifarias puede obtenerse la misma tarifa media.

De mayor interés para la política de inversiones a largo plazo es la reacción que acuse y mantenga el público a la subida de las tarifas de agua. Aparte de reducir algo el consumo de la traída individual a domicilio, las principales economías de la población corresponderán al consumo para usos exteriores tales como riego, lavado de automóviles, etc., y a la reparación de los grifos. En los Estados Unidos, algunos estudios de la elasticidad a largo plazo de la demanda de agua, es decir, el reajuste permanente a tarifas más elevadas, parecen indicar que dicha elasticidad puede ser de alrededor de  $-0,6$ , o sea, más elevada que la elasticidad a corto plazo. También en este caso hay que advertir que la imperfección de los datos y de los métodos aconseja no hacer un uso indiscriminado de los valores de elasticidad, y que los valores citados de elasticidad a largo plazo indican sólo el orden de magnitud. Los resultados de esos estudios también parecen indicar que la demanda de agua es mucho más elástica en climas húmedos que en climas secos. Otro estudio de la demanda de agua en 38 ciudades de países en desarrollo indica una elasticidad de precios a largo plazo equivalente a  $-0,4$ . Sin embargo, este último estudio se basa en datos poco fidedignos, lo que resta valor a los resultados.

## Influencia de las diferencias de ingresos sobre la demanda

La mayor parte de los estudios sobre la elasticidad de la demanda de agua a los precios han revelado que, a corto plazo, dicha elasticidad es más pronunciada en los grupos de ingresos más altos. Ello responde perfectamente al concepto económico de una curva de demanda descendente en la que las primeras unidades consumidas entrañan beneficios marginales muy elevados, que luego se reducen relativamente de prisa a medida que aumenta el consumo. Dos estudios realizados en Bogotá y en Cartagena (Colombia) indicaron que la demanda en los grupos de población de menores ingresos pasaba en muchos casos a ser totalmente inelástica para precios después de varios aumentos de tarifas. Cabría suponer que esos grupos de población habían economizado ya en el consumo de agua hasta tal punto que los aumentos de tarifas ulteriores no acarrearían ninguna baja de éste. Ello demuestra que es prudente adoptar una estructura de tarifas progresivas para ayudar a los económicamente desfavorecidos, de manera que dispongan de un suministro de agua a precio inferior al costo marginal, penalizando al mismo tiempo a los consumidores importantes con tarifas mucho más elevadas que les induzcan a economizar agua.

Se ha afirmado que los consumidores no reaccionan al precio del agua hasta que el importe de la factura representa una determinada parte de sus ingresos. Esa afirmación no queda corroborada por los estudios mencionados anteriormente, según los cuales el consumidor parece reaccionar a un fuerte aumento de la factura de agua cuando está obligado a pagar por ella. Ha de destacarse que los coeficientes de elasticidad por ingresos que se mencionan en las publicaciones no son muy fidedignos, ya que, como es sabido, los datos sobre ingresos son difíciles de calcular. Para dar una idea del aumento relativo del consumo de agua dividido por el aumento relativo de los ingresos, es decir, la elasticidad de la demanda de agua según los ingresos, se hace referencia a los cuatro estudios siguientes:

<u>Elasticidad de la demanda de agua según los ingresos</u>	<u>Elasticidad calculada</u>	<u>Observaciones</u>
38 ciudades de África, Asia y América Latina	+ 0,33	Datos poco fidedignos. Análisis interseccionales, revelador de una elasticidad a largo plazo.
Isla de Penang, Malasia	de 0 a + 0,4	Análisis interseccionales de 1.400 familias, revelador de elasticidad a largo plazo.
13 comunidades en Georgia (Estados Unidos)	+ 0,33	Análisis interseccionales, revelador de elasticidad a largo plazo.
Zonas escogidas de Estados Unidos	+ 0,32	Análisis interseccionales, revelador de elasticidad a largo plazo.
Promedio no ponderado de elasticidad a largo plazo por concepto de ingresos	+ 0,3	



tratamiento. La imprecisión terminológica es frecuente en lo que se refiere a los niveles de servicio. En toda estimación de la población servida debe siempre distinguirse entre consumidoras con agua a domicilio y consumidores que utilizan fuentes públicas. Ello no siempre se hace, lo que produce una gran confusión y puede a veces arrojar cifras exageradas de la población no servida.

#### Influencia del cambio de las tarifas sobre la demanda

Con pocas excepciones notables, al pronosticar la demanda futura no se tienen en cuenta los cambios en el nivel o en la estructura de las tarifas. Implícitamente, los planificadores suponen que la demanda de agua es totalmente inelástica por lo que respecta a precio, es decir la cantidad de agua consumida no variará aunque lo hagan los precios. Sin embargo, es indudable que el consumo de agua aumenta cuando baja el precio y disminuye cuando éste sube. Pecando un tanto de falta de lógica, incluso los que aseguran que la demanda de agua es inelástica para los precios están en cambio de acuerdo en que dicha demanda es elástica para los ingresos, es decir, que cuando mayores son los ingresos del consumidor, más agua solicita.

Una razón de que no se tenga en cuenta la elasticidad de la demanda de agua es que la elasticidad positiva para los ingresos y la elasticidad negativa para los precios de anulan mutuamente. Dado el aumento de los ingresos y el poco interés que demuestran muchos servicios del mundo en cubrir gastos mediante imposición de tarifas, raras veces se procede a comprobaciones de la elasticidad negativa para precios. El problema se complica más aún por la frecuente falta de un control adecuado mediante medidores. Además, no se suele distinguir entre consumo por traída individual y consumo total. El primero es importante para estimar la elasticidad, mientras que el segundo puede con toda probabilidad aumentar a causa del simple crecimiento demográfico. La elasticidad de la demanda se debe tener en cuenta particularmente en los proyectos que comprenden la instalación o la mejora sistemática del sistema de medidores, el aumento considerable de las tarifas para cubrir gastos en lo posible y la reforma del sistema tarifario para aumentar la productividad.

La sensibilidad de la demanda de agua a los precios se ha demostrado en una serie de estudios practicados en distintas partes del mundo. En el cuadro que sigue se indican los principales resultados de dichos estudios.

DAIOS DEMOSTRATIVOS DE LA ELASTICIDAD DE LA DEMANDA  
DE AGUA A LOS PRECIOS Y LOS INGRESOS

TABLE 1. PRICE AND INCOME ELASTICITIES OF WATER DEMAND

	<u>Calculated</u> <u>Average Elasticity</u>	<u>Direct Increase</u> <u>in Current Prices</u>	<u>Average Annual</u> <u>Consumption per</u> <u>Connection</u>	<u>No. of</u> <u>Connections</u>	<u>Comments</u>
<b>Price Elasticity</b>					
Bogota, Colombia 1972/73	-0.44	55	300]	270,000	Overally unimproved system with good water supply. Elasticity estimates on time series analysis available.
Bogota, Colombia 1974/75	-0.12	135	300]	370,000	None
Cartagena, Colombia 1973/74	-0.33	253	300]	25,000	20% reliability water pump. Water service restricted in parts though. Elasticity calculated on short-run.
Medellin, Colombia 1972/73	-0.66	805	400]	24,000	20% reliability pump. Reduction in consumption appears to be long-run.
Medellin, Colombia 1974/75	-0.18	415	400]	25,000	None
Manizales, Colombia 1973	-0.17	S.A.	S.A.	150,000	None
*) Selected U.S. Study Areas, 1966	-0.23	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
Turkey, Census 1972	-0.13	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
*) Committee, CONFERIA, S.S.A., 1967	-0.67	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
Fanning Island, WILSON	-0.15	S.A.	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
*) System in Spain, S.S.A., 1966	-0.17	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
One Thousand Metropolitan Areas, S.S.A.	-0.61	S.A.	S.A.	S.A.	Cross-sectional study implying long-run elasticity.
20 Cities in Africa, Asia and Latin America	-0.43	S.A.	S.A.	S.A.	Four data reliability. Cross-sectional analysis implying long-run elasticity.
Dem. Republic, S.S.A.	-0.22	45	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
Dem. Republic, S.S.A.	-0.13	85	S.A.	S.A.	Time-series analysis implying short-run elasticity.
London City, W., S.S.A.	-0.25	308	S.A.	S.A.	None
New Orleans, La. S.S.A.	-0.09	125	S.A.	S.A.	None
Average Cross-Section Short-Run Elasticity	-0.3				
Average Cross-Section Long-Run Elasticity	-0.6				

Ha de advertirse que algunos de los estudios mencionados en el cuadro adolecen de defectos en cuanto a datos y metodología, lo que menoscaba su validez. Sin embargo, las elasticidades señaladas para precios van de  $-0,1$  a  $-0,9$  a corto plazo, siendo el promedio no ponderado de  $-0,3$ . Ello significa que por cada aumento tarifario del 100% cabe esperar que el consumo baje en alrededor de un 30%.

La baja relativa inmediata del consumo per cápita dividida por el aumento tarifario relativo, o la elasticidad a corto plazo, es importante para determinar la buena distribución cronológica de los gastos de capital. Basándose en el efecto de las tarifas, los principales desembolsos se pueden aplazar o reducir, recurriendo para ello a subidas de tarifas que reduzcan el consumo. Las economías que ello permite pueden ser importantes.

Supongamos, por ejemplo, que la demanda aumenta a un 6% anual aproximadamente y que se introduce un aumento de tarifas del 100% en breve plazo, antes de proceder a una ampliación importante de la capacidad. Aplicando una elasticidad moderada de precios a corto plazo de  $-0,2$ , es de suponer que, la demanda baje en un 20%. Ello permitirá al planificador aplazar la ampliación de la capacidad en más de tres años. Suponiendo que la inversión sea de US\$40 millones, las economías aproximadas serían de US\$10 millones, según la diferencia en valores actuales aun tipo de descuento del 10%. La demanda varía no sólo según el nivel medio de importe de las tarifas sino también según la progresividad de éstas y el nivel de exceso del consumo. A partir de distintas estructuras tarifarias puede obtenerse la misma tarifa media.

De mayor interés para la política de inversiones a largo plazo es la reacción que acuse y mantenga el público a la subida de las tarifas de agua. Aparte de reducir algo el consumo de la tráfida individual a domicilio, las principales economías de la población corresponderán al consumo para usos exteriores tales como riego, lavado de automóviles, etc., y a la reparación de los grifos. En los Estados Unidos, algunos estudios de la elasticidad a largo plazo de la demanda de agua, es decir, el reajuste permanente a tarifas más elevadas, parecen indicar que dicha elasticidad puede ser de alrededor de  $-0,6$ , o sea, más elevada que la elasticidad a corto plazo. También en este caso hay que advertir que la imperfección de los datos y de los métodos aconseja no hacer un uso indiscriminado de los valores de elasticidad, y que los valores citados de elasticidad a largo plazo indican sólo el orden de magnitud. Los resultados de esos estudios también parecen indicar que la demanda de agua es mucho más elástica en climas húmedos que en climas secos. Otro estudio de la demanda de agua en 38 ciudades de países en desarrollo indica una elasticidad de precios a largo plazo equivalente a  $-0,4$ . Sin embargo, este último estudio se basa en datos poco fidedignos, lo que resta valor a los resultados.

## Influencia de las diferencias de ingresos sobre la demanda

La mayor parte de los estudios sobre la elasticidad de la demanda de agua a los precios han revelado que, a corto plazo, dicha elasticidad es más pronunciada en los grupos de ingresos más altos. Ello responde perfectamente al concepto económico de una curva de demanda descendente en la que las primeras unidades consumidas entrañan beneficios marginales muy elevados, que luego se reducen relativamente de prisa a medida que aumenta el consumo. Dos estudios realizados en Bogotá y en Cartagena (Colombia) indicaron que la demanda en los grupos de población de menores ingresos pasaba en muchos casos a ser totalmente inelástica para precios después de varios aumentos de tarifas. Cabría suponer que esos grupos de población habían economizado ya en el consumo de agua hasta tal punto que los aumentos de tarifas ulteriores no acarrearían ninguna baja de éste. Ello demuestra que es prudente adoptar una estructura de tarifas progresivas para ayudar a los económicamente desfavorecidos, de manera que dispongan de un suministro de agua a precio inferior al costo marginal, penalizando al mismo tiempo a los consumidores importantes con tarifas mucho más elevadas que les induzcan a economizar agua.

Se ha afirmado que los consumidores no reaccionan al precio del agua hasta que el importe de la factura representa una determinada parte de sus ingresos. Esa afirmación no queda corroborada por los estudios mencionados anteriormente, según los cuales el consumidor parece reaccionar a un fuerte aumento de la factura de agua cuando está obligado a pagar por ella. Ha de destacarse que los coeficientes de elasticidad por ingresos que se mencionan en las publicaciones no son muy fidedignos, ya que, como es sabido, los datos sobre ingresos son difíciles de calcular. Para dar una idea del aumento relativo del consumo de agua dividido por el aumento relativo de los ingresos, es decir, la elasticidad de la demanda de agua según los ingresos, se hace referencia a los cuatro estudios siguientes:

<u>Elasticidad de la demanda de agua según los ingresos</u>	<u>Elasticidad calculada</u>	<u>Observaciones</u>
38 ciudades de África, Asia y América Latina	+ 0,33	Datos poco fidedignos. Análisis intersectores, revelador de una elasticidad a largo plazo.
Isla de Penang, Malasia	de 0 a + 0,4	Análisis intersectores de 1.400 familias, revelador de elasticidad a largo plazo.
13 comunidades en Georgia (Estados Unidos)	+ 0,33	Análisis intersectores, revelador de elasticidad a largo plazo.
Zonas escogidas de Estados Unidos	+ 0,32	Análisis intersectores, revelador de elasticidad a largo plazo.
Promedio no ponderado de elasticidad a largo plazo por concepto de ingresos	+ 0,3	

Esos datos parecen indicar que la elasticidad de la demanda por concepto de ingresos es de alrededor de 0,3, aunque esta cifra quizá no se mantenga para intervalos grandes en lo que respecta a ingresos. Para determinar el momento óptimo de las inversiones es probable que la elasticidad por ingresos no importe mucho, ya que lo probable es que los cambios de ingresos per cápita sean pequeños para períodos de tiempo cortos.

### Efectos de la instalación de contadores

Cuando existen servicios de alcantarillado, sólo la instalación de medidores permite mantener el consumo de agua dentro de límites razonables. Se ha discutido mucho la necesidad de medidores. Algunos especialistas en planificación se han manifestado en contra de la instalación de medidores para sistemas en que la aportación de capital es baja y el suministro ilimitado; ahora bien, los que eso afirman no tienen en cuenta la necesidad de compensar el aumento de gastos por tratamiento de un volumen mayor de aguas residuales. Varios estudios han demostrado que la instalación de medidores puede reducir considerablemente el consumo de agua y, por ende, la producción de aguas residuales. Por ejemplo, un amplio estudio realizado en los Países Bajos en 1967 comprendió el análisis intersectorial de ciudades y pueblos con más de 50.000 habitantes, en los que se descubrió que el nivel de consumo per cápita era un 40% más bajo que en los lugares donde había medidores, pero que ese porcentaje no se mantenía cuando los medidores eran comunes, de modo que el consumidor no se sentía obligado individualmente a utilizar menos agua. La reducción del consumo en un 40% está perfectamente demostrada en los estudios que a continuación se indican:

### Efectos de la instalación de contadores sobre el consumo

- |                     |  |
|---------------------|--|
| Punjab, India, 1976 | La situación socioeconómica de las ciudades de Ludhiana y Jullundur es muy análoga. La producción media mensual, sin contar el 40% de agua perdida, resultó ser de 45 m <sup>3</sup> para Ludhiana, que dispone de un buen sistema de medidores, y de 69 m <sup>3</sup> para Jullundur, donde prácticamente no los hay. Cabe deducir, que la instalación generalizada de medidores en Jullundur permitiría una reducción del 33% en el consumo de agua por conexión. |
| Pueblo, Colorado    | Los usuarios con medidores a domicilio tenían un consumo de agua equivalente al 60% del de los usuarios de zonas donde no había medidores. Es de suponer que la instalación de éstos permitiría, por tanto, una reducción del 40% en el consumo de los usuarios sin medidores.   |
| Boulder, Colorado   | La instalación de medidores hizo bajar la demanda a domicilio en un 36%.   |

Lima, Perú	El consumo general bajó en un 30% cuando la instalación de medidores a domicilio pasó del 44% al 100% de los usuarios.
Bogotá, Colombia	El consumo general bajó en un 54% cuando se instalaron medidores para el 68% de los usuarios, en lugar del 8% anteriormente.
Cali, Colombia	El consumo general bajó en un 44% al instalar medidores para el 80% de las conexiones domiciliarias.
Honiara, Islas Salomón	El consumo general bajó en un 43% en el plazo de un año al instalarse medidores para el 100% de las conexiones domiciliarias.
Promedio de reducción del consumo tras la instalación de medidores	40%

El hecho de que la mayor parte del consumo se deba a un número relativamente pequeño de usuarios ha inducido a algunos servicios a instalar medidores para esos usuarios exclusivamente. Por ejemplo, en la ciudad de Panamá, el 3% de los usuarios consumen alrededor del 43% del total de agua distribuida; los pequeños usuarios representan más del 80% de todos los consumidores y utilizan más o menos el 18% del agua. En la ciudad de Túnez, alrededor del 2% de los usuarios consumen el 43% de agua distribuida; los pequeños usuarios, que representan el 85% del total, consumen sólo el 33%. En Bogotá, el 30% de los usuarios consumen el 70% del agua.

La distribución del consumo puede variar mucho de una ciudad a otra, según que los consumidores industriales estén o no conectados a la red. Aunque en general los efectos de la instalación de medidores compensaría el aumento de la inversión y de los gastos de operación correspondientes, antes de proceder a dicha instalación conviene hacer un análisis de la relación costo/beneficio. El costo de los medidores y de su lectura y mantenimiento ulterior se debe comparar con las economías que entraña la producción de menos agua y el aplazamiento de las obras de ampliación de instalaciones. Entre los beneficios se debe contar también la economía que supone el no tener que evacuar y tratar un volumen tan grande de aguas residuales.

Hay otros costos imponderables, correspondientes a los beneficios marginales que reporta la economía de agua al consumidor, pero probablemente quedan compensados por la importante información adicional que permite obtener un buen sistema de medidores. Es preciso estudiar periódicamente si se deben o no instalar medidores. Puede ocurrir que esté económicamente justificado antes de una ampliación importante de capital, y

que también esté justificado no instalar medidores a raíz de un programa amplio de inversiones, si son bajos los costos marginales de producción.

### Repercusión de las campañas educativas

A veces, los servicios públicos emprenden campañas de propaganda para inducir a la población a economizar agua o, en su caso, a consumir más agua. Esas campañas pueden ser muy eficaces. Con ocasión de una grave y persistente sequía registrada en California en 1976-1977, el Servicio de Agua de San Francisco lanzó una campaña para reducir el consumo, acompañada de imposición de sanciones a los infractores; en menos de un año, el consumo per cápita bajó en más de un 25%. Otra campaña análoga desarrollada en 1969 en Sao Paulo (Brasil) redujo el consumo diario per cápita desde 215 hasta 160 litros, es decir, en más de un 25%. Se han desarrollado también con buen éxito otras campañas de reducción del consumo con ocasión de sequías en Japón en 1972 y en Dublín en 1974. Esas cifras demuestran las posibilidades que encierran las campañas educativas para influir en el consumo de agua.

### Repercusión de otros factores

Algunos planificadores dan por supuesto que la eliminación del racionamiento de agua acarreará un aumento del consumo cuando se amplíen las instalaciones. En la ciudad de Palmira, Colombia, se observó, sin embargo, que la población de zonas donde el servicio de agua era intermitente consumían la misma cantidad que las poblaciones de zonas donde el servicio era continuo. La explicación es sencilla. Los consumidores de zonas donde el servicio es bueno pueden sacar agua a la hora del día que más les convenga, mientras que los de zonas donde hay racionamiento tienen que hacerlo sólo en ciertas horas de la noche para almacenarla. En consecuencia, la mejora del servicio entraña tan solo la supresión del inconveniente de tener que sacar agua a horas intempestivas, pero la cantidad consumida sigue siendo la misma. Se ha dicho incluso que en caso de racionamiento irregular del agua, la población racionada puede consumir más que las poblaciones que tienen un servicio continuo. Quizá la explicación sea que el usuario racionado almacena una gran cantidad de agua y luego la tira para renovarla cuando el servicio se reanuda.

Otros planificadores de abastecimiento de agua afirman asimismo que la presión elevada en el sistema de distribución acarrea un mayor consumo. No hay pruebas concluyentes en pro ni en contra de esa afirmación, aunque lógicamente una presión fuerte puede provocar fugas en el sistema de distribución y, de esta forma, hacer aumentar el consumo. Sin embargo, en Bogotá (Colombia) el aumento de la presión de distribución no produjo ningún aumento apreciable del consumo.

En los Países Bajos se han obtenido resultados análogos al estudiar la influencia de las variaciones de presión sobre el consumo. Teniendo

en cuenta las características geográficas de los Países Bajos, es probable que, para empezar, la presión sea más baja, lo que reduce las posibilidades de disminuirla.

Según un informe de Sudáfrica sobre experimentos realizados en Johannesburgo, se observó una relación bastante estrecha entre la presión y el consumo. En este caso se modificó la presión de suministro durante tres semanas sucesivas y se expresó gráficamente el consumo en forma de curvas. La demanda aumentaba o disminuía considerablemente con el consumo y mantenía la relación.

$$Q = kh^x$$

Q = corriente en m<sup>3</sup>/hora

k = constante dependiente de las características del orificio

h = presión al origen en metros

x = constante según las características individuales del orificio de salida.

La presión seguía esa curva y se observó que un aumento de presión del 60% ocasionaba otro del 30% en el consumo. Se realizó un ensayo consistente en limitar el riego de jardines a unas cuantas horas por la mañana y a última hora de la tarde. Ello permitió reducir en un 20% el consumo en las horas de demanda máxima. Reduciendo la presión en un 33% quizá se habría conseguido el mismo resultado.

En vista de los resultados contradictorios de los estudios de Colombia, Países Bajos y Sudáfrica, parece arriesgado pronosticar la manera en que las variaciones de presión influirán en la demanda.

#### MÉTODOS DE ESTABLECIMIENTO DE PRONOSTICOS EN TEORIA Y EN LA PRACTICA

La demanda de agua depende de factores tales como la importancia numérica de la población servida, el ingreso personal y su distribución, la educación, la densidad de la vivienda, el importe de las tarifas, la estructura tarifaria y la progresividad de las tarifas, el precio de la traída a domicilio, el porcentaje de control con contadores y la distribución por categorías de las conexiones individuales. Hay otras variables, que probablemente se pueden presumir constantes para una ciudad determinada, como son la demanda estacional; el tipo de precipitación pluvial, la disponibilidad de agua de otras fuentes y la clase de material de saneamiento. En esas circunstancias, el mejor método matemático es quizá una regresión múltiple no lineal.

Lo que puede ser ideal desde el punto de vista teórico quizá no constituye un método útil de proyección en la práctica. Los datos son a menudo tan poco fidedignos o incompletos que es dudoso que el método de regresión múltiple dé resultados significativos. Por el contrario, los métodos tienen que basarse en los principales factores determinantes de



la demanda y tratar de constituir una base informativa con las variantes principales.

En las siguientes paginas se examinan tres métodos. Dos de ellos, el de las necesidades y el de extrapolación, se utilizan ordinariamente. En vista de los fallos que presentan, se propone un tercer método explicativo que establece una relación entre la demanda y el programa de inversiones, particularmente el número de conexiones domiciliarias.

### I. Método de las necesidades

La demanda futura de agua en una comunidad se puede calcular multiplicando el consumo actual per cápita por el número de habitantes previsto en fechas específicas. Este método, que se ha venido utilizando desde hace muchos años para pronosticar el consumo de agua, es sencillo pero incompleto. Cabe hacerlo más exacto ajustando el consumo per cápita según los cambios previstos del uso de agua o haciendo proyecciones independientes para los distintos tipos de consumo. Muchos planificadores parten del supuesto de que el consumo de agua per cápita aumenta normalmente con el tiempo. Sin embargo, esta afirmación, que puede ser válida para Europa o los Estados Unidos, no es automáticamente para otros países.

Deben hacerse dos observaciones importantes respecto al método de las necesidades. En el mejor de los casos, sólo se puede aplicar con precisión en ciudades cuya población dispone ya de conexión domiciliaria. En segundo lugar, prescinde de los aspectos económicos del abastecimiento de agua a zonas que se da por supuesto que el uso del agua es independiente del precio. Ha de señalarse asimismo que como el planificador considera la futura como un volumen fijo de agua a suministrar, el análisis del sistema de agua se reduce simplemente a la determinación del suministro más costoso.

El método de las necesidades puede aplicarse en un buen éxito a ciudades de países en desarrollo si una parte de la población dispone de agua a domicilio. En esas ciudades las cifras del consumo corriente per cápita están alteradas porque dejan el uso parcial de agua por la población que no dispone de conexión directa a la red. Esa población se abastece en fuentes públicas o en casa de algún vecino y a medida que aumenta el porcentaje de la población con conexión a domicilio bajará el promedio de consumo por conexión que los nuevos usuarios aumentarán su consumo sólo de una manera marginal. Además, dado que los usuarios adicionales pertenecen a la categoría de bajo nivel de ingresos, que consume menos que los usuarios existentes, el consumo medio per cápita bajará aún más.

Un fallo importante del método de las necesidades es que las dos variables principales, el consumo per cápita y la población, son

difíciles de calcular en comunidades de países en desarrollo. A menudo, los datos del censo son sólo fragmentarios y, cuando existen, a veces son poco fidedignos y están inflados por razones políticas o alterados por el uso de técnicas de encuesta deficientes.

Los márgenes de error tanto para la población como para el nivel de servicio pueden ser considerables. Hay casos en que hasta la cuarta parte de la población calculada resulta inexistente cuando se hace un censo minucioso. Por lo que respecta al nivel del servicio, a veces los pronósticos de la demanda indican que habrá que servir a un 70% de la población mediante el sistema público, siendo así que el porcentaje real resulta ser luego del 95%. Esos ejemplos demuestran los riesgos de utilizar la población como variable en las proyecciones de la demanda. En lugar de la población, resulta más seguro basarse en el número de viviendas de la ciudad, multiplicado por el promedio de ocupantes que arrojen las oportunas encuestas. La población servida a domicilio puede venir dada por la relación entre el número de conexiones domiciliarias y el número total de casas construídas.

#### Pronósticos de la demanda de la población urbana desfavorecida

A falta de una solución mejor, el método de las necesidades parece apropiado para calcular el suministro de agua a la población urbana pobre mediante instalación de fuentes públicas. Estos sistemas de abastecimiento no suelen estar dotados de contadores y todo lo que el planificador tiene que hacer es calcular la población mediante un pequeño censo y luego aplicar un consumo medio por habitante al día, por ejemplo 20 litros. Esa satisfacción de las necesidades básicas se puede completar con campañas educativas entre las mujeres, que generalmente acarrean el agua, a fin de intensificar la presión pública para que se sustituya el sistema de fuentes por otro de conexiones individuales.

#### II. Método de extrapolación

Este método consiste simplemente en hacer proyecciones basadas en el consumo anterior para pronosticar la tendencia de la demanda futura, suponiendo que los factores determinantes de la demanda anterior seguirán surtiendo el mismo efecto. Generalmente, las proyecciones de la demanda anual se hacen por relación a la población servida. La proyección puede ser gráfica o matemática, por el método de cuadrados mínimos. En papel de escala semilogarítmica se expresa la población servida "x" en la escala aritmética y el uso de agua "y" en la escala logarítmica, lo que usualmente da una línea recta representada por la siguiente ecuación:

$$y = ae^{bx}$$

en la que "a" y "b" son constantes, y "e" es la base del logaritmo natural.

El método de extrapolación tiene también el inconveniente del carácter poco fidedigno de los datos sobre población y consumo de agua. Además, la principal crítica que puede formularse contra este método es que con él no se trata de entender por qué el consumo aumenta o disminuye. El método de extrapolación se basa implícitamente en el supuesto de que se mantendrán las tendencias anteriores en lo que respecta a población y consumo, siendo así, como antes se indicó, que los aumentos de precios y la instalación de más medidores pueden alterar considerablemente esas tendencias.

A veces, el método de extrapolación se completa con estudios comparativos de ciudades de otros países o del mismo país, para ver si hay analogías en el aumento de la demanda con la de la ciudad en que se establecen los pronósticos. Esas comparaciones no suelen ser válidas debido a las distintas características de las ciudades.

### III. Método explicativo basado en la relación entre la demanda y el nivel de servicios a domicilio

Este método se basa en la importancia primordial del sistema de distribución, particularmente las conexiones domiciliarias, para determinar la demanda. En realidad, es una combinación de los dos precedentes pero ofrece la ventaja de establecer una relación entre la demanda y el programa de inversiones. La demanda a plazo medio se proyecta como función del número de acometidas o conexiones a domicilio.

El análisis de los archivos de los servicios de agua en países en desarrollo indica que existe una correlación bastante exacta entre la demanda "x" y el número de conexiones "y", y que ambas cifras se pueden relacionar mediante una función analítica del modo siguiente:

$$y = Ax^C + L$$

en la que A, C y L son constantes. En general, L es un valor muy pequeño y se puede despreciar. Esta ecuación, expresada gráficamente en papel de escala logarítmica queda representada por una línea recta determinable por el método de regresión de cuadrados mínimos.

Como en el caso del método de extrapolación, se da por supuesto que se mantendrá la tendencia anterior del consumo. Sin embargo, mientras en dicho método las variables no están siempre directamente asociadas, el método explicativo postula funciones matemáticas que dan el valor esperado de la demanda para un número escogido de conexiones (determinable por los servicios públicos) y computa los efectos que puede haber tenido en el consumo anterior el precio del agua o la composición de los consumidores a que ésta se cobra.

Una de las limitaciones es que se necesitan datos históricos fidedignos para calcular la línea de regresión. Sin embargo, a medida que

se hagan más estudios empíricos para ciudades y países diversos, será posible establecer valores típicos de las constantes A y C para comunidades donde las condiciones climatológicas, económicas y sociales son comparables.

# Medición e incertidumbre

## NATURALEZA BASICA DEL PROCESO DE MEDICION

La medición es el proceso de cuantificar nuestra experiencia del mundo exterior. El científico escocés del siglo XIX, Lord Kelvin, dijo alguna vez: "Cuando uno puede medir aquello de lo que está hablando y expresarlo en números, sabe algo acerca de ello; pero cuando no puede medirlo, cuando no puede expresarlo en números, su conocimiento es escaso e insatisfactorio: podrá ser un principio de conocimiento, pero escasamente ha avanzado su conocimiento a la etapa de una ciencia". Aunque ésta pueda parecer una afirmación un poco exagerada, sigue siendo cierto que las mediciones constituyen uno de los ingredientes básicos de la experimentación. No alcanzaremos un nivel satisfactorio de competencia en la experimentación sin un conocimiento de la naturaleza de la medición y lo que significa el enunciado de las mediciones.

Es obvio que el proceso de cuantificación casi invariablemente trae consigo la comparación con alguna cantidad de referencia (¿cuántos pasos mide de largo el patio?). De igual manera, es obvio que el buen orden en la sociedad requiere de un acuerdo extendido sobre la elección de cantidades de referencia. El problema de esos patrones de medición, definidos por la legislación y sujetos a convenciones internacionales, es amplio e importante. Nadie que esté interesado seriamente en la medición puede ignorar el problema de definir y realizar patrones en su área de trabajo. Sin embargo, exponer aquí ese importante tema nos distraería de nuestra preocupación principal, que es el proceso de medición. Por lo tan-

to, dejaremos el tema de los patrones sin ninguna otra mención posterior, excepto para hacer referencia a los textos que se indican en la bibliografía, y abordaremos el estudio del proceso mismo de medición.

Empecemos en el nivel más básico con una medición aparentemente sencilla: tratemos de averiguar de qué tipo de proceso se trata y qué tipo de afirmación se puede hacer. Si le doy a alguien el cuaderno en el que escribo esto y le pido que mida su longitud con una regla, la respuesta es invariable: la longitud del cuaderno es de 29.5 cm. Pero esa respuesta nos debe hacer pensar; ¿en realidad se nos pide que creamos que la longitud del cuaderno es de exactamente 29.5000000 . . . . . cm? Seguro que no; es claro que esa afirmación está fuera de los límites de la credibilidad. Entonces, ¿cómo vamos a interpretar el resultado? Un momento de reflexión en presencia del cuaderno y de una regla nos hará darnos cuenta de que, lejos de determinar el valor "correcto" o "exacto", lo único que podemos hacer en forma realista es acercarnos al borde del cuaderno sobre la escala, diciéndonos conforme avanzamos: "¿Puedo asegurar que el resultado es menos de 30 cm?, ¿menos de 29.9 cm?, ¿menos de 29.8 cm?". La respuesta a cada una de estas preguntas indudablemente será "Sí". Pero conforme avancemos sobre la escala, llegaremos a un punto en el cual ya no podremos dar con confianza la misma respuesta. En ese punto debemos detenernos, y de ese modo identificamos un extremo del intervalo que se convertirá en nuestro valor medido. De manera semejante podríamos acercarnos al borde del cuaderno por abajo, preguntándonos a cada paso: "¿Estoy seguro de que el resultado es mayor de 29.0 cm? ¿29.1 cm?", y así sucesivamente. Una vez más debemos de llegar a un valor en el cual nos tendremos que detener, porque ya no podremos decir con seguridad que el resultado es mayor. Mediante la combinación de esos dos procesos identificamos un intervalo sobre la escala. Ese es el intervalo más pequeño que, hasta donde podemos estar seguros, contiene el valor deseado; sin embargo, no sabemos en qué punto del intervalo está ese valor. Esta es la única consecuencia realista del proceso de medición. No podemos esperar resultados exactos y tendremos que contentarnos con medidas que toman la forma de intervalos. Este ejemplo no sólo ilustra la naturaleza esencial del proceso de medición sino que también nos proporciona una guía para hacer las mediciones mismas. El proceso de aproximarse al valor que buscamos acotándolo por ambos lados nos recuerda la necesidad de dar el resultado como un intervalo, y también hace más fácil identificar los extremos del mismo.

Lo que resulta al final de nuestra discusión es muy importante. Cuando hagamos mediciones e informemos de sus resultados debemos tener siempre en cuenta este punto clave y fundamental: las medidas no son simples números exactos, sino que consisten en intervalos, dentro de los cuales tenemos confianza de que se encuentra el valor esperado. El acto de la medición requiere

que determinemos tanto la localización como el tamaño del intervalo, y lo hacemos utilizando con cuidado la percepción visual cada vez que hacemos una medición. No existen reglas para determinar el tamaño del intervalo, porque dependerá de muchos factores del proceso de medición. El tipo de medición, la figura de la escala, nuestra agudeza visual, las condiciones de iluminación, todas tomarán parte en determinar la anchura del intervalo de medición. El ancho, por lo tanto, debe determinarse explícitamente cada vez que se haga una medición. Por ejemplo, es un error común creer que, cuando se hace una medición usando una escala graduada, el "error de lectura" es automáticamente la mitad de la división de la escala más pequeña. Esta es una simplificación excesiva y errónea de la situación. Una escala con divisiones muy finas que se use para medir un objeto con bordes mal definidos puede dar un intervalo de medición más grande que varias de las divisiones más pequeñas; por otra parte, un objeto bien definido con buenas condiciones visuales puede permitir la identificación de un intervalo de medición mucho menor que la división más pequeña de la escala. Cada situación debe evaluarse en forma individual.

## PRESENTACION DIGITAL Y REDONDEO

Hay otros aspectos que también pueden confundir el problema. Considere, por ejemplo, un instrumento que da una lectura digital. Si un voltímetro digital indica que cierta diferencia de potencial es de 15.4 V, ¿quiere eso decir que el valor es exactamente de 15.40000...? Por supuesto que no, pero, ¿qué significa? Eso depende de las circunstancias. Si el instrumento se fabrica de manera que lea 15.4 V porque el valor real es más cercano a 15.4 de lo que es 15.3 o 15.5, entonces lo que significa es: esta lectura está entre 15.35 y 15.45. Por otra parte, se puede hacer un reloj digital de manera que cambie su indicación de 09.00 a 09.01 exactamente a las 9.01. Entonces, si vemos que marca las 09.00, sabemos que la hora está entre las 9.00 y las 9.01; ésta es una interpretación un poco diferente de la que es adecuada para el voltímetro digital. De nuevo, cada situación debe juzgarse por sí misma.

Estos dos ejemplos de representación digital ilustran un concepto más general: la inexactitud inherente al proceso de "redondear". Aun cuando no surja una inexactitud de la capacidad limitada para hacer mediciones, el simple enunciado de una cantidad numérica puede contener inexactitudes. Consideremos la afirmación:

$$x = 3.14$$

Todos sabemos que no es así, porque podemos recordar, al menos, algunas de las cifras siguientes: 3.14159...; entonces, ¿qué queremos decir cuando cita-

mos  $x$  como 3.14? Solo puede significar que  $x$  tiene un valor más cercano a 3.14 de lo que es a 3.13 o 3.15. Por lo tanto, nuestra afirmación es que  $x$  está entre 3.135 y 3.145. Este margen de posibilidad representa lo que algunas veces se conoce como "el error de redondeo". Esos errores pueden ser pequeños e irrelevantes, o pueden volverse significativos. Por ejemplo, en un cálculo largo, hay la posibilidad de que los errores de redondeo se acumulen, y resulta más sensato, especialmente en esta época de gran disponibilidad de calculadoras, llevar el cálculo con más cifras de las que se podría pensar que son necesarias. Un error semejante de redondeo puede aparecer en enunciados sobre mediciones. Algunas veces oímos decir que alguien ha realizado una medición en una escala que "se aproximó al milímetro", o alguna otra frase parecida. Esa no es una manera correcta de citar una medida, ya que hace confuso el valor real del intervalo de la misma. Sin embargo, nos encontramos con tales afirmaciones y, si nos vemos obligados a tratar con medidas representadas en esa forma, sólo podemos suponer que la división de la escala que se cita representa algún tipo de valor mínimo del tamaño del intervalo de medición.

## 2-3 INCERTIDUMBRE ABSOLUTA Y RELATIVA

Cualquiera que sea el medio por el que hayamos hecho una medición, el resultado final deberá ser un intervalo que representa, hasta donde nuestra capacidad lo garantice, los límites dentro de los que se encuentra el valor deseado. En el ejemplo que usamos al principio, el experimentador únicamente puede ser capaz de afirmar con seguridad que la longitud del cuaderno está entre 29.4 y 29.6 cm. Aunque el único resultado significativo de un proceso de medición consiste en un intervalo o segmento como ése, con frecuencia es deseable, para propósitos de descripción o de cálculo posterior, enunciar de otra forma el valor citado. Tomamos el intervalo de 29.4 a 29.6 y lo *renombramos*  $29.5 \pm 0.1$  cm. Aunque obviamente no es más que una expresión del intervalo original con el nombre cambiado, esa nueva forma tiene ciertas ventajas. Nos da un valor central, de 29.5, que podemos utilizar en cálculos posteriores. También nos da otro valor,  $\pm 0.1$ , que se conoce como "la incertidumbre" de la medida, con el que podemos juzgar la calidad del proceso de medición y puede usarse en cálculos separados de incertidumbres. Una desventaja de esta forma de expresarlo es que se podría citar únicamente el valor central de 29.5. A menos que recordemos claramente que sólo la cantidad completa ( $29.5 \pm 0.1$ ) sirve como una expresión correcta del resultado, y podemos ser desordenados al hacer mediciones o reportes sobre ellas, olvidando la presencia esencial de la incertidumbre. Todos deberíamos convertir en una práctica invariable asociar un valor de incertidumbre con una lectura, tanto al momento de hacer la medición como después de este proceso, siempre que se cite su valor o se utilice para cálculos posteriores.

Como la cifra de  $\pm 0.1$  cm representa la magnitud o el intervalo en que la lectura de 29.5 es incierta, a menudo se le llama la "incertidumbre absoluta" de la medida, y usaremos con consistencia esta terminología. Además, otros aspectos pronto se vuelven importantes. ¿Cuán significativa es una incertidumbre de  $\pm 0.1$  cm? Cuando medimos la longitud de un cuaderno, es significativa hasta cierto punto. Si estamos midiendo la distancia entre dos ciudades, una incertidumbre de  $\pm 0.1$  cm es probable que sea completamente insignificante. Por otra parte, si estamos midiendo el tamaño de una bacteria microscópica, una incertidumbre de  $\pm 0.1$  cm haría que la medición careciera de sentido. Por esta razón, con frecuencia es deseable comparar la cifra de incertidumbre con el valor de la medición misma; haciéndolo así se puede evaluar en forma realista cuán significativa es la incertidumbre. Definimos la razón:

$$\text{incertidumbre relativa} = \frac{\text{incertidumbre absoluta}}{\text{valor medido}}$$

En el caso de nuestro ejemplo:

$$\text{incertidumbre relativa} = \pm \frac{0.1}{29.5} = \pm 0.003$$

Esta incertidumbre relativa con frecuencia se cita como un porcentaje, de modo que, en este caso, la incertidumbre relativa sería de  $\pm 0.3\%$ . Esa cantidad nos da un sentido mucho mejor de la calidad de la lectura, y a menudo la llamamos la "precisión" de la medida. Nótese que la incertidumbre absoluta tiene las mismas dimensiones y unidades que la medida básica (29.5 cm es incierto en 0.1 cm), en tanto que la incertidumbre relativa, por ser un cociente, no tiene dimensiones o unidades, y es un número puro.

## ERROR SISTEMÁTICO

El tipo de incertidumbre que hemos considerado surge de una insuficiencia que ocurre naturalmente en el proceso de medición. Hay un tipo de error diferente que puede aparecer cuando algo afecta todas las lecturas de una serie en forma igual o consistente. Por ejemplo, un voltímetro o un tornillo micrométrico pueden tener mal ajuste del cero, una regla de madera puede haberse encogido, una persona puede apretar sistemáticamente el botón de un cronómetro  $\frac{1}{10}$  de segundo después del suceso, y así por el estilo. Esos errores se llaman "errores sistemáticos", de los cuales una subclase es la de los "errores de calibración".

Como esos errores sistemáticos no son visibles de inmediato cuando se hace una medición, es necesario estar alerta y recordar en todo momento la posibilidad de que se presenten. Por ejemplo, los ceros de las escalas deben verificarse automáticamente cada vez que se use un instrumento. Aunque puede ser más difícil verificar su calibración, la exactitud de los medidores eléctricos, cronómetros, termómetros y otros instrumentos no debe darse por buena y debe verificarse siempre que sea posible. La presencia de una pantalla de lectura digital con visibilidad precisa, con cuatro o cinco cifras supuestamente significativas, tampoco debe tomarse como prueba de precisión y ausencia de error sistemático en un instrumento. La mayor parte de un lote de cronómetros electrónicos que adquirimos en nuestro laboratorio para uso en la docencia, que supuestamente podían medir intervalos de tiempo con precisión de milisegundos, resultó tener errores de calibración hasta de un 14%. No se deje engañar; vea todos los instrumentos de medición con desconfianza y verifique su calibración siempre que sea posible.

## 2-5 INCERTIDUMBRE EN CANTIDADES CALCULADAS (ERRORES DEL FRAGMENTO)

En las secciones anteriores nos hemos ocupado sólo del concepto de incertidumbre de una sola medida. Sin embargo, es raro que el proceso se termine con una sola medición. Casi invariablemente el resultado que deseamos es una combinación de dos o más cantidades medidas, o es, por lo menos, una función calculada a partir de una sola medida. Podemos intentar, por ejemplo, calcular el área transversal de un cilindro a partir de la medida de su diámetro, o su volumen a partir de medidas tanto del diámetro como de la altura. Las diferentes mediciones serán a veces de diferentes tipos, como en el cálculo de  $g$  a partir de los valores de la longitud y el período de un péndulo. En esos casos, es obvio que la presencia de incertidumbre en las medidas originales traerá consigo la presencia de una incertidumbre en el valor final calculado, que es la que ahora tratamos de encontrar. Para los propósitos de esta sección, supondremos que nuestras incertidumbres tienen el carácter de alcances o intervalos dentro de los que estamos "casi seguros" que se encuentra el valor correcto. Para los valores, calculados, encontraremos intervalos dentro de los que, de nuevo, podamos estar "casi seguros" que ahí están los valores buscados. Eso significa que tenemos que hacer nuestros cálculos para el "peor caso" de combinación de incertidumbres. Esta tal vez sea una suposición pesimista, pero veremos más adelante, en el capítulo 3, cómo las probabilidades asociadas con varias combinaciones de errores nos permiten hacer una estimación más realista y menos pesimista. Sin embargo, por el momento vamos a suponer que que-remos calcular, a partir de las incertidumbres de los valores originales, el máximo margen de posibilidad para el valor calculado.

## INCERTIDUMBRE EN FUNCIONES DE UNA SOLA VARIABLE

Consideremos una cantidad medida  $x_0$  con una incertidumbre  $\pm \delta x$ , y consideremos un valor calculado  $z$  que es una función de la variable  $x$ . Sea:

$$z = f(x)$$

Esta función nos permite calcular el valor requerido  $z_0$  a partir de un valor medido  $x_0$ . Más aún, la posibilidad de que  $x$  pueda variar de  $x_0 - \delta x$  a  $x_0 + \delta x$ , implica un intervalo de posibles valores de  $z$  de  $z_0 - \delta z$  a  $z_0 + \delta z$ . Ahora queremos calcular el valor de  $\delta z$ . Esa situación se ilustra gráficamente en la figura 2-1, en la cual, para una  $f(x)$  dada, podemos ver cómo el valor medido  $x_0$  da lugar al valor calculado  $z_0$ , y cómo el intervalo  $\pm \delta x$  alrededor de  $x_0$  produce un intervalo correspondiente  $\pm \delta z$  alrededor de  $z_0$ .

Antes de considerar los métodos generales de evaluar  $\delta z$ , es instructivo ver cómo se propagan las perturbaciones finitas en funciones sencillas. Consideremos, por ejemplo, la función:

$$z = x^2$$

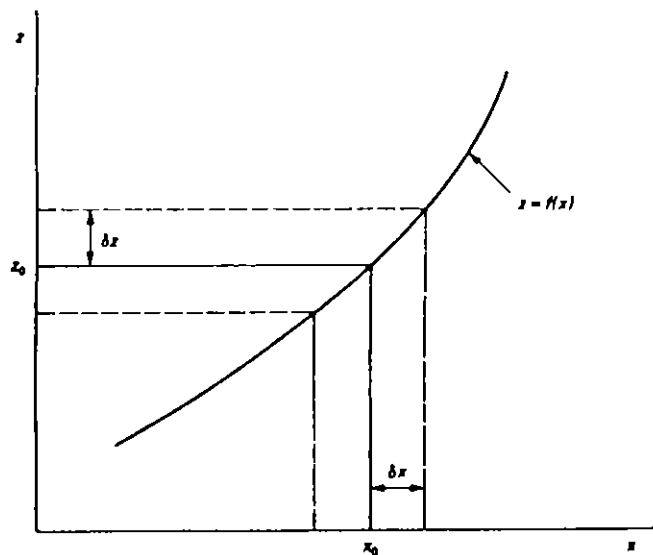


Figura 2-1 Propagación de incertidumbre de una variable a otra.

Si  $x$  puede variar entre  $x_0 - \delta x$  y  $x_0 + \delta x$ , entonces  $z$  puede variar entre  $z_0 - \delta z$  y  $z_0 + \delta z$ , donde:

$$\begin{aligned} z_0 \pm \delta z &= (x_0 \pm \delta x)^2 \\ &= x_0^2 \pm 2x_0\delta x + (\delta x)^2 \end{aligned}$$

Podemos ignorar  $(\delta x)^2$ , ya que  $\delta x$  se supone que es pequeña comparada con  $x_0$ , e igualar  $z_0$  con  $x_0^2$ , lo que da para el valor de  $\delta z$ :

$$\delta z = 2x_0\delta x$$

Esto puede expresarse más convenientemente en términos de la incertidumbre relativa  $\delta z/z_0$ :

$$\frac{\delta z}{z_0} = \frac{2x_0\delta x}{x_0^2} = 2\frac{\delta x}{x_0}$$

Así pues, la incertidumbre relativa del valor calculado es dos veces la de la medición inicial.

Aunque es esencial tener en mente la naturaleza de la incertidumbre propagada, como lo ilustra el uso de diferencias finitas, puede lograrse una simplificación considerable de la formulación lograda usando cálculo diferencial

## 2-7 METODO GENERAL PARA LA INCERTIDUMBRE EN FUNCIONES DE UNA SOLA VARIABLE

De la sección anterior, las diferencias finitas  $\delta z$  y  $\delta x$  se pueden expresar en términos de la derivada  $dz/dx$ . Por lo tanto, podemos obtener el valor de  $\delta z$  usando primero las técnicas normales para obtener  $dz/dx$  en la siguiente forma:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{d(f(x))}{dx}$$

y escribiendo después:

$$\delta z = \frac{d(f(x))}{dx} \delta x \quad (2-1)$$

Este es un procedimiento relativamente simple, y funcionará bien en los casos para los cuales el planteamiento de diferencias finitas llevaría a una excesiva complejidad algebraica. Así, por ejemplo, si

$$z = \frac{x}{(x^2 + 1)}$$



entonces:

$$\begin{aligned}\frac{dz}{dx} &= \frac{x^2 + 1 - x \cdot 2x}{(x^2 + 1)^2} \\ &= \frac{1 - x^2}{(1 + x^2)^2}\end{aligned}$$

y finalmente:

$$\delta z = \frac{1 - x^2}{(1 + x^2)^2} \delta x$$

Este cálculo habría sido muy complicado con cualquier otro planteamiento. Más aún, nos da una expresión general para  $\delta z$  en función de  $x$  y  $\delta x$ ; cualquier valor deseado en particular puede obtenerse haciendo  $x = x_0$ . Usemos ahora estas técnicas para evaluar incertidumbres de algunas funciones comunes.

#### a) Potencias

Consideremos:

$$\begin{aligned}z &= x^n \\ \frac{dz}{dx} &= nx^{n-1} \\ \delta z &= nx^{n-1} \delta x\end{aligned}$$

Lo significativo de este resultado se hace un poco más obvio cuando se expresa en términos de la incertidumbre relativa. Así,

$$\frac{\delta z}{z} = n \frac{\delta x}{x}$$

Por lo tanto, cuando se evalúan potencias, la *incertidumbre relativa* del resultado es la incertidumbre relativa de la cantidad original multiplicada por la potencia respectiva. Esto será válido tanto para potencias como para raíces, de modo que la precisión disminuye si una cantidad se eleva a potencias y mejora al sacar raíces. Esta situación debe vigilarse con cuidado en un experimento que implique potencias. Cuanto más alta es la potencia, mayor será la necesidad de una alta precisión inicial.

#### b) Funciones trigonométricas

Sólo trabajaremos un ejemplo, ya que los demás se pueden tratar de manera semejante. Consideremos

$$z = \sin x$$

Aquí se cumple

$$\frac{dz}{dx} = \cos x$$

y

$$\delta z = (\cos x) \delta x$$

Este es un caso en el que el método elemental de insertar  $x_0 \pm \delta x$  muestra más claramente el resultado. Utilizando la aproximación

$$\cos \delta x = 1$$

obtenemos

$$\delta z = \cos x \sin \delta x$$

lo que muestra que la  $\delta x$  en el resultado anterior es en realidad  $\sin \delta x$  en el límite, para ángulos pequeños. Sólo en el caso de una incertidumbre muy grande podrá ser significativa esta diferencia, pero es mejor entender la naturaleza del resultado. Es claro que  $\delta x$  deberá expresarse en radianes. Este resultado normalmente tendrá una aplicación directa cuando se trate de aparatos como los espectrómetros.

#### c) Funciones logarítmicas y exponenciales

Consideremos:

$$z = \log x$$

Aquí,

$$\frac{dz}{dx} = \frac{1}{x}$$

y

$$\delta z = \frac{1}{x} \delta x$$

La incertidumbre relativa se puede calcular como de costumbre. Si

$$z = e^x$$

$$\frac{dz}{dx} = e^x$$

y entonces:

$$\delta z = e^x \delta x$$

Este es un caso importante, ya que las funciones exponenciales ocurren frecuentemente en la ciencia y la ingeniería. Estas funciones pueden hacerse muy sensibles al exponente cuando toma valores mucho mayores que la unidad, y la incertidumbre  $\delta z$  puede volverse muy grande. Esto le parecerá familiar, por ejemplo, a cualquiera que haya observado las fluctuaciones de corriente en un diodo termiónico que resultan de variaciones muy pequeñas en la temperatura del filamento.

Como se dijo antes, este método puede aplicarse fácilmente a cualquier función no enumerada arriba evaluando la derivada respectiva y usando la ecuación 2-1.

## INCERTIDUMBRE EN FUNCIONES DE DOS O MÁS VARIABLES

Si el resultado se debe calcular a partir de dos o más valores medidos,  $x$ ,  $y$ , etc., la incertidumbre de ese resultado puede verse de dos maneras diferentes, como se mencionó en la sección 2-5. Podemos ser tan pesimistas como sea posible y suponer que las desviaciones reales de  $x$  y  $y$  ocurren combinándose de manera tal que desvien el valor de  $z$  tan lejos como sea posible de su valor central. De esta manera, calcularíamos un valor de  $\delta z$  que da la anchura extrema del intervalo de posibles valores de  $z$ . Por otra parte, podemos argumentar que es más probable que se combinen las incertidumbres de las medidas básicas de una manera menos extrema, donde algunas harán contribuciones positivas a  $\delta z$  y otras contribuciones negativas, de modo que el valor resultante de  $\delta z$  será menor que el que da la suposición pesimista. Este argumento es válido, y más adelante nos ocuparemos del problema de la incertidumbre probable de cantidades calculadas. Sin embargo, por el momento vamos a calcular el valor de  $\delta z$  que representa el más amplio margen de posibilidad para  $z$ . Este enfoque, si bien es pesimista, ciertamente es seguro, ya que, si  $\delta x$ ,  $\delta y$ , etc., representan límites dentro de los cuales estamos "casi seguros" que se encuentran los valores actuales, entonces el valor calculado de  $\delta z$  dará los límites dentro de los cuales también estamos seguros que se encuentra el valor actual de  $z$ .

El enfoque inicial más instructivo usa el método elemental de sustitución, y éste es el que usaremos para las primeras dos funciones.

### a) Suma de dos o más variables

Consideremos:

$$z = x + y$$

La incertidumbre en  $z$  se obtiene a partir de:

$$z_0 \pm \delta z = (x_0 \pm \delta x) + (y_0 \pm \delta y)$$

y el valor máximo de  $\delta z$  se obtiene escogiendo signos semejantes todo el tiempo. Así pues:

$$\delta z = \delta x + \delta y$$

Como era de esperarse, la incertidumbre en la suma es solamente la suma de las incertidumbres individuales. Podemos expresarla en términos de la incertidumbre relativa:

$$\frac{\delta z}{z} = \frac{\delta x + \delta y}{x + y}$$

pero no se logra una mayor claridad

### b) Diferencia de dos variables

Consideremos:

$$z = x - y$$

Como en el caso anterior, se obtendrá  $\delta z$  a partir de:

$$z_0 \pm \delta z = (x_0 \pm \delta x) - (y_0 \pm \delta y)$$

Pero aquí podemos obtener el valor máximo de  $\delta z$  escogiendo el signo *negativo* para  $\delta y$ , lo que da, una vez más:

$$\delta z = \delta x + \delta y$$

Podemos ver en esta ecuación que, cuando  $x_0$  y  $y_0$  son muy cercanas y  $x - y$  es pequeña, la incertidumbre relativa puede adquirir valores muy grandes. Esto es, en el mejor caso, una situación insatisfactoria, y la precisión puede ser tan baja que anule el valor de la medición. Esa condición es en particular peligrosa, ya que puede pasar inadvertida. Es perfectamente obvio que, si fuera posible evitarlo, nadie intentaría medir la longitud de mi cuaderno midiendo la distancia de cada borde a un punto alejado un kilómetro para luego restar las dos longitudes. Sin embargo, puede suceder que el resultado deseado se obtenga por sustracción de dos medidas hechas por separado (en dos termómetros, dos relojes, etc.), y el carácter de la medición como diferencia puede no ser claro. En consecuencia, todas las mediciones que tengan que ver con diferencias deberán de tratarse con el mayor cuidado. Es claro que la forma de evitar esa dificultad es medir la diferencia de manera directa, en vez de obtenerla por sustracción de dos cantidades medidas. Por ejemplo: si uno tiene un aparato en el que dos puntos están a potenciales respecto a tierra de  $V_1 = 1500$  V y  $V_2 =$

1510 V, respectivamente, y la cantidad que se requiere es  $V_2 - V_1$ , sólo un voltímetro de muy alta calidad permitiría medir los valores de  $V_2$  y  $V_1$  con la exactitud requerida para lograr incluso un 10% de precisión en  $V_2 - V_1$ . Por otro lado, un voltímetro de banco ordinario de 10 V, conectado entre los dos puntos para medir  $V_2 - V_1$  directamente, daría de inmediato el resultado deseado, con un 2 o 3% de precisión.

## METODO GENERAL PARA LA INCERTIDUMBRE EN FUNCIONES DE DOS O MAS VARIABLES

Los últimos dos ejemplos, tratados por el método elemental, sugieren que, una vez más, el cálculo diferencial puede ofrecer una simplificación considerable a este tratamiento. Es claro que, si tenemos:

$$z = f(x, y)$$

la cantidad apropiada para calcular  $\delta z$  es la diferencial total  $dz$ , que está dada por:

$$dz = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy \quad (2-2)$$

Tomaremos esta diferencial y la trataremos como una diferencia finita  $\delta z$  que se puede calcular a partir de las incertidumbres  $\delta x$  y  $\delta y$ . Esto es

$$\delta z = \frac{\partial f}{\partial x} \delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \delta y$$

y las derivadas  $\partial f/\partial x$  y  $\partial f/\partial y$  normalmente se calcularán con los valores  $x_0$  y  $y_0$ , para los que se necesita  $\delta z$ . Podemos encontrar que, dependiendo de la función  $f$ , el signo de  $\partial f/\partial x$  o  $\partial f/\partial y$  resulte ser negativo. En ese caso, utilizando nuestro requisito pesimista para el valor máximo de  $\delta z$ , escogeremos los valores negativos apropiados para  $\delta x$  o  $\delta y$ , obteniendo de ahí una contribución total positiva a la suma.

### a) Producto de dos o más variables

Supongamos que:

$$z = xy$$

Para usar la ecuación 2-2 necesitamos los valores de  $\partial z/\partial x$  y  $\partial z/\partial y$ . Estos son:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = y \quad y \quad \frac{\partial z}{\partial y} = x$$

Por lo que el valor de  $\delta z$  está dado por:

$$\delta z = y \delta x + x \delta y$$

La significación de este resultado se ve con más claridad cuando se convierte a la incertidumbre relativa:

$$\frac{\delta z}{z} = \frac{\delta x}{x} + \frac{\delta y}{y}$$

Así pues, cuando la cantidad deseada es el producto de dos variables, la incertidumbre relativa es la suma de las incertidumbres relativas de las componentes.

El caso más general de una función compuesta, que se encuentra muy comúnmente en la física, implica un producto algebraico que tiene componentes elevadas a diferentes potencias.

Sea

$$z = x^a y^b$$

en donde  $a$  y  $b$  pueden ser positivas o negativas, enteras o fraccionarias. En ese caso la formulación se simplifica de manera significativa tomando los logaritmos de ambos lados antes de diferenciar. Así

$$\log z = a \log x + b \log y$$

de donde, diferenciando implícitamente, se obtiene

$$\frac{dz}{z} = a \frac{dx}{x} + b \frac{dy}{y}$$

Como de costumbre, tomamos las diferenciales como diferencias finitas, y obtenemos:

$$\frac{\delta z}{z} = a \frac{\delta x}{x} + b \frac{\delta y}{y}$$

Nótese que este proceso da la incertidumbre relativa de manera directa, y eso con frecuencia es conveniente. Si se requiere la incertidumbre absoluta  $\delta z$ , se puede evaluar simplemente multiplicando la incertidumbre relativa por el valor calculado  $z_0$ , que normalmente está disponible. Esta forma de diferenciación implícita sigue siendo el procedimiento más sencillo, aun cuando la misma  $z$  esté elevada a alguna potencia. Porque, si la ecuación es:

$$z^2 = xy$$

es innecesario reescribirla como:

$$z = x^{1/2} y^{1/2}$$

y partir de ahí, porque, si sacamos logaritmos:

$$2 \log z = \log x + \log y$$

de donde:

$$2 \frac{\delta z}{z} = \frac{\delta x}{x} + \frac{\delta y}{y}$$

lo que da  $\delta z/z$ , como se requería.

#### b) Cocientes

Estos se pueden tratar como productos, en los cuales algunas de las potencias son negativas. Como antes, el valor máximo de  $\delta z$  se obtendrá despreciando los signos negativos de la diferencial y combinando todos los términos en forma aditiva.

Si se encuentra una función distinta a las ya enumeradas, funciona por lo general alguna forma de diferenciación. Con frecuencia es conveniente diferenciar una ecuación en forma implícita, evitando así el requisito de calcular explícitamente la cantidad desconocida en función de las otras variables. Por ejemplo, consideremos la ecuación para lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$$

en donde la distancia focal  $f$  es función de las cantidades medidas la distancia al objeto  $o$  y la distancia a la imagen  $i$ . Podemos diferenciar la ecuación implícitamente, y obtenemos:

$$-\frac{df}{f^2} = -\frac{do}{o^2} - \frac{di}{i^2}$$

Es posible ahora calcular de manera directa  $df/f$ , y con más facilidad que si se escribe  $f$  explícitamente como función de  $o$  e  $i$  y se diferencia. De esta forma podemos preparar una fórmula para la incertidumbre en la que se pueden insertar directamente todas las incógnitas. Asegúrese de que se usen los signos adecuados para que todas las contribuciones a la incertidumbre se sumen para dar los límites extremos de posibilidad del resultado.

Cuando la función sea tan grande y complicada que no se pueda obtener un valor general de  $\delta z$ , siempre podemos tomar los valores medidos  $x_0, y_0$ , etc., y encontrar  $z_0$ . Podemos entonces trabajar con dos resultados diferentes, uno utilizando los valores numéricos propios de  $x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y$  (o  $y_0 - \Delta y$ , si es el

adecuado), etc., para obtener uno de los valores extremos de  $z$ , y el otro cambiando  $x_0 - \Delta x$ , etc. Esos dos valores corresponderán a los límites de  $z$ , y así sabremos el valor de  $\delta z$ .

## 2-10 COMPENSACION DE ERRORES

Puede darse una situación especial cuando se trata con variables compuestas. Consideremos, por ejemplo, la relación bien conocida para el ángulo de mínima desviación  $D_m$  de un prisma con índice de refracción  $n$  y ángulo al vértice  $A$ :

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(A + D_m)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

Si  $A$  y  $D_m$  son variables medidas con incertidumbres  $\delta A$  y  $\delta D_m$ , la cantidad  $n$  es el resultado requerido, con una incertidumbre  $\delta n$ . No obstante, sería falaz calcular la incertidumbre en  $A + D_m$ , luego en  $\sin \frac{1}{2}(A + D_m)$ , y combinarla con la incertidumbre en  $\sin \frac{1}{2}A$ , tratando la función como un cociente de dos variables. Eso se puede ver considerando el efecto en  $n$  de un incremento en  $A$ . Tanto  $\sin \frac{1}{2}(A + D_m)$  como  $\sin \frac{1}{2}A$  aumentan, y el cambio en  $n$  no es en consecuencia tan grande. La falacia consiste en aplicar los métodos de las secciones precedentes a variables que no son independientes (como son  $A + D_m$  y  $A$ ). El remedio sería reducir la ecuación a una forma en la que todas las variables sean independientes, o bien regresar a los principios básicos y usar directamente la ecuación 2-2. Los casos que tienen que ver con errores que se compensan deben de vigilarse con cuidado, ya que pueden, si se tratan en forma incorrecta, dar lugar a errores en los cálculos de incertidumbre que son difíciles de detectar.

## 2-11 CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Como los cálculos tienen tendencia a producir resultados que consisten en largas filas de números, debemos de tener cuidado de citar el resultado final con sensatez. Si, por ejemplo, se nos da el voltaje a través de un resistor como  $15.4 \pm 0.1$  V, y la corriente como  $1.7 \pm 0.1$  A, podemos calcular el valor de la resistencia. La razón  $V/I$  que sale en mi calculadora es 9.0588235 ohms. ¿Es ésta la respuesta correcta?, claro que no. Un breve cálculo demuestra que la incertidumbre absoluta en la resistencia es cercana a 0.59 ohms. Así que, si las primeras dos cifras decimales del valor calculado son inciertas, es claro que el resto carece de sentido. Una afirmación como la de que  $R = 9.0588235 \pm 0.59$  ohms es, por lo tanto, absurda. Debemos de dar nuestros resultados de manera tal que la respuesta y su incertidumbre sean consistentes, p. ej.:  $R = 9.06 \pm 0.59$  ohms.

Pero, ¿esta afirmación es realmente válida? Recuerde que las incertidumbres citadas originalmente para  $V$  e  $I$  tenían el valor de  $\pm 0.1$ , que contiene una cifra significativa. Si no conocemos esas incertidumbres con mayor precisión, no tenemos derecho a atribuirle dos cifras significativas a la incertidumbre en  $R$ . Nuestro enunciado final, válido y consistente en sí mismo es, por lo tanto,  $R = 9.1 \pm 0.6$  ohms. Sólo si tuviéramos verdaderas razones para creer que nuestra incertidumbre original era exacta hasta la segunda cifra significativa, podríamos pretender hasta dos cifras significativas en la incertidumbre final y un valor calculado que corresponda con más precisión a  $R$ . En términos generales, debemos estar seguros de que los valores dados a la incertidumbre sean consistentes con la precisión de las incertidumbres básicas, y que el número de cifras que se dan en el resultado final sea consistente con su incertidumbre. Debemos de evitar las afirmaciones del tipo  $z = 1.234567 \pm 0.1$  o  $z = 1.2 \pm 0.000001$ .

## PROBLEMAS

- Al usar un metro de madera para medir la longitud de mi escritorio. Estoy seguro de que es no menos de 142.3 cm y no más de 142.6. Enuncie esta medición como un valor central  $\pm$  incertidumbre. ¿Cuál es la incertidumbre relativa de la medición?
- Al leer un voltímetro y un amperímetro de aguja y escala, y evalúo visualmente el margen de incertidumbre. Estoy seguro de que la lectura del amperímetro está entre 1.24 y 1.25 A, y la del voltímetro entre 3.2 y 3.4 V. Expresé cada medida como un valor central  $\pm$  incertidumbre, y evalúe la incertidumbre relativa de cada medición.
- Un reloj digital da una lectura de la hora de 09:46. ¿Cuál es la incertidumbre absoluta de la medida?
- Si se puede leer un metro de madera con una incertidumbre absoluta de  $\pm 1$  mm, ¿cuál es la distancia más corta que puedo medir para que la incertidumbre relativa no exceda el a) 1%, b) 5%?
- Al usar un termómetro graduado en  $\frac{1}{2}$  grado Celsius para medir la temperatura del aire exterior. Medida con una aproximación de  $\frac{1}{2}$  de grado, la temperatura de ayer fue de 22.4°, y la de hoy es de 24.8° Celsius. ¿Cuál es la incertidumbre relativa en la diferencia de temperaturas entre ayer y hoy?
- El reloj del laboratorio tiene un segundero que se mueve por pasos de un segundo. Lo uso para medir un cierto intervalo de tiempo. Al principio del intervalo marcaba las 09:15:22 (horas:minutos:segundos), y al final las 09:18:16. ¿Cuál es la incertidumbre relativa del intervalo medido?

- En el escritorio mencionado en el problema 1, se mide el ancho, y se está seguro de que la medida cae entre 78.2 y 78.4 cm. ¿Cuál es la incertidumbre absoluta en el área calculada de la cubierta del escritorio?
- Al medir la resistencia de un resistor, la lectura del voltímetro era de  $15.2 \pm 0.2$  V, y la lectura del amperímetro era de  $2.6 \pm 0.1$  A. ¿Cuál es la incertidumbre absoluta de la resistencia calculada usando la ecuación  $R = V/I$ ?
- Un péndulo simple se usa para medir la aceleración de la gravedad, usando  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ . El periodo  $T$  medido fue de  $1.24 \pm 0.02$  seg y la longitud de  $0.381 \pm 0.002$  m. ¿Cuál es el valor resultante de  $g$  con su incertidumbre absoluta y relativa?
- Un experimento para medir la densidad  $d$  de un objeto cilíndrico utiliza la ecuación  $d = m/\pi r^2 l$ , en donde:

$$\begin{aligned} m &= \text{masa} &&= 0.029 \pm 0.005 \text{ kg} \\ r &= \text{radio} &&= 8.2 \pm 0.1 \text{ mm} \\ l &= \text{longitud} &&= 15.4 \pm 0.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

¿Cuál es la incertidumbre absoluta del valor calculado de la densidad?

- La distancia focal,  $f$ , de un lente delgado se va a medir usando la ecuación  $1/o + 1/i = 1/f$ , en donde,

$$\begin{aligned} o &= \text{distancia al objeto} &&= 0.154 \pm 0.002 \text{ m} \\ i &= \text{distancia a la imagen} &&= 0.382 \pm 0.002 \text{ m} \end{aligned}$$

¿Cuál es el valor calculado de la distancia focal, su incertidumbre absoluta y su incertidumbre relativa?

- Una rejilla de difracción se usa para medir la longitud de onda de la luz, usando la ecuación  $d \sin \theta = \lambda$ . El valor medido de  $\theta$  es de  $13^\circ 34' \pm 2'$ . Suponiendo que el valor de  $d$  es de  $1420 \times 10^{-9}$  m y que se puede ignorar su incertidumbre, ¿cuál es la incertidumbre absoluta y la relativa en el valor de  $\lambda$ ?
- Se da un valor como  $14.253 \pm 0.1$ . Reescribalo con el número adecuado de cifras significativas. Si el valor se diera como  $14.253 \pm 0.15$ , ¿cómo debería de escribirse?
- Se da un valor como  $6.74914 \pm 0.5\%$ . Enúncielo como un valor  $\pm$  incertidumbre absoluta, ambos con el número adecuado de cifras significativas.

# Estadística de la observación

## INCERTIDUMBRE ESTADÍSTICA

En el capítulo anterior nos ocupamos de las mediciones en las cuales la incertidumbre podía estimarse usando un criterio personal. En ellas, suponiendo que hayamos juzgado la situación con exactitud, la medición sistemática deberá producir resultados coherentes. A veces, no obstante, la medición reiterada conduce a resultados claramente diferentes. Por ejemplo, si usamos un contador y registrador electrónico Geiger para medir la actividad de una fuente radiactiva, y decidimos obtener, para una configuración dada, la cantidad de partículas en un intervalo de 10 segundos, encontraríamos que los resultados obtenidos al contar varios intervalos sucesivos de 10 segundos *no* son iguales. Podemos encontrarnos con la misma situación en mediciones que implican un discernimiento visual. Si, por ejemplo, queremos encontrar la imagen formada por una lente delgada, acaso no seamos capaces de determinar la posición de la imagen con suficiente exactitud como para obtener, en forma repetida, la misma lectura en un buen medidor de alta precisión. Ya sea que la fluctuación resulte inherente al sistema sujeto a investigación (como en la fuente radiactiva, donde la fluctuación surge de la naturaleza esencial de la desintegración radiactiva espontánea), o que provenga de nuestras dificultades para efectuar la medición, debemos aprender a hacer afirmaciones sensatas sobre mediciones que muestren variaciones de este tipo.

¿Qué clase de afirmaciones será posible hacer? Ya no podemos, como antes, aseverar al tenor de "Estoy prácticamente seguro de que la respuesta se

halla en el intervalo. . .". De hecho, haciendo a un lado por completo la imposibilidad de obtener respuestas "correctas", encontraremos que la dificultad estriba no tanto en la elaboración de respuestas razonables, sino en saber qué preguntas inteligentes hacer. Descubriremos entonces que las únicas preguntas sensatas implican, como al principio, intervalos en nuestra escala de valores; esta vez, empero, interpretados en términos de probabilidad y no de certidumbre. Nuestra búsqueda de una solución será indudablemente prolongada, mas, al cabo, la respuesta resultará sencilla y elegante.

Para iniciar nuestra indagación, volvamos a la situación original. Supongamos que hemos hecho una sola medición, y que, para comprobar nuestro trabajo, hemos efectuado esta medición por segunda vez y obtuvimos un resultado diferente. ¿Qué se supone que debemos hacer? No podemos, en modo alguno, afirmar que una es "correcta" y la otra "errónea". ¿Cuál podríamos elegir como la "correcta"? Frente a esta ambigüedad, la reacción natural sería intentarlo una tercera vez, con la esperanza, quizás, de que la tercera medición confirme una u otra de las dos primeras. Muy probablemente ésta no sea tan complaciente, y simplemente aumente aún más la confusión al ofrecer una tercera posibilidad. Enfrentados a esta complejidad creciente, podríamos resolver seguir efectuando mediciones para ver qué sucede. Supongamos que nuestra curiosidad nos ha impulsado a realizar una cantidad considerable de mediciones sucesivas, digamos 100, y ahora nos preguntamos: ¿Cuál es la respuesta? Como mencionábamos antes, es más significativo plantearse cuál es la pregunta? Eso depende mucho de la aplicación que queramos hacer de los resultados. Un físico que mide la posición de una imagen óptica acerca de este buscando algo que a él le gustaría considerar como la "respuesta correcta". Una persona que mida la actividad de una fuente radiactiva quizás desee emplear el resultado en forma tal que se vea obligado a determinar la cantidad de partículas que obtendrá en un intervalo de 10 segundos el día siguiente. Un sociólogo que efectúa una encuesta de opinión pública tal vez quiera pronosticar el resultado de las próximas elecciones, etc. No hay una sola pregunta ni una respuesta única. El tratamiento que demos a nuestros resultados fluctuantes dependerá de las circunstancias. Consideremos ahora algunas de las posibilidades.

## 3-2 HISTOGRAMAS Y DISTRIBUCIONES

Supongamos que hemos efectuado ya 100 mediciones de cierto parámetro y que ahora debemos dar a conocer nuestros resultados. La primera respuesta a la pregunta ¿Qué se obtuvo?, es la contestación más bien inadecuada de "Ejecuté la medición 100 veces, y aquí están los 100 resultados". Esto quizá no tenga errores, pero difícilmente resultará útil. A nuestro auditorio se le hará

difícil encontrarle sentido a una simple lista de números y, naturalmente surgirán preguntas tales como: ¿Hay alguna regularidad en los resultados?, ¿alguno de ellos aparece con más frecuencia que los demás?, etc. A fin de mostrar las características de las mediciones con más claridad, valerse de algún tipo de presentación gráfica resultaría, sin duda, muy útil.

Una forma común de presentación es el histograma. Para construir este diagrama, se divide la escala sobre la cual se extienden las mediciones en intervalos, y se determinan los resultados que corresponden a cada intervalo. Se grafican luego estas cantidades en una escala vertical, en función de los intervalos mismos. Es conveniente usar un diagrama de barras para indicar los grupos de resultados, lo cual resultará similar a la figura 3-1. De inmediato, nuestra

Tabla 1

86	109	114	121	127	131
92	109	114	121	127	132
96	110	114	122	127	133
97	110	115	122	127	134
97	111	116	122	128	134
97	111	116	122	128	134
100	111	116	122	128	134
101	111	117	123	128	136
101	111	117	123	128	136
102	112	118	123	128	137
102	112	118	123	130	137
103	112	119	123	130	137
103	113	119	124	130	144
106	113	120	124	130	148
106	113	120	124	130	149
106	113	120	125	130	
107	113	120	125	131	
108	113	121	125	131	
108	114	121	126	131	

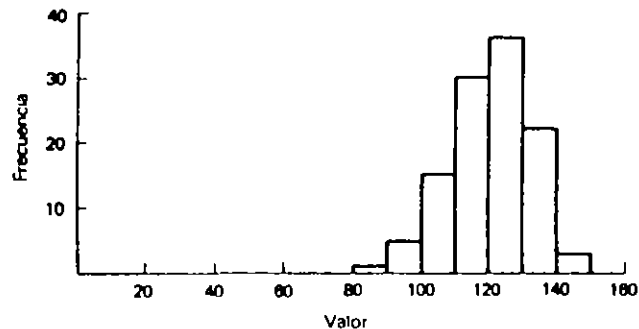


Figura 3-1 Un conjunto de observaciones y su histograma

comprensión de las mediciones mejora enormemente, pues ahora podemos apreciar de un solo vistazo cómo se *distribuyen* los valores a lo largo de la escala. Esta distribución es la clave para una interpretación satisfactoria de las mediciones. Normalmente encontramos que los resultados tienden a presentarse con más frecuencia en la mitad del rango, y si la situación es así y no estamos en posibilidad de hacer ninguna otra afirmación sensata, siempre podremos consolarnos con aseverar simplemente que las observaciones tienen una "tendencia central". Eso puede ser suficiente, y una vez que hallamos desarrollado el histograma, podremos dar por concluida esta fase de nuestro trabajo. Muchos resultados de procesos de medición se presentan con sencillez mediante el histograma correspondiente. Gracias a éste, el lector puede apreciar la distribución y sacar sus propias conclusiones.

### 3-3 VALORES CENTRALES DE LAS DISTRIBUCIONES

A menudo, sin embargo, queremos ir más lejos y, a guisa de sustituto del histograma completo, deseamos encontrar alguna forma abreviada de describir la distribución sin tener que mostrar efectivamente el diagrama completo. Podemos, por tanto, buscar respuestas a preguntas como: ¿Qué resultado *particular* caracteriza mejor al grupo de observaciones en su totalidad? Hay varios valores posibles para esta designación, y escogemos uno de ellos, con base en el uso futuro que daremos a la información. Las diferentes posibilidades son:

#### a) La moda

La mayoría de las distribuciones tienen un punto máximo o pico cerca del centro. Si ese pico está bien definido, el valor sobre la escala horizontal en que ocurre se llama **moda** de la distribución. Siempre que queramos llamar la atención sobre esta concentración central de nuestros valores medidos, mencionamos el valor modal. A veces una distribución tendrá dos puntos máximos; en este caso la denominamos **distribución bimodal** y señalamos los dos valores modales.

#### b) La mediana

Si colocamos todos nuestros resultados en orden numérico y los dividimos a la mitad en dos partes iguales, el valor correspondiente a esta línea divisoria se llama **mediana**. Como es obvio que las áreas bajo las gráficas de distribución representan grupos de observaciones (la barra de la izquierda de la figura 3-1 representa 5 observaciones; la segunda de la izquierda 9; por tanto las dos juntas representan 14, y así sucesivamente), la mediana es aquel valor en el cual una línea vertical divide a la distribución en dos partes de área equivalen-

tes. La mediana suele citarse a menudo en la investigación sociológica; se habla, por ejemplo, de la mediana de los salarios de ciertos grupos de empleados, etc.

### c) La media

El tercero de los valores comúnmente citados es el conocido promedio o media aritmética. Para un grupo de  $N$  observaciones,  $x_i$ , la media  $\bar{x}$  se define como

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (3-1)$$

Más adelante veremos que, para nuestros propósitos, la media es la más útil de las tres cantidades que hemos definido.

Nótese que, para una distribución simétrica, la media, la mediana y la moda coinciden todas en el centro de la distribución. Si, por otra parte, la distribución no es simétrica, cada una tendrá un valor diferente. Para el histograma que aparece en la figura 3-1, los valores de la media, la mediana y la moda se muestran en la figura 3-2, que ilustra su relación con la distribución. Si la distribución es marcadamente asimétrica, la diferencia entre la moda, la mediana y la media puede ser sustancial. Considere, por ejemplo, la distribución del ingreso familiar en un país dado. La presencia de millonarios, aunque sean relativamente pocos, tiene un efecto sobre la media que contrarresta a muchos miembros de la población en el extremo inferior de la escala de salarios. De esta manera, la moda y la media difieren sustancialmente. Este ejemplo ilustra el cuidado que se requiere para interpretar las estadísticas que se manejan. Habitualmente, las personas que emplean datos estadísticos suelen hacerlo en la forma que más conviene a sus propósitos específicos.

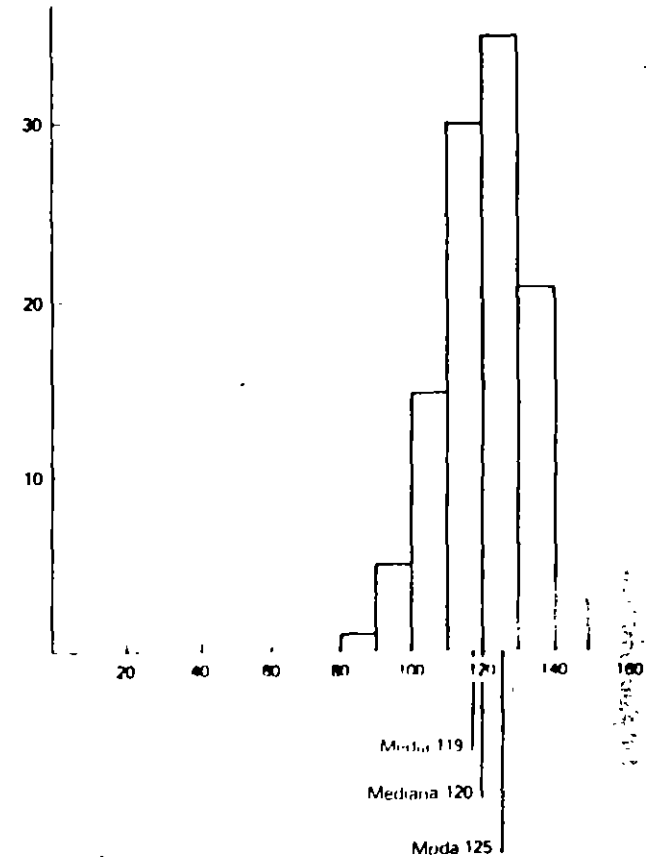


Figura 3-2 La relación entre un histograma y su media, mediana y moda

Formulemos, pues, una cantidad que será una medida de la amplitud de la distribución. Podríamos inventar muchas de tales cantidades, pero, por razones de las que no es preciso ocuparnos por ahora, determinaremos una cantidad de uso casi universal. Definimos la **desviación estándar** de la distribución  $S$ , como

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{N}} \quad (3-2)$$

## AMPLITUD DE LAS DISTRIBUCIONES

Consideremos ahora otra cuestión: ¿En qué medida nuestro valor elegido representa a la distribución en su conjunto? Esto es, cuán seguro resulta usar un solo valor como sustituto de toda la distribución? Ahora no podemos justificar los procedimientos que a continuación se describirán. En su lugar, confiaremos en la intuición de que, cuanto más amplia sea la distribución, menor será la importancia que podamos asignar a cualquiera de los tres valores centrales. Por otra parte, cuanto más estrecha sea la distribución, tanto más autorizados nos sentiremos a confiar en la media, la moda o la mediana como los valores representativos de la distribución.



La definición es hasta cierto punto arbitraria porque, al definir una medida de la amplitud de la distribución, pudimos haber escogido otras potencias de la cantidad  $(\bar{x} - x_i)$ , y empleado otros denominadores. Hay, sin embargo, varias razones para esa elección; estas razones y la importancia de la desviación estándar se aclararán en breve.

Aquí podemos hacer una pausa para resumir el progreso alcanzado hasta ahora. Si hemos hecho ya mediciones sucesivas de una cantidad dada y queremos establecer el resultado en términos numéricos, tenemos varias opciones al respecto: a) desarrollar el histograma correspondiente; b) dar la moda, la mediana, o la media como parámetros de la localización de la distribución, y c) considerar la desviación estándar como medida de la confianza que podemos tener en los resultados. A veces dejamos el resultado de un proceso de medición en esta forma; las cantidades involucradas se entienden universalmente, y el procedimiento es aceptable.

Para nuestro propósito actual, buscamos una interpretación cuantitativa más detallada de los valores citados.

## IMPORTANCIA DE LA MEDIA Y LA DESVIACION ESTANDAR

En esta sección y las siguientes, por razones que resultarán claras más adelante, pasaremos por alto la moda y la mediana y nos restringiremos a la interpretación numérica de la media y la desviación estándar. Ya que la presencia de fluctuaciones al azar nos ha privado de la oportunidad de identificar un intervalo realista dentro del cual podemos estar seguros de que se encuentra nuestro valor buscado, debemos cambiar nuestras expectativas del proceso de medición. Como hemos dicho antes, no es tanto cuestión de obtener respuestas razonables a las preguntas que nos hacemos, sino como el saber qué preguntas inteligentes cabe hacer. Específicamente, por supuesto que no tiene sentido preguntar: ¿Cuál es la respuesta correcta? Ni siquiera es razonable plantearse: Después de cien observaciones de este parámetro, ¿qué obtendré en la próxima medición? Las únicas preguntas sensatas tienen que ver no con la certeza, sino con la probabilidad, y son varias las interrogantes distintas que cabe hacer sobre probabilidades.

Podríamos preguntar, por ejemplo: ¿cuál es la probabilidad de que el resultado 101 forme parte de un cierto intervalo de valores en nuestra escala? Esta es una pregunta inteligente, y con base en ella pueden concebirse fácilmente varias respuestas razonables. Si, por ejemplo, de nuestras 100 mediciones originales, una cierta porción de los resultados queda incluida en ese intervalo particular, podríamos, con todo derecho, elegir esa fracción como el índice de

probabilidad que buscamos. Esta no sería una suposición aventurada, y bien podríamos proponer una descripción normalizada de nuestra distribución considerando la porción de la totalidad de mediciones efectuadas que corresponde a un intervalo especificado, como  $x \pm S$ . Esto transmitiría satisfactoriamente información sobre nuestro conjunto de observaciones a otras personas, pero surge un problema mayor cuando descubrimos que nuestros resultados de probabilidades están específicamente relacionados con nuestro histograma en particular. Si tuviéramos que efectuar otra serie de 100 observaciones manteniendo todas las condiciones igual que al principio, con la esperanza de obtener el mismo histograma, quedaríamos decepcionados. El nuevo histograma no coincidiría con el primero con exactitud. Podría tener características generales semejantes con respecto a su localización y amplitud, pero su estructura detallada no sería la misma que antes, y por tanto obtendríamos respuestas diferentes a preguntas sobre probabilidades.

¿Cómo, entonces, encontraremos respuestas a nuestras interrogantes de modo tal que aquéllas revistan cierta importancia cuantitativa ampliamente comprendida? Una solución consiste en desistir de describir nuestro histograma en particular y empezar a hablar sobre distribuciones teóricas definidas. Estas pueden no ser claramente significativas para nuestro conjunto particular de observaciones, pero ofrecen la enorme ventaja de que, como son construcciones teóricas definidas, tienen propiedades que son definidas, constantes, y ampliamente comprendidas. Muchas de esas distribuciones teóricas se han desarrollado para propósitos especiales, pero aquí nos ocuparemos de una sola: la distribución Gaussiana o "normal".

La distribución de Gauss se utiliza para interpretar muchos tipos de mediciones físicas, en parte debido a que las circunstancias mecánicas de muchas mediciones físicas guardan estrecha correspondencia con los fundamentos teóricos de la distribución Gaussiana, y en parte porque la experiencia demuestra que la estadística Gaussiana sí proporciona una descripción razonablemente exacta de muchos sucesos reales. Sólo para otro tipo común de mediciones físicas es más apropiada otra distribución: al observar fenómenos como la desintegración radiactiva debemos emplear la distribución conocida como distribución de Poisson, pero, aun en casos como éste, la diferencia con la estadística de Gauss resulta significativa sólo en niveles de muy bajas ocurrencias. Puede ahondarse en la estadística de Poisson en libros que se ocupen de métodos experimentales de la física nuclear o la de alta energía. A excepción de estos casos especiales, podemos sentirnos razonablemente seguros de que la estadística Gaussiana puede aplicarse con provecho a la mayoría de las mediciones reales. Sin embargo, debemos recordar siempre que, a menos que efectivamente comprobemos que nuestras mediciones corresponden a una distribución de Gauss, estamos dando por hecho que la estadística Gaussiana es aplicable y

que, por tanto, debemos mantenernos alerta frente a cualquier evidencia que invalde esta hipótesis.

## DISTRIBUCION DE GAUSS Y MUESTREO

Aun cuando, para utilizarla con provecho, no hace falta saber mucho sobre los orígenes de la distribución de Gauss, es interesante saber por qué su deducción le confiere especial importancia para muchas mediciones físicas. La distribución de Gauss puede deducirse a partir de la hipótesis de que la desviación total de una cantidad medida  $x$ , respecto de un valor central  $X$ , es la resultante de una gran cantidad de pequeñas fluctuaciones que ocurren al azar. Para construir un modelo sencillo de esta situación, supongamos que hay  $m$  de esas contribuciones a la desviación total, cada una de igual magnitud  $a$ , y con la misma probabilidad de ser positiva o negativa. Si repetimos el proceso de medición muchas veces, obtendremos un conjunto de valores que van de  $X + ma$ , para una observación en la que todas las fluctuaciones resultan ser positivas simultáneamente, a  $X - ma$ , si todas ocurren en sentido negativo. Para una suma aleatoria como ésta, de cantidades positivas y negativas (como en la "caminata al azar"), puede demostrarse que la suma más probable es cero, lo que significa que los valores más comunes de  $x$  están en la vecindad de  $X$ . Por tanto, la curva de distribución tiene un valor máximo hacia la mitad, es simétrica, y decae suavemente a cero en  $x = X + ma$  y  $x = X - ma$ . Si este concepto se lleva al caso límite en el que un número infinito de desviaciones infinitesimales contribuyen a la desviación total, la curva tiene la forma que se muestra en la figura 3-3. Considerando a la curva exclusivamente desde el punto de vista matemático por ahora, su ecuación puede expresarse así:

$$y = C e^{-h^2(x - X)^2} \quad (3-3)$$

Aquí la constante  $C$  es una medida de la altura de la curva, ya que  $y = C$  para  $x = X$ , en el centro de la distribución. La curva es simétrica alrededor de  $x = X$  y tiende a cero asintóticamente. Es obvio que la cantidad  $h$  determina la amplitud de la curva, ya que sólo es un multiplicador en la escala  $x$ . Si  $h$  es grande, la curva es estrecha y alta en relación a su amplitud; si es pequeña, la curva es baja y ancha. La cantidad  $h$  sin duda debe de estar relacionada con la desviación estándar  $\sigma$  de la distribución, y se puede demostrar que la relación en cuestión es

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2} h} \quad (3-4)$$

(Emplearemos letras latinas, por ejemplo  $S$  para la desviación estándar, para las cantidades asociadas con conjuntos finitos de observaciones reales; y letras

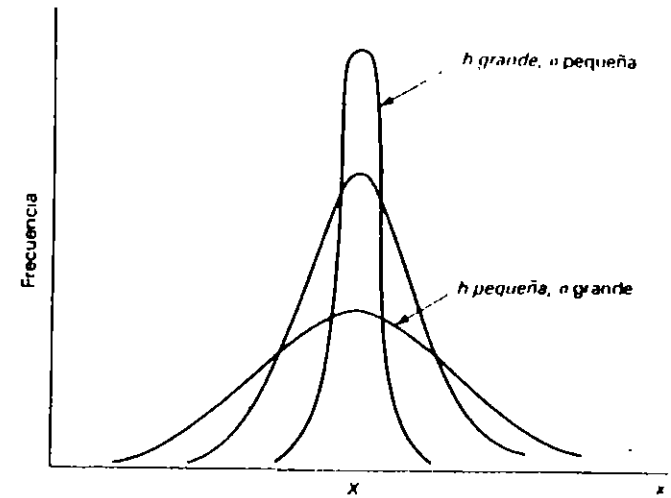


Figura 3-3 La curva de distribución Gaussiana

griegas, como  $\sigma$ , al referirnos a distribuciones definidas, o a un "universo" de observaciones, según se describe en la sección 3-7.)

Ahora que tenemos una ecuación definida para la distribución, toda la ambigüedad original sobre la interpretación de la desviación estándar en términos de probabilidad desaparece, y tenemos valores definidos, únicos y permanentes. Por ejemplo, el área incluida dentro del intervalo  $X \pm \sigma$  para una distribución Gaussiana es de 68%, y dentro del intervalo  $X \pm 2\sigma$  es de 95%, e igual ocurre para *todas* las distribuciones Gaussianas. La relación entre los valores de  $\sigma$  y las áreas bajo la curva de distribución normal se muestra en la figura 3-4 con las líneas verticales trazadas a intervalos de  $1\sigma$  y  $2\sigma$  a partir del valor central. Es muy conveniente contar con valores definidos como éstos, porque podemos afirmar sin lugar a dudas que cualquier valor particular en un conjunto Gaussiano tiene una probabilidad del 68% de estar incluido en el intervalo  $X \pm \sigma$ , y una probabilidad del 95% de caer dentro de  $X \pm 2\sigma$ . En el apéndice I se encontrará una explicación más detallada de las propiedades matemáticas de la distribución Gaussiana.

## 3-7 RELACION ENTRE LA DISTRIBUCION DE GAUSS Y LAS OBSERVACIONES REALES

Los resultados ofrecidos en la sección anterior proporcionan métodos útiles y precisos para interpretar las medias y las desviaciones estándar, pero los problemas

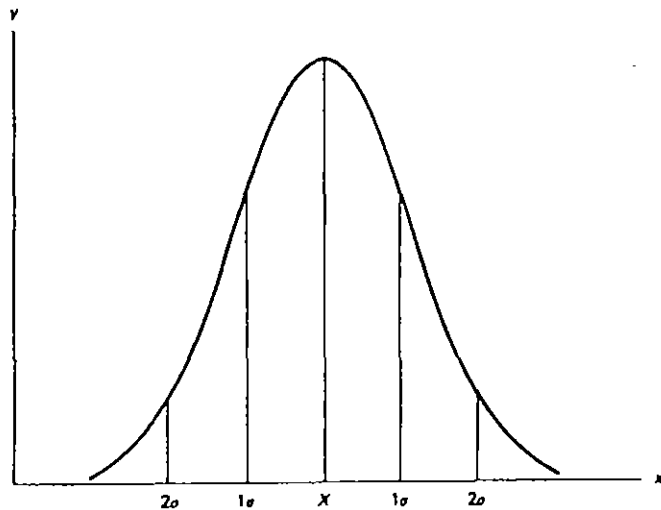


Figura 3-4 La relación de  $1\sigma$  y  $2\sigma$  con los límites de la distribución Gaussiana

surgen cuando empezamos a aplicar esas ideas a las mediciones reales. Índices como el 68 y el 95% se refieren a una construcción teórica, la distribución de Gauss, y todo lo que tenemos es una, o unas cuantas observaciones reales de la cantidad deseada. Para empezar, no tenemos forma de saber qué distribución Gaussiana, con sus respectivos valores de  $X$  y  $\sigma$ , es adecuada para nuestras observaciones. Así pues, ¿qué debemos hacer? La respuesta reside en un concepto que sirve de puente entre el mundo de las construcciones teóricas y el de las mediciones reales. Para un instrumento o para un proceso de medición, procedemos a inventar el concepto del conjunto infinito de observaciones que *podrían* hacerse con él. Por supuesto, por razones bastante obvias, ese número infinito de observaciones nunca se llevará a cabo, pero el concepto nos permite interpretar nuestras mediciones reales. Esta construcción se denomina el "universo" o "población" de esa medición en particular. Una vez que hemos efectuado, digamos, 100 observaciones con nuestro instrumento del caso, tenemos la tendencia a creer que no existe nada más que nuestros 100 valores. Debemos, en cambio, invertir nuestra forma de pensar y considerar a nuestro conjunto de observaciones como una "muestra" del universo o población infinitamente grande de las observaciones que podrían llevarse a cabo. Este universo, con todo, permanecerá siempre inaccesible para nosotros; jamás conoceremos su distribución total o su media o desviación estándar correspondientes. Nuestra tarea, entonces, consistirá en desarrollar inferencias a partir de estas cantidades basadas en las propiedades claramente conocidas de nuestra muestra.

Desde que estamos haciendo supuestos con base en varias bien definidas hipótesis. En primer lugar, daremos por sentado que la distribución del universo en cuestión es Gaussiana, y llamaremos  $X$  a su media y  $\sigma$  a su desviación estándar. Esta suposición nos permite hacer afirmaciones como ésta: si efectuamos una sola medición con nuestro equipo, ésta tiene una probabilidad del 68% de estar incluida en  $X \pm \sigma$ , y una probabilidad del 95% de formar parte de  $X \pm 2\sigma$ . Esta parece una proposición alentadoramente exacta y explícita, pero adolece de un defecto abrumador: no sabemos (ni jamás sabremos) cuáles son los valores de  $X$  y  $\sigma$ . En otras palabras, el hacer una sola observación de un parámetro sujeto a fluctuación al azar, no habremos ganado prácticamente nada. Sólo podremos afirmar que nuestro valor tiene una probabilidad del 68% de estar incluido en algo y a cierta distancia de algo más, lo que no es de gran utilidad. Nuestra única esperanza radica en obtener alguna información, aunque sea dudosa, acerca de la distribución del universo en cuestión. Como ya hemos afirmado, jamás podremos determinar la distribución del universo con toda exactitud, porque eso requeriría de un número infinito de observaciones. Sólo podemos confiar en que, si repetimos nuestro proceso de medición razonablemente para obtener una muestra del universo, esta muestra nos permitirá hacer alguna estimación de los parámetros del universo en su totalidad.

Puesto que estamos partiendo de la premisa básica de que la distribución del universo es una función matemática definida (ya sea Gaussiana o de algún otro tipo, también bien-definida), podemos evaluar matemáticamente las propiedades de las muestras con respecto a las del universo de observaciones individuales. Aquí enunciaremos simplemente estas propiedades sin demostrarlas. Se recomienda al lector interesado en la deducción matemática de estos resultados que consulte a los textos tradicionales de estadística, en donde encontrará secciones que tratan de la teoría del muestreo.

Las propiedades de las muestras se aclaran si consideramos el concepto de muestreo repetido. Consideremos que hemos hecho 100 observaciones con cierto dispositivo. Esta será nuestra primera muestra. Calculemos ahora su media y su desviación estándar y anotémoslas. Efectuemos a continuación otro conjunto de 100 observaciones y anotemos su media y su desviación estándar correspondientes. Repitamos el proceso hasta tener un número infinito de muestras, cada una con su propia media y desviación estándar, grafiquemos luego las curvas de distribución de las medias y las desviaciones estándar respectivas. Por supuesto que nunca llevaremos a cabo un proceso como éste con observaciones reales, pero, conociendo la función matemática representativa de nuestro universo original de observaciones aisladas, podemos simular matemáticamente ese muestreo repetido, y deducir así las propiedades de las muestras en comparación con las del universo original de observaciones particulares. Los resultados de tales cálculos de la distribución de medias y desviaciones

La distribución se ilustra en la figura 3-6. Sin embargo, como podrá apreciarse en seguida, la varianza de las desviaciones estándar de las muestras no nos interesará tanto como la varianza de las medias de las muestras, y pospondremos hasta la sección 3-11 un análisis adicional de la varianza de las desviaciones estándar de las muestras.

### 1) APLICACION DE LA TEORIA DE MUESTREO A LAS MEDICIONES REALES

Las propiedades de la muestra que acabamos de presentar son muy interesantes, pero, ¿cómo pueden ayudarnos si no tenemos acceso a las distribuciones reales, ya sea para las medias o para las desviaciones estándar de las muestras? Tenemos una muestra aislada con su media y su desviación estándar, y ninguna idea respecto de cómo se relacionan éstas con los valores del universo del caso. Nuestro problema, por tanto, consiste en encontrar una relación entre los resultados teóricos y las propiedades de las muestras que nos permitan inferir las propiedades del universo a partir de los valores de la muestra. Como es obvio, no podemos esperar obtener una información exacta. Además, debemos partir de una premisa básica, evidentemente imprecisa: suponemos que nuestro único parámetro, la desviación estándar de la muestra, nos proporciona, a su vez, el parámetro de la desviación estándar del universo respectivo. De hecho, puede demostrarse que la "mejor estimación" de la desviación estándar del universo está dada por la cantidad

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{N - 1}} \quad (3-6)$$

Esta difiere sólo un poco de nuestro valor original de la desviación estándar para un conjunto dado de observaciones. La  $N$  en el denominador de la expresión original se ha cambiado por  $N - 1$ , y la diferencia entre las dos cantidades, obviamente, resulta significativa sólo para valores pequeños de  $N$ . De aquí en adelante, cuando hablemos de la desviación estándar de una muestra, daremos por sentado que estamos usando la ecuación en esta nueva forma, y que en realidad estaremos considerando la "mejor estimación" del valor del universo,  $\sigma$ .

Admitiendo a nuestra desviación estándar de la muestra como la mejor estimación de  $\sigma$ , estamos ahora en condiciones de hacer una clara proposición sobre nuestra muestra aislada. Podemos reformular la ecuación 3-5 y definir

$$S_{\pm} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (3-7)$$

como la desviación estándar de la media, que ahora es una cantidad conocida derivada de nuestra muestra real. Ahora podemos afirmar: nuestra media de la muestra  $\bar{x}$  tiene una probabilidad del 68% de estar incluida en  $X \pm S_{\pm}$ , y una probabilidad del 95% de formar parte de  $X \pm 2S_{\pm}$ . Esta es una afirmación más aproximada a lo que necesitamos, pero todavía no es completamente satisfactoria. Nos dice algo acerca de una cantidad que conocemos,  $\bar{x}$ , en términos de otra que ignoramos,  $X$ . En realidad necesitamos que la proposición sea a la inversa: queremos poder afirmar algo sobre nuestra incógnita  $X$ , en términos de una cantidad  $\bar{x}$ , cuyo valor sí conocemos. Por fortuna, es posible probar que la proposición inicial sobre probabilidades puede invertirse para producir nuestro resultado deseado. Con ello, deduciremos la proposición por la cual hemos estado trabajando desde que empezamos nuestro análisis sobre la estadística de las cantidades fluctuantes. Nuestra proposición final es: Hay una probabilidad del 68% de que la media del universo,  $X$ , esté incluida en el intervalo  $\bar{x} \pm S_{\pm}$ , y del 95% de que forme parte del intervalo  $\bar{x} \pm 2S_{\pm}$ . Esta ya es, por último, una afirmación sobre la cantidad desconocida,  $X$ , en términos de cantidades perfectamente identificadas,  $\bar{x}$  y  $S_{\pm}$ . Sobre nuestra escala de valores  $x$  tenemos ahora un intervalo real y conocido entre  $\bar{x} - S_{\pm}$  y  $\bar{x} + S_{\pm}$ , y sabemos que hay una probabilidad del 68% de que nuestro parámetro buscado  $X$  forme parte de este intervalo.

Esta afirmación nos proporciona la respuesta que hemos estado buscando, y nos acerca tanto como es posible a la información exacta sobre el valor central fijo de nuestro parámetro observado. Vale la pena familiarizarse muy bien con los argumentos que hemos expuesto en las secciones anteriores; el proceso de medición consiste en mucho más que simplemente hacer unas cuantas observaciones y "sacar el promedio" sólo porque aparentemente eso es lo correcto.

### 3-11 EFECTO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

En cualquier proceso de muestreo, sin duda alguna, cuanto más grande sea la muestra, tanto más precisas serán nuestras afirmaciones finales. Aunque la precisión de un valor medio aumenta sólo en proporción directa a la raíz cuadrada del número de observaciones de la muestra (ecuación 3-5), de todos modos se incrementa, y las muestras más grandes tienen medias más precisas. Puede haber, no obstante, restricciones de tiempo u oportunidad, y no siempre podemos obtener muestras del tamaño deseable. En general, deberá procurarse un acomodo entre las conflictivas exigencias de precisión y de tiempo, y un buen diseño experimental habrá de tener en cuenta este arreglo en la planeación preliminar. Sin embargo, en ocasiones puede ser necesario el contentarnos con muestras pequeñas. Frente a esta indeseable eventualidad, debemos

estar conscientes de la magnitud de pérdida resultante en precisión. Se da, en primer lugar, la influencia sobre el valor de la desviación estándar de la media; cuanto más pequeña sea  $N$ , tanto mayor será el valor de  $S_{\sigma}$  y más amplio el intervalo en la escala de  $x$  que tiene el 68% de probabilidad de contener el valor  $X$  del universo. En segundo lugar, para muestras pequeñas debemos tener una fe decreciente en el uso de la desviación estándar de la muestra,  $S$ , como mejor estimación del valor  $\sigma$  del universo. Para ilustrar esto, recordemos la curva de distribución para la desviación estándar de la muestra que aparece en la figura 3-6. Aquí cabe preguntarse: dada la existencia de esta distribución, ¿cuán buena es nuestra "mejor estimación" de la desviación estándar del universo, y cómo varía ésta con el tamaño de la muestra? La respuesta ha de basarse en la amplitud de la distribución de las desviaciones estándar de las muestras, y por tanto debemos calcular la desviación estándar de esta distribución. Esto se denomina la **desviación estándar de la desviación estándar**. (Obviamente este proceso, se comprende, podría aplicarse indefinidamente, pero, por fortuna, debemos detenernos en esta etapa.) El valor de la desviación estándar de la desviación estándar, calculada matemáticamente a partir de la ecuación de la distribución Gaussiana, es

$$\sigma_s = \frac{\sigma}{\sqrt{2(N-1)}} \quad (3-8)$$

De esta manera, la amplitud de la distribución de desviaciones estándar de la muestra está relacionada con su valor central  $\sigma$  por el factor numérico  $1/\sqrt{2(N-1)}$ . Como cabría esperar, la exactitud de la desviación estándar de la muestra como mejor estimación del valor del universo depende del tamaño de la muestra. Por ejemplo, con un tamaño de 10, la ecuación 3-8 revela que nuestro valor  $S$  para la muestra tiene un 68% de probabilidad de estar incluido en un rango de  $\pm \sigma/\sqrt{18}$ , aproximadamente a  $\pm \sigma/4$ , del valor  $\sigma$  del universo. En correspondencia, el intervalo que tiene un 95% de probabilidad de contener la media de la muestra tiene una amplitud de  $\sigma/2$  respecto del valor  $\sigma$  del universo. Esto no representa una alta precisión en la medición. Vemos, por tanto, confirmada la advertencia dada con anterioridad: los cálculos estadísticos con muestras pequeñas deberán intentarse sólo cuando no exista otra alternativa. A fin de proporcionar una apreciación global de la confiabilidad de las estimaciones de  $\sigma$  a partir de muestras de tamaño diferente, la tabla 3-1 contiene algunos valores representativos de  $\sqrt{2(N-1)}$  para valores diversos de  $N$ .

Esos valores se ilustran en la figura 3-7 para  $N = 3$ ,  $N = 10$  y  $N = 100$ . Los límites de  $\pm 1\sigma/S$  se han considerado en estas curvas, las cuales ilustran, para varios tamaños de muestras, los intervalos en los que hay una probabilidad del 68% de que se encuentre la desviación estándar de nuestra muestra. Para valores de  $N$  menores de alrededor de 10, es evidente que los intervalos para probabilidades del 68 o del 95% se vuelven tan grandes en comparación con el valor central que casi no

TABLE 3-1 Exactitud de las estimaciones de  $\sigma$  a partir de muestras de tamaño variable

68% de confianza		95% de confianza	
$N$	$\sqrt{2(N-1)}$	$N$	$\frac{1}{\sigma} \sqrt{2(N-1)}$
2	1.4	2	0.7
3	2.0	3	1.0
4	2.4	4	1.2
5	2.8	5	1.4
6	3.1	6	1.6
7	3.4	7	1.7
8	3.7	8	1.8
9	4.0	9	2.0
10	4.2	10	2.1
15	5.2	15	2.6
20	6.1	20	3.2
50	9.8	50	4.9
100	14.1	100	7.0

tiene sentido intentar una estimación de  $\sigma$ . Rara vez, pues, vale la pena intentar cualquier clase de análisis estadístico con muestras que tengan menos de 10 observaciones. En todo caso, al presentar resultados de análisis estadístico, es esencial señalar el tamaño de la muestra. Si queremos que nuestros valores para la media y la desviación estándar de la media sean interpretados según la regla del 68 y el 95%, debemos proporcionar a nuestros lectores la oportunidad de juzgar la exactitud de nuestras estimaciones.

### 3-12 DESVIACION ESTANDAR DE VALORES CALCULADOS

En el capítulo 2 consideramos la incertidumbre de valores calculados de  $z$ , y supusimos que la incertidumbre de las observaciones originales establecía intervalos dentro de los cuales estábamos casi seguros de que se encontraban los valores buscados. Partiendo de la hipótesis pesimista de que los errores en los diversos parámetros observados se combinaban del "peor modo", calculamos el máximo rango de variación del valor calculado a fin de llevar éste tan lejos del valor central como fuese posible. Ya hemos sugerido antes que esto representa un enfoque poco práctico y pesimista, y que un parámetro más útil sería un valor "probable" para  $\delta z$ , basado en las diferentes probabilidades asociadas con la desviación de los parámetros originales  $x$ ,  $y$ , etc., de sus valores centrales. Los límites dados por este parámetro serán, naturalmente, menores que  $\pm \delta z$ , pero esperamos que éstos tengan una importancia cuantitativa real. Esta validez estadística podrá darse sólo si las incertidumbres en  $x$  y en  $y$  son

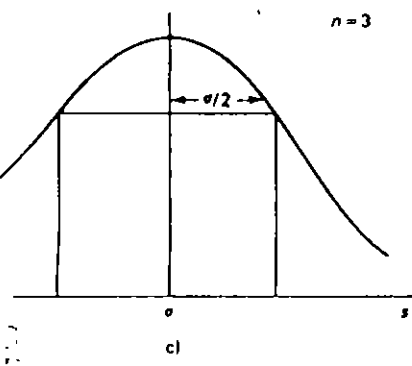
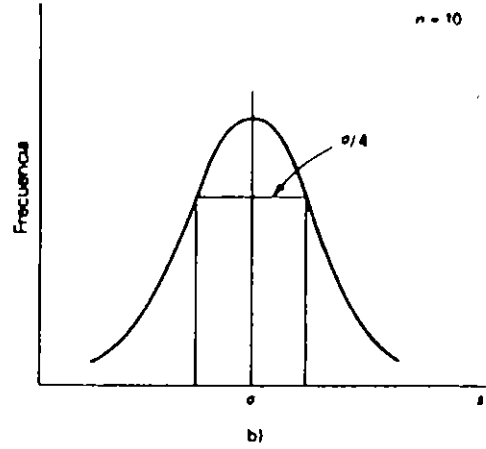
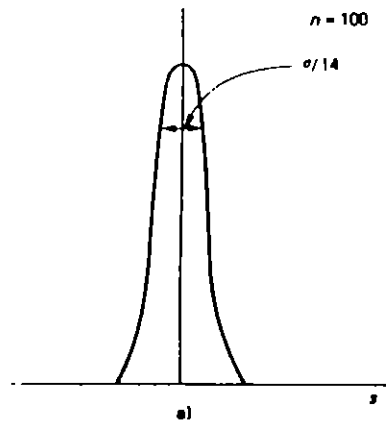


Figura 3-7 Distribuciones de la desviación estándar de la muestra para muestras de varios tamaños.

estadísticamente significativas, y en los cálculos que siguen supondremos que las mediciones de  $x$  y de  $y$  han sido lo bastante numerosas para justificar un cálculo de las desviaciones estándar  $S_x$  y  $S_y$ . Esperamos ahora calcular un valor de  $S_z$  que revista la misma importancia para los valores de  $z$  que la que  $S_x$  y  $S_y$  tienen para  $x$  y  $y$ .

Debemos, con todo, preguntarnos para empezar qué queremos decir con  $S_z$ . Suponemos que la medición se da en parejas de observaciones  $x$ ,  $y$  obtenidas por repetición del proceso de observación bajo condiciones idénticas (por ejemplo, la corriente que pasa por un resistor y el voltaje en sus extremos, medidos con la intención de calcular la resistencia  $R$ ). Cada pareja de observaciones proporcionará un valor de  $z$ , y, si la repetición da  $N$  pares, tendremos

un conjunto de  $N$  valores de  $z$  que están distribuidos de acuerdo con las fluctuaciones de las mediciones originales. La cantidad que requerimos,  $S_z$ , es la desviación estándar de ese conjunto de valores de  $z$ . Estos valores individuales de  $z$  acaso nunca se calculen uno por uno, pues hay una forma más fácil de hacerlo. Podemos calcular las medias  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$  de los conjuntos de valores de  $x$  y  $y$ , y obtener  $\bar{z}$  en forma directa valiéndonos de la premisa (válida si  $S_x$ ,  $S_y$  y  $S_z$  son pequeñas comparadas con  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  y  $\bar{z}$ , respectivamente), de que

$$\bar{z} = f(\bar{x}, \bar{y})$$

Sin embargo, esta distribución de los valores de  $z$  nos da la importancia de la desviación  $S_z$  que estamos a punto de calcular.

Si suponemos que los universos de los valores de  $x$ ,  $y$  y  $z$  tienen una distribución Gaussiana, el parámetro  $\sigma_z$  (del cual nos disponemos a calcular la mejor estimación en términos de distintos valores de  $S_z$ ) tendrá la importancia usual; esto es, cualquier valor de  $z$  tendrá una probabilidad del 68% de estar incluido a  $\pm \sigma_z$  del valor central. Como antes, sea

$$z = f(x, y)$$

y consideremos variaciones  $\delta x$  y  $\delta y$  que producen a su vez una variación  $\delta z$  en el valor calculado de  $z$ . El valor de  $\delta z$  estará dado por

$$\delta z = \frac{\partial z}{\partial x} \delta x + \frac{\partial z}{\partial y} \delta y$$

Esta variación puede emplearse para calcular la desviación estándar de los  $N$  valores diferentes de  $z$ , ya que

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum (\delta z)^2}{N}}$$

Así

$$\begin{aligned} S_z^2 &= \frac{1}{N} \sum \left( \frac{\partial z}{\partial x} \delta x + \frac{\partial z}{\partial y} \delta y \right)^2 \\ &= \frac{1}{N} \sum \left( \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 (\delta x)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 (\delta y)^2 + 2 \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y} \delta x \delta y \right) \\ &= \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 \frac{1}{N} \sum (\delta x)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \frac{1}{N} \sum (\delta y)^2 + \frac{2}{N} \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y} \sum \delta x \delta y \end{aligned}$$

Pero

$$\frac{1}{N} \sum (\delta x)^2 = S_x^2 \quad \text{y} \quad \frac{1}{N} \sum (\delta y)^2 = S_y^2$$

y, como para los fines presentes puede considerarse que  $\delta x$  y  $\delta y$  son variaciones independientes,

$$\sum (\delta x \delta y) = 0$$

Por esto, finalmente

$$S_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 S_x^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 S_y^2} \quad (3-9)$$

Si  $z$  es una función de más de dos variables, la ecuación se extiende agregando términos semejantes. De este modo, si las componentes de un cálculo tienen desviaciones estándar con cierto grado de confiabilidad, puede hallarse un valor para la incertidumbre probable del resultado, donde "probable" tiene verdadera importancia cuantitativa.

El cálculo se ha realizado en términos de la varianza o desviación estándar de las distribuciones de  $x$  y  $y$ . Sin embargo, en la práctica real, no se emplea la varianza de la muestra directamente; es preciso calcular las mejores estimaciones de  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ , etc., y, de acuerdo con la ecuación 3-6, utilizar el valor modificado de la desviación estándar con denominador  $N - 1$  en vez de  $N$ . El resultado final constituirá entonces una mejor estimación de  $\sigma_z$ . La desviación estándar de la media de  $z$  puede calcularse luego directamente usando la ecuación 3-5, lo cual proporcionará los límites que tienen un 68% de probabilidad de contener el valor fijo buscado.

Nótese que la mayoría de los experimentos no se llevan a cabo de acuerdo con las suposiciones restringidas del desarrollo anterior. Si, por ejemplo, estamos estudiando la rapidez de flujo de agua por un tubo, mediríamos la rapidez de flujo, el radio del tubo, y la longitud de éste por separado, y decidiríamos luego la cantidad de observaciones en cada muestra con base en la precisión intrínseca de la medición del caso. No podemos, por tanto, usar la ecuación 3-9 directamente, ya que las diferentes desviaciones estándar  $S$ 's no son compatibles. La solución estriba en calcular primero la desviación estándar de la media para cada uno de los parámetros originales. Si éstas se usan en la ecuación 3-9, el cálculo nos dará inmediatamente una desviación estándar de la media de  $z$ .

## DESVIACION ESTANDAR DE VALORES CALCULADOS: CASOS ESPECIALES

Vamos ahora a aplicar la ecuación 3-9 a unos cuantos ejemplos comunes. En todos los casos que siguen, se da por sentado que las diferentes desviaciones es-

tándar  $S$ 's son las mejores estimaciones del valor  $\sigma$  correspondiente al universo.

### a) Suma de dos variables

$$z = x + y$$

Aquí

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 1, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 1$$

y

$$S_z = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

Adviértase que este resultado justifica la ecuación 3-7; el valor medio de una muestra,  $(\sum x)/N$ , es precisamente una función del tipo  $z = x + y$ , en donde  $x$  y  $y$  resultan ser mediciones independientes del mismo parámetro. De este modo, si

$$z = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + x_3 + \dots)$$

$$\frac{\partial z}{\partial x_1} = 1/N, \quad \frac{\partial z}{\partial x_2} = 1/N, \quad \text{etc.}$$

y

$$S_z = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right)^2 S_x^2 + \left(\frac{1}{N}\right)^2 S_y^2 + \dots} \\ = \sqrt{NS_x^2/N^2} = S_x/\sqrt{N}$$

### b) Diferencia de dos variables

$$z = x - y$$

Aquí

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 1, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = -1$$

pero, nuevamente

$$S_z = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

estándar de las muestras pueden apreciarse en las figuras 3-5 y 3-6, y se explicarán más ampliamente en las secciones siguientes.

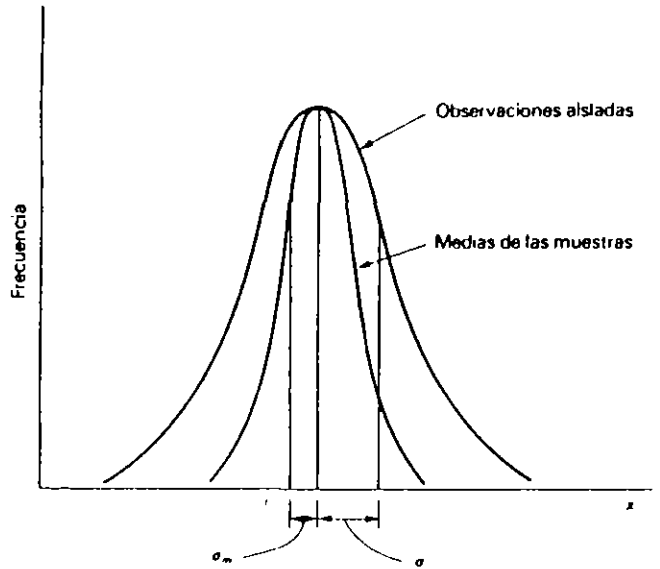


Figura 3-5 Curva de distribución de observaciones aisladas y medias de la muestra. (Nótese que la escala vertical de las dos curvas no es la misma. Se han graficado con un valor máximo común, solamente para propósitos de distracción.)

5. A

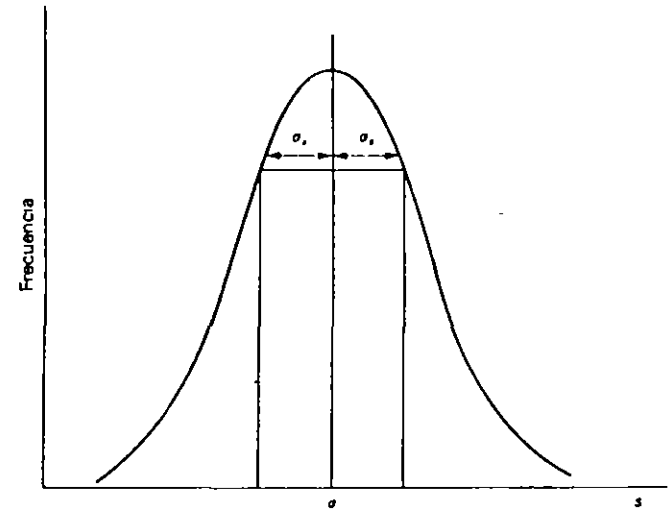


Figura 3-6 La distribución de desviaciones estándar de la muestra

distribución de medias de las muestras. Este parámetro se denomina la **desviación estándar de la media**, y su valor es

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \tag{3-5}$$

donde  $N$  es la cantidad de observaciones de la muestra. Así pues, una muestra en particular tiene un 68% de probabilidad de estar incluida en el intervalo  $X \pm \sigma_m$ , y un 95% de probabilidad de formar parte del intervalo  $X \pm 2\sigma_m$ . Estos intervalos son más pequeños que los correspondientes a observaciones aisladas, y proporcionan una medida cuantitativa de la precisión mejorada que es posible lograr con el muestreo.

Obsérvese que la proposición sobre medias de las muestras, si bien es precisa, aún no nos sirve de mucho, pues todavía incluye los parámetros desconocidos  $X$  y  $\sigma$ . La resolución de esta dificultad y la importancia de la desviación estándar de la muestra se pondrán en claro muy pronto. Mientras tanto, fijemos brevemente nuestra atención en la otra propiedad importante de las muestras: la distribución de las desviaciones estándar de las muestras.

### 1 MEDIA DE LA MUESTRA Y DESVIACION ESTANDAR DE LA MEDIA

Si la distribución del universo de observaciones aisladas es Gaussiana, la teoría del muestreo indica que la distribución de las medias de la muestra también es Gaussiana. Además, la distribución de medias de la muestra tiene otras dos propiedades muy importantes. Primera: está centrada en  $X$ , el centro de la distribución original de observaciones individuales; segunda: es más estrecha que la distribución original. Esa estrechez es muy significativa, porque demuestra de inmediato la mejoría en precisión derivada de las muestras, en comparación con las observaciones aisladas; las medias de las muestras se agrupan con mayor densidad alrededor de la media del universo que en el caso de las observaciones aisladas. La dispersión reducida de las medias de las muestras se representa con un parámetro muy importante: la desviación estándar de la

### 3-9 DESVIACION ESTANDAR DE LA MUESTRA

Las desviaciones estándar de la muestra corresponden también a una distribución Gaussiana, cuyo centro constituye la desviación estándar del universo,  $\sigma$ .



Recordando la sección 2-8b, puede observarse que ese análisis sobre la medición de diferencias sigue siendo válido.

c) Producto de dos variables

$$z = xy$$

Aquí

$$\frac{\partial z}{\partial x} = y, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = x$$

y

$$S_z = \sqrt{y^2 S_x^2 + x^2 S_y^2}$$

El valor específico de  $S_z$  con los valores particulares  $x_0$  y  $y_0$ , de  $x$  y  $y$ , puede obtenerse sustituyendo  $x_0$  y  $y_0$  en las ecuaciones. Como era el caso para la incertidumbre de los productos, la ecuación se expresa más claramente en términos de valores relativos de  $S_z$  y obtenemos que

$$\frac{S_z}{z} = \sqrt{\frac{S_x^2}{x^2} + \frac{S_y^2}{y^2}}$$

d) Variables elevadas o potencias

Aquí

$$z = x^a$$

$$\frac{\partial z}{\partial x} = ax^{a-1}$$

y

$$S_z = \sqrt{a^2 x^{2(a-1)} S_x^2}$$

De nueva cuenta, esto resulta más instructivo cuando se expresa en términos de valores relativos:

$$\frac{S_z}{z} = \sqrt{\frac{a^2 S_x^2}{x^2}}$$

$$= a \frac{S_x}{x}$$

e) El caso general de potencias y productos

$$z = x^a y^b$$

Los resultados de las dos secciones precedentes pueden, desde luego, ampliarse para dar:

$$\frac{S_z}{z} = \sqrt{\left(\frac{aS_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{bS_y}{y}\right)^2}$$

En contraste con el caso de las incertidumbres combinadas, no hace falta conceder especial importancia a las potencias negativas de la función original; en la ecuación para  $S_z$ , las potencias ocurren en forma cuadrática y automáticamente producen un resultado positivo.

Si se encuentra una función distinta a las ya señaladas, el empleo de la ecuación 3-9 dará el resultado deseado. Cabe señalar, por cierto, que para una función de una sola variable la ecuación 3-9 se reduce a la misma forma del caso de las incertidumbres, es decir la ecuación 2-1. Esta correspondencia es predecible para una situación en la que no tenemos la interacción de probabilidad entre dos o más variables.

Por último, aunque en las secciones 2-5 a 2-9 presentamos un buen número de enfoques diferentes para el cálculo de límites externos de incertidumbres, la desviación estándar de  $z$  es una cantidad definida en forma exclusiva, y no hay alternativas al empleo de la ecuación 3-9.

### 3-14 COMBINACION DE DISTINTOS TIPOS DE INCERTIDUMBRE

Para desgracia de la elegancia matemática en los cálculos, a menudo requerimos definir la incertidumbre en un resultado que incluye parámetros con diferentes tipos de incertidumbre. Podemos, por ejemplo, necesitar la incertidumbre en

$$z = f(x, y)$$

donde,  $x$  es una cantidad a la cual se le han asignado límites exteriores  $\pm \Delta x$ , dentro de los cuales estamos "casi seguros" de que se encuentra su valor real, en tanto que  $y$  es una cantidad cuya incertidumbre es de naturaleza estadística; tal vez se trate de una desviación estándar  $S_y$  de la muestra, o de una desviación estándar  $S_y/\sqrt{N}$ , de la media. Y necesitamos determinar un índice de incertidumbre

para  $z$ . Nuestra primera dificultad es definir siquiera la incertidumbre en  $z$ . Estamos tratando de combinar dos parámetros que tienen, en efecto, curvas de distribución completamente diferentes. Una es la función normal de Gauss; la otra es un rectángulo, limitado por los valores  $x_0 + \delta x$  y  $x_0 - \delta x$ , y plano en la parte superior, pues el valor real de  $x$  puede, por igual, darse en cualquier punto dentro del intervalo  $x_0 \pm \delta x$ . Cualquier método general para resolver este problema probablemente resulte demasiado complejo para el uso común, pero disponemos ya de una aproximación sencilla basada en el procedimiento que sigue.

En el cálculo de  $z$  utilizamos la media de la muestra,  $\bar{y}$ , para el valor de  $y$ , lo que implica que la media del universo considerado tiene una probabilidad de aproximadamente  $\frac{2}{3}$  de estar incluido en el intervalo  $\bar{y} \pm S/\sqrt{N}$ . Calculemos, pues, límites de  $x$  que también tengan una probabilidad de  $\frac{2}{3}$  de encerrar el valor real. Como la distribución de probabilidad de  $x$  es rectangular,  $\frac{2}{3}$  del área bajo la curva de distribución están encerrados por límites separados por una distancia igual a  $\frac{2}{3}$  del rango total de posibilidades, esto es,  $\frac{2}{3}$  de  $2 \delta x$ . La amplitud total del espacio con probabilidad de  $\frac{2}{3}$  es, por tanto, de  $\frac{4}{3}$  de  $\delta x$ , y los límites de incertidumbre son de  $\pm \frac{2}{3} \delta x$ .

La cantidad  $\frac{2}{3} \delta x$  es, por lo tanto, compatible con  $S/\sqrt{N}$ , puesto que ambos se refieren a una probabilidad de  $\frac{2}{3}$ . Puede usarse ahora la ecuación 3-9, introduciendo  $\frac{2}{3} \delta x$  para el valor de la desviación estándar de la media de  $x$ , y  $S/\sqrt{N}$  para la función de  $y$ . Esto dará un valor de incertidumbre para  $z$  que puede interpretarse de acuerdo con la regla de los  $\frac{2}{3}$ . Nótese, empero, que los límites para el 95% de probabilidad no son simplemente el doble de amplios que para la probabilidad de  $\frac{2}{3}$ ; habría que calcular éstos por separado utilizando el método anterior.

## RECHAZO DE RESULTADOS

Una última propiedad práctica de las curvas de distribución tiene que ver con los valores que quedan fuera. Siempre existe la posibilidad de cometer una equivocación, tal vez al leer equivocadamente una escala o al mover accidentalmente un instrumento entre el ajuste y la observación. Nos veremos, por tanto, en la tentación de justificar de modo parecido una observación en particular que diverja claramente de lo que de otra forma sería un grupo compacto de valores. Esta, sin embargo, es una tentación peligrosa, ya que la curva de Gauss permite la existencia de valores divergentes de la parte central de la distribución. Más aún, una vez que admitamos la posibilidad de "depurar" las observaciones, puede resultar muy difícil saber dónde detenerse. Dependemos, pues, del juicio del experimentador. Esto no es precisamente irracional, puesto

que el experimentador sabe más de la medición que cualquier otra persona, ya que puede disponer de criterios para tomar decisiones que pueden ser muy útiles. Con el tiempo, se han formulado muchas "reglas" empíricas para el rechazo de observaciones, pero éstas deben utilizarse con prudencia. Sería ridículo, por ejemplo, aplicar una regla para rechazar un resultado que estuviera apenas fuera del límite que fija la regla si hay, además, otras observaciones justo dentro del límite. Hay también la posibilidad de que se haya registrado información adicional relativa al resultado aislado en el momento mismo en que se verificó, y eso puede ayudarnos a decidir considerarlo o rechazarlo.

El consejo que deseamos al tomar este tipo de decisiones puede encontrarse en las propiedades de la distribución Gaussiana. En una distribución Gaussiana la probabilidad de obtener resultados fuera de los límites de  $2\sigma$  es del 5% (como ya se vio); más allá de los límites de  $3\sigma$ , es de  $\frac{1}{3}\%$ , y fuera de los límites de  $4\sigma$  la probabilidad, es menor de  $6 \times 10^{-5}$ . La decisión de rechazar resultados sigue siendo responsabilidad del experimentador, por supuesto, pero podemos afirmar, en términos generales, que los resultados incluidos más allá de los límites de  $3\sigma$  muy probablemente sean equivocaciones, y quedarán, por tanto, descartados al cabo. Sin embargo, puede surgir un problema a causa de nuestra falta de información acerca del universo de observaciones y sus parámetros  $X$  y  $\sigma$ . Cuanto mejor sea nuestro conocimiento de  $\sigma$ , más seguros podremos estar de que cualquier observación muy divergente y aislada proviene de una causa verdaderamente accidental, tal como un error humano, mal funcionamiento de los aparatos, etc. Así, por ejemplo, si hemos efectuado 50 observaciones que se agrupan dentro del 1% del valor central  $\bar{y}$ , obtenemos luego un resultado que se ubica a una distancia del 10% relativo, podemos estar razonablemente seguros para sugerir que esta última observación no pertenece al mismo universo que las 50 precedentes. El requisito básico, antes de justificar cualquier rechazo, es confiar en la distribución principal de las observaciones del caso. Sin duda alguna, no hay justificación para aceptar dos resultados y rechazar luego una tercera medición sobre la base de un criterio de  $3\sigma$ . A menos que el argumento del rechazo sea plenamente convincente, la mejor opción es considerar todas las observaciones, nos gusten o no.

También es sensato recordar que muchos de los principales descubrimientos de la física tuvieron su origen en observaciones que diferían de lo esperado.

## PROBLEMAS

Las siguientes observaciones referentes a ángulos (dadas en minutos de arco), se efectuaron al medir el espesor de una película de helio líquido. Suponga que las observa-

21. La impedancia de un circuito  $R-C$  en serie es

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

donde  $Z$  y  $\omega$  son variables medidas. Determine  $R$  y  $C$ .

22. La variación relativista de la masa con la velocidad es

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

donde  $m$  y  $v$  son variables medidas. Determine  $m_0$  y  $c$ .

23. Las longitudes de onda de las líneas en la serie de Balmer del espectro del hidrógeno están dadas por

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

donde  $\lambda$  y  $n$  son variables medidas. Determine  $R$ .

# 6

## Evaluación de experimentos

### 6-1 ENFOQUE GENERAL

Aun cuando hayamos terminado de hacer las mediciones en un experimento, todavía resta por cumplir una parte igualmente significativa del proceso: debemos evaluar la importancia de lo que se ha hecho. Al realizar el experimento, nuestro objetivo es poder hacer alguna proposición al cabo. Es importante identificar con claridad lo que queremos enunciar, y asegurarnos que el enunciado es tan exacto y completo como sea posible así como que esté perfectamente justificado por nuestras observaciones. La forma precisa en que evaluemos el experimento en su conjunto, dependerá del tipo de experimento que hayamos realizado. Como ya explicamos en los capítulos 4 y 5, podríamos haber trabajado con o sin un modelo teórico, y nuestras mediciones pueden o no estar dominadas por fluctuaciones estadísticas. Los procedimientos a seguir, pues, variarán en consecuencia.

Antes de proseguir, empero, debemos advertir dos hechos generales. Primero, siempre debemos tener presente que los resultados experimentales son valiosos. A menudo son resultantes de un amplio programa experimental que absorbe a mucha gente y grandes cantidades de dinero. A cualquier escala de costo, los resultados pueden ser únicos e irre recuperables. Es preciso admitir la obligación de extraer cada ápice disponible de información a partir de nuestras observaciones, y asegurarnos de que nuestra proposición final es tan completa como sea posible. El segundo hecho general tiene que ver con la objetividad.

Es casi imposible evitar emprender un experimento abrigando alguna idea preconcebida de lo que "debe" ocurrir. Debemos, sin embargo, disciplinarnos para ser tan objetivos como podamos, y así el resultado del experimento es distinto de lo esperado o deseado, o nos decepciona de algún modo, nuestro deber es estar preparados para exponer el resultado en forma honrada y realista, y obtener con base en ello la orientación requerida para el trabajo futuro.

En el laboratorio de enseñanza, donde a veces es difícil tener en mente los objetivos finales con toda claridad, y es fácil en cambio olvidar que nuestros experimentos sirven para simular tareas reales en el mundo del trabajo, comúnmente nos encontramos con la creencia equivocada de que la misión consiste en reproducir los valores conocidos de magnitudes experimentales. Si, por ejemplo, estamos midiendo la aceleración de la gravedad y obtenemos un valor de  $9.60 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-2}$ , y nuestra respuesta difiere del resultado "correcto", concluimos que estamos "equivocados". El "error" entonces puede atribuirse por conveniencia a los instrumentos. De hecho, como no hay resultados "correctos" de las magnitudes experimentales, nuestra situación en efecto tiene que ver con la comparación de dos valores medidos de una cantidad. Cada valor medido tiene sus características propias, así como su propio intervalo de incertidumbre. Evaluar la importancia de una discrepancia entre dos valores medidos independientes de una misma cantidad, es realmente una tarea compleja y difícil. Es mucho mejor, en principio, desarrollar nuestra habilidad para medir tan confiablemente como sea posible, y evaluar su intervalo de incertidumbre con la mayor exactitud; más tarde podremos preocuparnos de comparar nuestras mediciones con las de otras personas.

Así que cuando estamos efectuando mediciones de magnitudes de las que de antemano conozcamos con certeza un valor más preciso, es mejor disciplinarnos para evitar pensar en ese valor más preciso o "estándar"; es mejor adquirir experiencia y fortalecer la confianza en nuestro propio trabajo. Esta confianza hará falta más adelante, cuando nos dediquemos a la experimentación profesional, en la que deberemos hacernos responsables de nuestros propios experimentos, y medir fenómenos que acaso nunca hayan sido medidos antes.

De modo que si obtenemos un valor de  $9.60 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-2}$  para  $g$ , démonos cuenta de igual manera que la incertidumbre del caso es de  $\pm 0.3 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-2}$ , y el resultado no es tan malo como podríamos pensar al principio. Si vamos a reclamar por algo, que sea por los  $\pm 0.3 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-2}$ , pero no tenemos por qué sentirnos culpables al respecto si nuestro dispositivo experimental, con un esfuerzo normal, no es capaz de dar una precisión mejor que el 3%. No debemos engañarnos por la forma en que suelen citarse los valores aceptados de algunas magnitudes físicas en los libros de texto. Estos valores con frecuencia se men-

cionan de manera más bien ocasional, y los textos rara vez aclaran el que estas cantidades son resultantes de una complicada labor por parte de generaciones de científicos expertos. Para nosotros, es muy instructivo leer la historia detallada de tales mediciones, podrán hallarse excelentes ejemplos de ello en el libro de Shamos citado en la Bibliografía. Debemos rehuir la improvisación con magnitudes como éstas, y no esperar reproducirlas con toda exactitud en dos horas de trabajo en un laboratorio elemental.

Lo principal es enunciar el resultado del experimento con honradez y objetividad plenas. Indudablemente el experimentador debe esforzarse con seriedad por sacar el máximo provecho del experimento, asegurándose de que el resultado final sea tan confiable como sea posible, y los límites de incertidumbre tan estrechos como el experimento lo permita. En todos los casos, no obstante, lo esencial es ser realista.

## 6-2 LAS ETAPAS DE LA EVALUACION DEL EXPERIMENTO

El proceso de evaluación de resultados de un experimento consta de varias fases. En primer lugar, debemos obtener los valores de las magnitudes básicas y sus incertidumbres respectivas. En segundo, debemos evaluar el grado de correspondencia entre las propiedades del sistema y las del modelo. En tercero, es preciso calcular los valores de cualquier propiedad del sistema que nos hayamos propuesto medir desde un principio. Por último, habrá que hacer una estimación de la precisión global del experimento. Consideremos ahora uno a uno estos pasos.

### a) Cálculo de cantidades elementales

El primer paso para obtener el resultado de nuestro experimento consiste en calcular las cantidades elementales que lo componen. Por ejemplo, un experimento con péndulo simple cuyo propósito es determinar un valor de  $g$ , probablemente dará, como variable de entrada, un conjunto de lecturas de la longitud  $l$ . La variable de salida estará representada por un conjunto de mediciones de los tiempos requeridos para un cierto número de oscilaciones, y a partir de ellos podrán calcularse luego los valores del periodo  $T$ . Nuestro propósito actual es calcular los valores de  $l$  y  $T$  y sus incertidumbres; esto conformará la base para el análisis gráfico posterior. La elección del procedimiento dependerá aquí de si hemos optado por hacer una evaluación subjetiva de los intervalos de incertidumbre de cada medida, o si hemos considerado que las fluctuaciones al azar son lo bastante significativas para hacer deseable el tratamiento estadístico.

## b) Incertidumbre estimada

En el caso del péndulo simple, la primera variable a considerar es  $l$ . Aquí acaso encontremos que medir la longitud del péndulo con una regla de madera nos permite identificar intervalos, como los que se describen en la sección 2-3, dentro de los que estamos "casi seguros" se hallan nuestros valores. Por tanto, nuestros datos experimentales aparecerán como un conjunto de valores de  $l$  en esta forma: valores  $\pm$  incertidumbre. También es concebible, si hemos estado contando oscilaciones y midiendo tiempos con un cronómetro, que podamos de igual modo identificar intervalos en la escala de tiempo dentro de los cuales estamos "casi seguros" se encuentran nuestros valores de tiempo. Estos también se expresarán como tiempo  $\pm$  incertidumbre. Sin embargo, ésta todavía no es nuestra variable  $T$ . Tal vez contemos 15 oscilaciones del péndulo, obteniendo un valor para el tiempo de  $18.4 \pm 0.2$  seg, y el valor del período, o tiempo requerido para una oscilación, deberá obtenerse por división como  $1.227 \pm 0.013$  seg. Nótese que no sólo debe calcularse así el valor central, sino también el valor de la incertidumbre. En términos algebraicos sencillos tenemos que

$$\left(\frac{1}{15}\right)(18.4 \pm 0.2) = \frac{18.4}{15} \pm \frac{0.2}{15} = 1.227 \pm 0.013$$

Es importante no pasar por alto este tipo de modificación significativa del valor de incertidumbre; será necesaria siempre que se hagan cálculos aritméticos de las magnitudes básicas.

El resultado final del proceso de este experimento será un conjunto de valores de  $l$  y  $T$ , completo con sus incertidumbres, y estaremos listos para construir el trazado de nuestra gráfica.

## c) Incertidumbre estadística

Si la repetición del proceso de medición ha mostrado fluctuaciones al azar en una o en ambas variables, quizá resolvamos, como se explicó en la sección 5-3(e), considerar una muestra de observaciones, cuyo tamaño se escoge de acuerdo con la magnitud aparente de la dispersión de los datos a fin de lograr la precisión requerida. Como debemos reducir el conjunto resultante de mediciones a una forma adecuada para graficar, tenemos que expresar la muestra en la forma valor central  $\pm$  incertidumbre. Cabe recordar que, según expusimos en la sección 3-10, la forma más adecuada para elegir las es normalmente la media de la muestra y la desviación estándar de la media, dada la importancia fácilmente reconocible de estas cantidades. Suponiendo que quede claro en nuestro informe que estamos citando medias de las muestras y desviaciones es-

andar de las medias, sólo el mundo entenderá que estamos expresando intervalos con una probabilidad del 68% de contener la media del universo en cuestión.

Al tiempo que hacemos estas afirmaciones sobre la importancia cuantitativa de nuestras mediciones, vale la pena recordar las advertencias hechas en la sección 3-5. Las muestras de mediciones que encuentra uno en el trabajo normal del laboratorio de física, a menudo son demasiado pequeñas para permitir una evaluación de la distribución de frecuencia real del universo del que fueron tomadas. Por consiguiente, al atribuir las propiedades numéricas de la distribución Gaussiana a nuestra muestra, sólo estamos haciendo una suposición. Por lo común la hipótesis es suficientemente buena, pero debemos de recordar sin duda alguna que se trata sólo de una suposición.

En este punto recordemos también las advertencias sobre las estimaciones de  $\sigma$  en muestras pequeñas que se hicieron en la sección 3-11, y verifiquemos además que los cálculos son significativos. En general, no vale la pena adoptar un enfoque estadístico con menos de 10 observaciones; para algunos propósitos particulares podrían requerirse muchas más.

Por otro lado, es útil pensar por anticipado en la interpretación de las regiones de incertidumbre en la gráfica. Si ambas variables en nuestro experimento tienen características estadísticas semejantes, la media y la desviación estándar de la media de cada punto nos permitirán dibujar, para cada punto de la gráfica, un pequeño rectángulo cuya interpretación será evidente. Podríamos tener bastantes dificultades si nuestro experimento da variables de dos clases diferentes. Es muy probable que en, digamos, el experimento de caída libre bajo la acción de la gravedad usado como ejemplo en la sección 4-2, una variable, la distancia de caída, tenga apropiadamente una incertidumbre estimada, y que la otra requiera un tratamiento estadístico que considere desviaciones estándar de la media. Si fuéramos a graficar valores derivados de estos dos tipos diferentes de tratamiento, nuestros intervalos de incertidumbre sobre los dos ejes serían diferentes. El intervalo de incertidumbre en una dimensión dará casi un 100% de probabilidad de contener el valor deseado, mientras que la probabilidad de la otra dimensión será de sólo el 68%. En un caso como éste, será difícil saber cómo interpretar la gráfica, y convendría más hacer corresponder las variables en mayor medida. Considerando que un intervalo de dos veces la desviación estándar de la media nos da una probabilidad del 95% de incluir el valor del universo, podemos usar  $2S_m$  como nuestra incertidumbre para la variable tratada estadísticamente, lo cual nos da un intervalo de incertidumbre para cada punto de la gráfica con aproximadamente la misma importancia en ambas dimensiones.

En esta etapa, por uno u otro proceso, la medición de cada magnitud en el experimento se habrá reducido a un valor central y su incertidumbre, pero aún no estamos debidamente preparados para empezar a trazar la gráfica real. Si se va a dibujar esta gráfica con una variable en un eje y la otra variable en el segundo eje (como peso vs. alargamiento para un resorte, o corriente vs. diferencia de potencial para un resistor), entonces podemos proceder directamente. Sin embargo, es igualmente común representar cantidades en la gráfica que deben construirse a partir de las mediciones originales por algún proceso de cálculo aritmético ( $T^2$  vs.  $t$  para un péndulo,  $t$  vs.  $\sqrt{h}$  para la caída libre bajo la acción de la gravedad, etc.). No hay, desde luego, mayor dificultad en realizar estos cálculos aritméticos tan sencillos, pero no debemos olvidar que los valores de incertidumbre también deberán calcularse otra vez. Si vamos a representar valores de  $T^2$  en la gráfica, las barras o los rectángulos de incertidumbre deben dar el intervalo real en el que la misma  $T^2$  es incierta. Todas estas magnitudes calculadas deberán proporcionarse con sus propios intervalos de incertidumbre, y sólo entonces estaremos listos para empezar a trazar la gráfica del experimento.

### 3 GRAFICAS

Ya sea que la gráfica sirva como una mera ilustración del comportamiento de un sistema físico o sea la clave para evaluar el experimento y calcular el resultado, la meta es colocar las observaciones de manera que sus características se presenten tan claramente como sea posible. Eso implicará elecciones apropiadas de escala, proporciones, etc. Primero, asegúrese de que el papel cuadrulado es lo suficientemente grande. Es una pérdida de tiempo graficar observaciones que tienen una precisión del  $\frac{1}{4}\%$  en una hoja de papel de  $12 \times 18$  cm, donde una típica incertidumbre de trazado es tal vez del 2%. Como veremos más adelante, se perderá información valiosa a menos que las incertidumbres de los puntos sean claramente visibles, y por ello es necesario asegurarse de que el papel de la gráfica sea suficientemente grande. Segundo, haga que la gráfica llene el área disponible. Esto se puede lograr escogiendo las escalas de manera que la trayectoria general de la gráfica pase aproximadamente a  $45^\circ$  de los ejes, y suprimiendo el cero si es necesario. Si se está graficando la resistencia de un alambre de cobre como función de la temperatura, y los valores van de 57 a 62 ohms, empiece la escala de resistencia en 55 ohms y prolongarla hasta 65. Si la escala empieza en cero, la gráfica se verá como un techo plano sobre una hoja en blanco, y llevará muy poca información.

Hay, sin embargo, excepciones en las que puede ser importante conservar el origen como parte de la gráfica. Puede ser deseable, o incluso necesario, examinar el comportamiento de la gráfica cerca del cero en uno o en ambos

ejes. En otras ocasiones, para propósitos de ilustración, tal vez deseemos mostrar claramente la escala de alguna variación en relación con el valor cero. No obstante, para efectos del análisis gráfico que nos ocupa, en general es mejor hacer que la gráfica abarque todo el papel.

El método de marcar cada medida sobre el papel de la gráfica depende, hasta cierto punto, de la preferencia personal. Una característica esencial, por supuesto, es asegurarse de que el intervalo de incertidumbre se indique claramente. Sólo si esto se cumple, puede tener algún sentido el proceso de comparar el comportamiento del sistema con el del modelo, y se puede evaluar la incertidumbre de cualquier cálculo futuro de pendientes, etc. A cada punto de la gráfica le asignamos una cruz, con barras verticales y horizontales que indiquen el intervalo de incertidumbre, o podemos hacer de cada "punto" un pequeño rectángulo que rodee el valor medido e indique el intervalo de incertidumbre en cada coordenada con su dimensión horizontal y vertical. Mientras los intervalos de incertidumbre estén indicados claramente, quizás no importe el método que escojamos: lo importante es adquirir el hábito de marcar las incertidumbres en cada gráfica que dibujemos. También es conveniente anotar en la gráfica misma, o en su encabezado, la naturaleza de las incertidumbres, es decir, límites extremos estimados, incertidumbres estadísticas de  $1S$  o  $2S$ , etc. Puede resultar muy frustrante el tratar de apreciar la importancia de una gráfica si tenemos que buscar por todo el texto para descubrir qué significan las marcas de incertidumbre. Si se tienen que dibujar varias gráficas en una misma hoja de papel, cerciórese de que éstas se distinguen con toda claridad usando símbolos o colores diferentes, o por algún otro medio.

### 6-4 COMPARACION ENTRE MODELOS EXISTENTES Y SISTEMAS

Una vez que todas nuestras observaciones estén representadas en la gráfica, estamos listos para proceder con la siguiente etapa: la comparación entre las propiedades del sistema, que ahora están representadas ante nuestros ojos, y las propiedades de cualesquiera modelos que estén disponibles. Nuestro procedimiento dependerá de las circunstancias, y describiremos las diversas situaciones caso por caso. En todo lo que sigue supondremos que, a causa de la dificultad de representar propiedades no lineales de los modelos en gráficas dibujadas a mano, hemos escogido o rearmado nuestras variables de modo que las gráficas tomen forma lineal.

Supongamos, en primer lugar, que tenemos un modelo totalmente especificado que no contiene cantidades indeterminadas. El propósito de nuestra

investigación experimental será, pues, ver únicamente cuán bien corresponden las propiedades del modelo a las del sistema. Para esto, simplemente tendríamos que trazar sobre nuestra gráfica, a la misma escala, la gráfica de la función que representa las propiedades del modelo. En la figura 4-10 se ilustró ya un caso típico, en el que las observaciones del tiempo de caída de un objeto en función de la distancia se compararon con la expresión analítica

$$t = 0.4515x^{1/2}$$

que representa nuestro modelo teórico de esa situación.

Pero, ¿cómo vamos a juzgar el grado de correspondencia? Aquí es donde la presencia de los intervalos de incertidumbre cobra una importancia decisiva. Si sólo hubiésemos graficado puntos sin barras de incertidumbre, la inevitable dispersión de los puntos significaría que la probabilidad de que la línea que representa las propiedades del modelo pase por lo menos por uno (digamos no por más de uno) de los puntos, será demasiado pequeña. De este modo, ¿cómo podríamos afirmar algo sensato sobre el resultado de la comparación? Si, en cambio, los "puntos" de la gráfica representan intervalos de posibilidad de localización de los valores graficados, es posible hacer enunciados lógicamente satisfactorios. En otro caso, como el de la figura 4-10, la línea que representa al modelo pasó por la región de incertidumbre de cada punto, y podemos sostener justamente eso. Nótese, una vez más, que esto no significa que hayamos "probado" que la ecuación era "verdadera" o "correcta" o algo parecido. Lo que podemos afirmar es que el modelo y el sistema son "consistentes", o "están de acuerdo" o son "compatibles", o alguna frase por el estilo. Debemos estar seguros de que utilizamos el lenguaje correcto, porque de otra manera estamos mal interpretando la situación, y corremos el riesgo de desorientar a la gente. Obsérvese también que debemos de ser cuidadosos al expresar que hemos encontrado "correspondencia", "consistencia", "concordancia", o lo que fuere, entre el modelo y el sistema, únicamente al nivel de precisión de nuestro experimento. Nada de nuestro proceso nos autoriza a dejar de considerar el hecho de que, a un nivel superior de precisión en las medidas, podrían surgir discrepancias no detectables en nuestro experimento.

Considerado ya el caso en el que modelo y sistema resultan tener propiedades que no son distinguibles al nivel de precisión aplicado, debemos estudiar los otros casos en que las propiedades del modelo y las del sistema no se traslapan completamente. Veamos una a una las distintas posibilidades.

#### a) No hay discrepancia detectable

Este es el caso que ya hemos analizado en detalle. Se ilustra en la figura 6-1(a).

#### b) Correspondencia en parte del rango

Con mucha frecuencia se encuentran circunstancias en las que un modelo proporciona una descripción satisfactoria de un sistema, siempre que el valor de alguna variable no sobrepase o quede dentro de cierto límite. En este caso, la comparación gráfica aparecerá como en la figura 6-1(b) o (c). Un ejemplo del caso (b) sería el flujo de un fluido por un tubo, en el cual la proporcionalidad entre rapidez de flujo, y columna de presión sólo es satisfactoria por debajo del inicio de la turbulencia. La figura 6-1(c) podría servir para ilustrar la variación de la resistividad de un metal con la temperatura, para la cual el modelo lineal deja de funcionar a las temperaturas más bajas.

En cualquier caso que corresponda a esta categoría, enunciaríamos el resultado de la comparación en términos tales como "Observamos una correspondencia (compatibilidad, consistencia, etc.) entre el modelo y las observaciones sólo en tal o cual intervalo; se observó que las propiedades del modelo y las del sistema divergen significativamente a partir de tal y o cual valor". Nótese nuevamente que debemos resistir la tentación de juzgar que algo "está mal" porque no encontramos una correspondencia completa entre los modelos y los sistemas en todo el rango. Tanto los modelos como los sistemas existen por su propio derecho, y no podemos prejuizar hasta qué punto sus propiedades se van a traslapar. De hecho, la detección de los límites de validez de un modelo particular puede proporcionar pistas importantes para mejorarlo.

#### c) Ordenadas al origen o interceptos

Una situación bastante común tiene que ver con las ordenadas al origen. La gráfica del comportamiento del modelo puede pasar por el origen, pero el comportamiento observado del sistema quizás no, según se ilustra en las figuras 6-1(d) y (e). Una discrepancia como ésta puede surgir de diversos tipos de desajuste entre el modelo y el sistema, y la información sobre esas ordenadas al origen puede ser muy útil para analizar situaciones experimentales. Por lo general, es muy conveniente, al trazar gráficas, verificar el comportamiento del modelo y el del sistema en el origen; este aspecto se consideró ya en la sección 6-3, sobre dibujo de gráficas. Como vimos en la sección 4-5, el análisis gráfico de un experimento es muy valioso porque nos permite obtener respuestas libres de errores sistemáticos asociados con interceptos inesperados. Sin embargo, aun con esta protección, lo mejor en general es saber si existe un intercepto inesperado, para que podamos comprobar el grado total de correspondencia entre el modelo y el sistema.

#### d) Dispersión inesperada de los puntos

Como se explicó en el capítulo sobre planeación de experimentos, es indispensable evaluar cuidadosamente la incertidumbre de nuestras mediciones antes

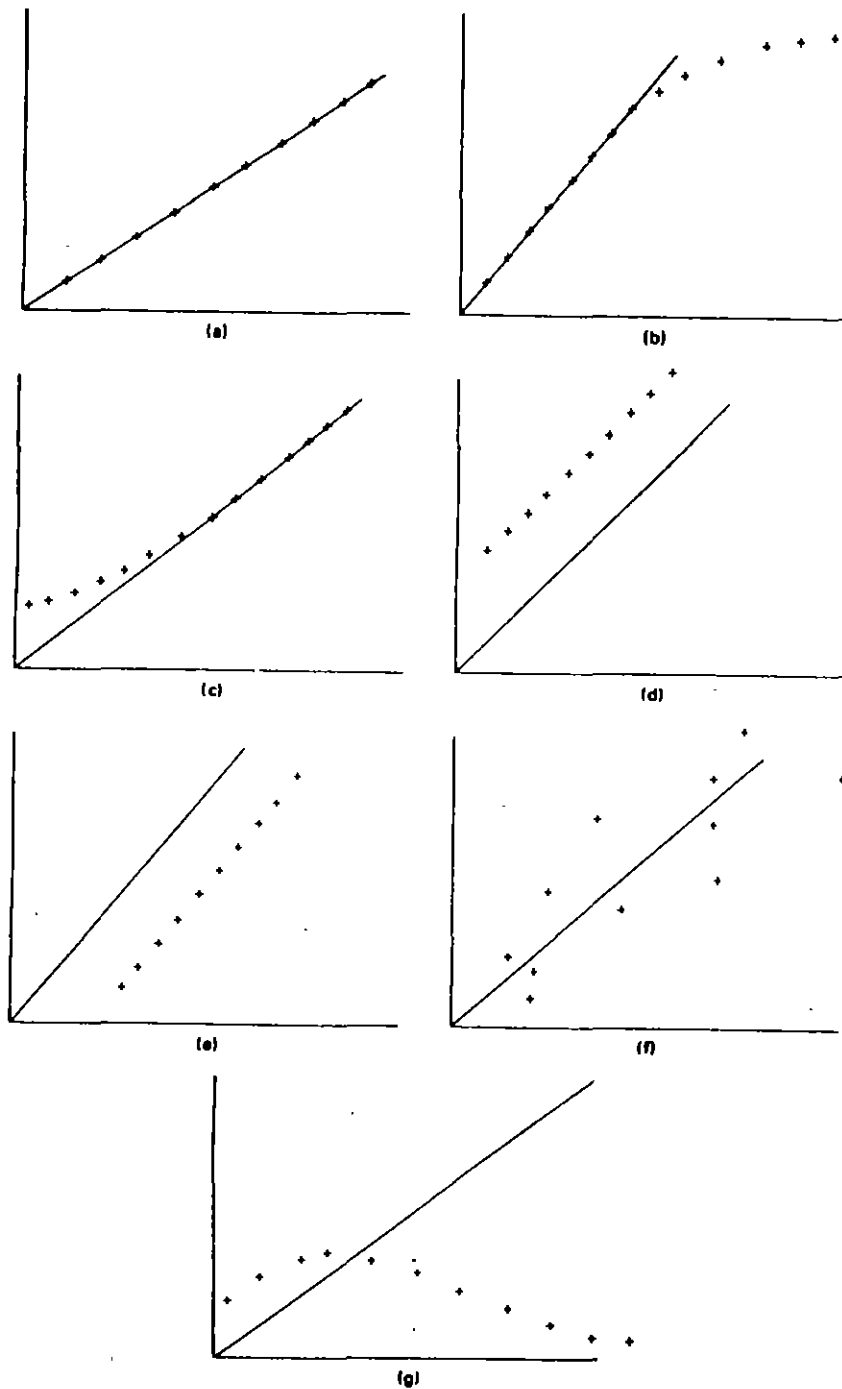


Figura 6-1 La comparación entre sistemas y modelos.

de empezar el experimento en sí, y, a la luz del índice de precisión terminal propuesto, elegir las opciones adecuadas de métodos de medición. Si hemos hecho todo eso en forma satisfactoria, encontraremos, al trazar la gráfica, que hay consistencia entre la dispersión de los puntos y las incertidumbres en las mediciones. Esto se ilustró en la figura 6-1(a). Sin embargo, las cosas no siempre funcionan como quisiéramos, y no es raro que nos hallemos en la situación ilustrada en la figura 6-1(f), que resulta, simplemente, de la presencia de factores en nuestros métodos de medición que no identificamos al hacer nuestra evaluación inicial sobre la incertidumbre de las mediciones.

No debemos contentarnos con dejar la situación así. Vale la pena revisar los instrumentos para averiguar la causa de esa fluctuación. Podría ser algo tan simple como una conexión eléctrica suelta, o el no haber agitado una solución caliente, y siempre será confortante ver que tales discrepancias desaparecen. Si, por alguna razón, no es posible mantener el experimento en curso y tomar medidas para reducir la dispersión, tal vez sea necesario trabajar con los resultados tal como están y enunciar lo mejor que podamos en lo relativo al grado de correspondencia entre el modelo y el sistema. Quizás podamos afirmar algo como "las observaciones se distribuyen uniformemente alrededor de la línea que representa el modelo". Para los casos en que tenemos que obtener información numérica a partir de las líneas trazadas usando tales mediciones experimentales, véase la sección 6-7.

#### e) No correspondencia entre el sistema y el modelo

Muy rara vez encontramos circunstancias en las que el comportamiento del sistema no se parece en absoluto al comportamiento del modelo [figura 6-1(g)]; si todo en el experimento funciona como se espera, éste es un resultado que sería poco probable. Los modelos pueden ser, en principio, representaciones inadecuadas del comportamiento del mundo físico, pero no tendrían la condición de modelos si fueran tan malos como los que estamos ilustrando en el caso presente. Una falta de correspondencia tan grave como ésta, es señal clara de un auténtico error en el experimento. Podría tratarse de un error de interpretación de las variables, una equivocación al rectificar la ecuación, una incorrecta disposición de los instrumentos, o una equivocación al hacer las observaciones, calcular los resultados, trazar la gráfica. De ser posible, vuelva hasta el principio, revíse todo, y empiece de nuevo. Si no es posible verificar los aspectos instrumentales del experimento, cerciórese de que no haya errores en todos los procesos analíticos y aritméticos. Si todos los intentos por descubrir el error fallan, especifique el resultado del experimento con toda honradez y objetividad. Siempre existe la posibilidad de que hayamos descubierto algo nuevo. En todo caso, si estamos sinceramente sorprendidos por alguna discrepancia entre un instrumento bien verificado y un modelo confiable, lo más seguro es que un informe honrado de nuestra situación le interese a otras personas.



En todo lo anterior hemos procurado hacer hincapié en un punto importante: no debemos pensar que el experimento nos da un resultado "correcto" o "incorrecto". Simplemente llevamos a cabo nuestro proceso experimental con tanto cuidado como sea posible, y presentamos luego los resultados en la forma más honrada y objetiva que podamos. No está mal recordar que de vez en cuando los modelos sólo pueden proporcionar una representación parcialmente satisfactoria del comportamiento de los sistemas. Lo más importante es que conozcamos los límites de validez de los modelos, y la forma en que éstos fallan pueden proporcionar valiosas evidencias a quienes buscan mejorarlos.

## 5 CALCULO DE VALORES A PARTIR DEL ANALISIS DE LINEAS RECTAS

En todas las secciones anteriores nos hemos ocupado de modelos que estaban especificados por completo, incluyendo los valores numéricos de todas las cantidades que intervienen. En tales casos, el propósito experimental era simplemente comparar el comportamiento del sistema y el del modelo. Sin embargo, como se consideró en la sección 4-5, también es posible, y de hecho muy común, usar el análisis de líneas rectas para determinar, con respecto a alguna magnitud del modelo, el valor numérico adecuado para nuestro sistema. En tales casos nuestro modelo no está completamente especificado, porque incluye una o varias magnitudes de valor inicialmente desconocido. No es posible, entonces, trazar una gráfica del modelo para compararlo con los puntos. En este caso, la gráfica contiene originalmente los puntos solos, como se muestra en la figura 6.2(a).

Supongamos que hemos estado midiendo los valores de corriente que pasa por un resistor y la diferencia de potencial entre sus extremos, y que deseamos comprobar las observaciones contra el modelo:

$$V = IR$$

En ausencia de un valor especificado de  $R$ , el comportamiento del modelo está representado por todas las líneas en el plano  $I, V$  que tienen la ecuación:

$$V = \text{constante} \times I$$

donde la constante puede tomar cualquier valor entre cero e infinito. En principio podemos simplemente trazar estas líneas en la misma gráfica que las mediciones, y determinar, primero, hasta qué punto el comportamiento del modelo y el del sistema se traslapan. En segundo lugar, a partir del haz de líneas

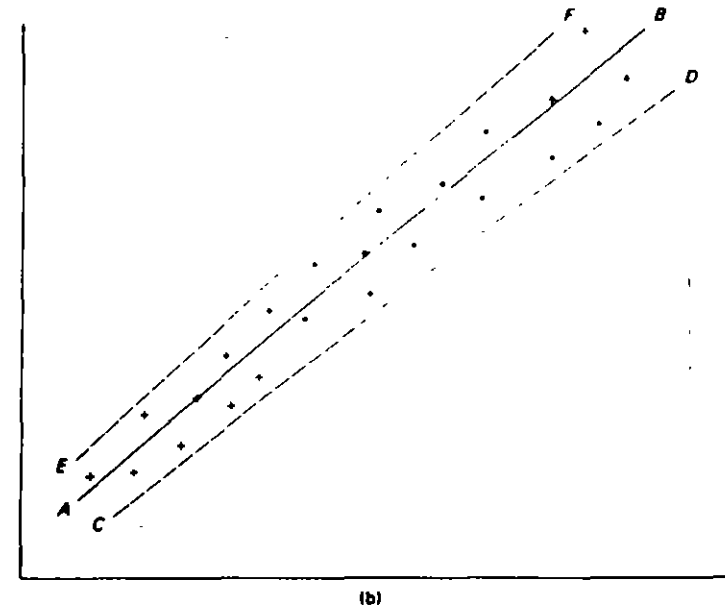
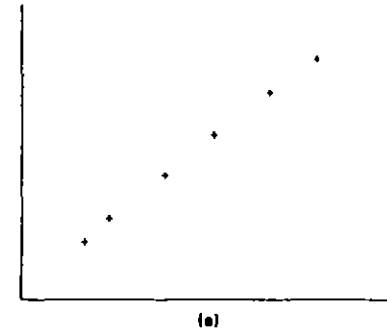


Figura 6-2 Ajuste de una línea recta a las observaciones.

que está en las regiones de incertidumbre de todos los puntos, podemos determinar el intervalo de valores de  $R$  que es apropiado para nuestro sistema (esto se ilustró antes en la figura 4-11). Sin embargo, para este propósito eso no es tan simple como parece, porque, con base en los valores medidos que se muestran en la figura 6-2(a), no tenemos derecho a prejuzgar el comportamiento

del sistema en el origen. Es mejor dejar la cuestión de los interceptos para un análisis ulterior, y decidir simplemente sobre el conjunto de líneas rectas que es consistente con las observaciones.

Hay varias maneras de hacerlo; la más satisfactoria, el método estadístico, se explicará más adelante. Mientras tanto, nos contentaremos con procedimientos mecánicos más simples, y llevaremos a cabo la práctica consagrada por años de "trazar la línea recta que mejor se ajuste a los puntos". Hacer esto a ojo requiere algún auxilio mecánico que no oculte la mitad de los puntos. No se puede usar una regla opaca, pero una regla o una escuadra transparentes son aceptables. Probablemente el mejor auxiliar sea un trozo de hilo oscuro: puede estirarse sobre los puntos y moverse con facilidad hasta encontrar la posición más satisfactoria. Si se tropieza con dificultades para juzgar visualmente la tendencia de un conjunto de puntos, a menudo resulta muy útil sostener la hoja de la gráfica a la altura de la vista, y ver en dirección de los puntos. Esto facilita más el poder apreciar la acumulación de los puntos alrededor de una línea recta, o una desviación sistemática de la línea recta, que con el examen convencional de visión directa.

Hay varias líneas rectas que podemos identificar con provecho. La "mejor" línea recta (cualquiera que sea el significado de "mejor") es una candidata obvia. Además, podemos hacer una estimación de cuánto se puede girar esa "mejor" línea en uno u otro sentido, hasta que ya no podamos considerarla como aceptable para ajustarse a los puntos. Estas dos líneas nos proporcionarán un valor de la incertidumbre en la pendiente. En los casos en los que resulta difícil identificar una "mejor" línea y sus límites de incertidumbre, a veces es útil recordar que nuestros puntos y sus incertidumbres son en realidad una muestra de toda una banda de valores sobre el plano. La ocupación de esa banda por nuestras observaciones puede ser irregular, dado el número limitado de estas últimas, y esto dificulta nuestra elección de líneas. Si éste es el caso, con frecuencia nos sirve el imaginar que la banda está poblada con los millones de mediciones que podríamos hacer con los instrumentos. Así, podemos tratar de adivinar en nuestra gráfica dónde podrían estar el centro y las orillas de esa banda, y ello nos permitirá elegir nuestras líneas. En la figura 6-2(b), por ejemplo, podríamos haber escogido  $AB$  como nuestra "mejor" línea, y considerado que las líneas  $CD$  y  $EF$  (marcadas) contendrían casi la totalidad del universo infinito de mediciones. Las líneas  $CF$  y  $ED$  (no dibujadas) representarían entonces, respectivamente, la pendiente más pronunciada y la menos pronunciada de las líneas consistentes con los puntos observados.

Una vez que hayamos escogido nuestras líneas, podemos emprender la determinación del valor numérico de sus pendientes, de modo que podamos obtener el resultado que queremos, como en este caso del ejemplo de  $V = IR$ ,

el valor de  $R$ . Nótese que, para nuestros propósitos, la cuestión de la pendiente no tiene nada que ver con el ángulo que forman las líneas en el papel cuadrado; estamos hablando de intervalos en los valores medidos de las variables  $I$  y  $V$ , y las pendientes deben calcularse analíticamente. Para una línea como la  $AB$  en la figura 6-3, busque con cuidado cerca de los extremos e identifique puntos en donde la línea cruza, tan exactamente como sea posible, una intersección de las líneas del papel cuadrado. Identifique las coordenadas  $(I_1, V_1)$  e  $(I_2, V_2)$  de esas intersecciones, y evalúe la pendiente como:

$$\text{pendiente} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

Luego, tenemos que

$$R = \text{pendiente}$$

lo que nos da el resultado que buscábamos. Por supuesto, en expresiones más complicadas el valor de la pendiente puede darnos la respuesta deseada sólo después de hacer un cálculo con otras cantidades medidas.

Debemos ejecutar este proceso tres veces. Nuestra línea  $AB$  nos dará nuestro "mejor" valor elegido para  $R$ , y las otras dos líneas,  $CF$  y  $ED$  (no di-

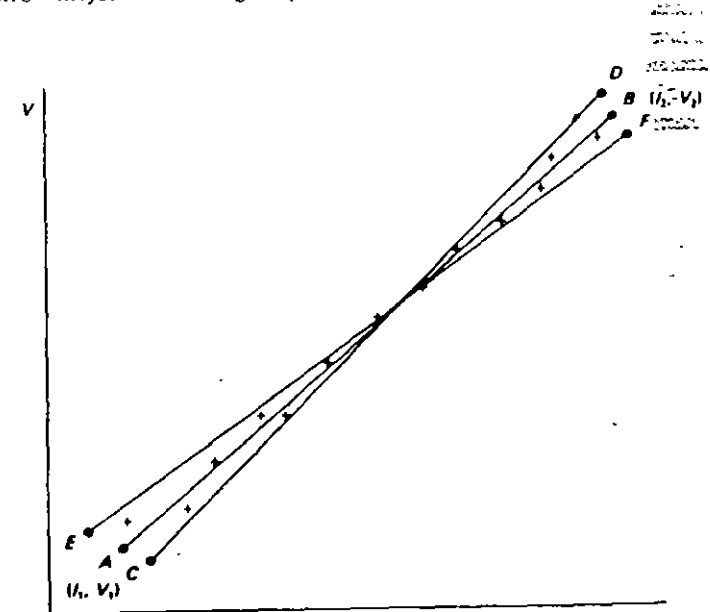


Figura 6-3 La "mejor" pendiente y sus límites extremos.

bujadas) nos proporcionarán el límite superior y el inferior, fuera de los cuales estamos "casi seguros" de que no se halla el valor de  $R$ . Por lo común encontraremos que estos valores extremos del intervalo de incertidumbre son aproximadamente equidistantes del valor central, y será posible finalmente citar nuestro valor de  $R$  como

$$R = \text{valor} \pm \text{incertidumbre}$$

A veces, podrá parecer que nuestra "mejor" línea y las dos líneas de límites extremos no están uniformemente espaciadas. La razón es que, por lo general, la gráfica contiene muy pocos puntos para permitir una buena apreciación de la posición de las líneas. Aunque en ocasiones ocurran circunstancias en las que los experimentadores se sienten obligados a expresar el resultado como

$$\text{valor} \left\{ \begin{array}{l} + \text{ incertidumbre 1} \\ - \text{ incertidumbre 2,} \end{array} \right.$$

el discernimiento visual de una gráfica rara vez es suficientemente preciso para justificar este procedimiento. Debe evaluarse de nuevo la posición de las líneas en la gráfica en busca de una configuración simétrica, más plausible. Si en nuestro experimento la respuesta deseada no es directamente igual a la pendiente, nuestra expresión para la pendiente puede contener un cierto número de cantidades, y nuestra incógnita tendrá que calcularse a partir de la pendiente por un proceso aritmético separado. Si esas otras cantidades tienen incertidumbre en sí mismas, la incertidumbre del resultado tendrá que obtenerse combinando la incertidumbre en la pendiente con las demás incertidumbres, aplicando al efecto las técnicas del capítulo 2.

Es natural a estas alturas pensar en la importancia de la incertidumbre asociada con cantidades extraídas de las gráficas. Esto dependerá del tipo de incertidumbre marcada en la gráfica. Si las barras indican los límites extremos de variación posible (evaluadas subjetivamente o de  $2S_m$  en el caso de fluctuaciones estadísticas), entonces los límites de la pendiente serán de naturaleza semejante. Si los puntos se han marcado con límites de  $1S_m$ , las pendientes límites  $CF$  y  $ED$  (no dibujadas) probablemente representen límites que implican una probabilidad mayor del 68%, ya que las líneas límites se han trazado con un sesgo pesimista.

En lo anterior hemos supuesto que la dispersión encontrada en los resultados finales está dentro del intervalo de incertidumbre que se predijo. En consecuencia, el uso de las líneas límite da lugar a un valor muy bien definido de la incertidumbre de la pendiente. Sin embargo, si la dispersión está muy afuera

del intervalo esperado de incertidumbre (debido a una fuente insospechada de fluctuación), entonces no hay una disposición única de líneas dentro de las cuales estemos "casi seguros" de que se encuentra el resultado. En tal caso, y en todo trabajo de precisión, no existe sustituto para el método de mínimos cuadrados, que se describirá en la sección 6-7.

Nótese que al escoger nuestras tres líneas deliberadamente, hemos excluido al origen de nuestras consideraciones. Lo hicimos precisamente porque el comportamiento del sistema en el origen puede ser una de las cosas que queremos examinar. Si la gráfica del comportamiento del modelo pasa por el origen, debemos inspeccionar nuestras tres líneas en esa región. Es muy poco probable que nuestra línea central pase exactamente por el origen, pero, si el área entre las dos líneas límite efectivamente incluye el origen, podemos afirmar que hay consistencia entre el modelo y el sistema, al menos en nuestro nivel actual de precisión. Sólo si a todas luces ambas líneas límite intersectan el eje en un lado del origen, podemos afirmar que hemos identificado con precisión una coordenada al origen inesperada.

Si el comportamiento del modelo nos induce a esperar una ordenada al origen de la que confiamos obtener el valor de alguna magnitud, la intersección de las tres líneas con el eje en cuestión nos dará esa coordenada al origen directamente en la forma deseada: valor  $\pm$  incertidumbre.

## 6-6 CASOS DE CORRESPONDENCIA IMPERFECTA ENTRE EL SISTEMA Y EL MODELO

En los casos en los que la correspondencia entre el modelo y el sistema es sólo parcial, debemos tener cuidado que al obtener nuestros resultados evitemos introducir errores sistemáticos debidos a discrepancias. Con referencia a las figuras 6-1(b) y (c), consideremos primero los casos en que los valores medidos corresponden adecuadamente con la línea recta del modelo sólo dentro de un intervalo limitado. Desde luego que nuestro cálculo de pendientes deberá restringirse a esas regiones en las que el sistema y el modelo son compatibles. Los puntos que se desvían sistemáticamente de la línea sin duda resultan de circunstancias físicas no incluidas en el modelo, y obviamente es inadecuado incluirlas en cualquier cálculo basado en este último. Por tanto, hacemos caso omiso de todos los puntos que se desvían sistemáticamente del comportamiento de una línea recta por una cantidad que evidentemente sobrepasa las incertidumbres estimadas y la dispersión observada de los puntos, y derivamos nuestra pendiente y su incertidumbre de la región lineal.

Un segundo aspecto a considerar tiene que ver con las coordenadas al origen. Aunque el comportamiento del modelo pase por el origen, no es raro observar que nuestra gráfica muestra una coordenada al origen. Esta desviación puede provenir de causas muy variadas; afortunadamente, muchas de ellas no son de consecuencia. Si la discrepancia que causa la coordenada al origen afecta a todas las mediciones de la misma manera (como un error de cero no detectado en un instrumento, o una falsa fuerza electromotriz constante en un circuito eléctrico), entonces la gráfica nos dará una pendiente libre del error sistemático que de otro modo se introduciría. Es prudente, pues, disponer nuestro experimento de modo que el resultado pueda obtenerse de la pendiente de la gráfica, mientras que aquellas magnitudes que puedan estar sujetas a un error sistemático indeterminado deberán relegarse al papel de ordenadas al origen. Esta capacidad del análisis gráfico de proporcionar resultados libres de muchos tipos de error sistemático, es una de sus principales ventajas.

## EL PRINCIPIO DE MINIMOS CUADRADOS

Todos los procedimientos descritos en las secciones anteriores tienen una característica en común: se basan en el discernimiento visual por parte del experimentador. Así, aunque los procedimientos se utilicen muy comúnmente y con provecho, son vulnerables a la crítica de que, aun cuando se apliquen con mucho esmero, no podemos estar bien seguros de la importancia cuantitativa de los resultados. Sería muy reconfortante que pudiéramos emplear algún procedimiento matemático para identificar la "mejor" línea para un conjunto de puntos dado, porque entonces nos liberaríamos de la inseguridad del juicio personal. Además, podríamos confiar en llegar a saber lo que queremos decir con la "mejor" línea, y evaluar la precisión de tal elección.

El procedimiento en cuestión se basa en el principio estadístico de los mínimos cuadrados. Consideraremos éste en su aplicación restringida para escoger una línea recta que se ajuste a los valores medidos (una explicación más detallada sobre el principio en general, podrá verse en el Apéndice 2). Supongamos que tenemos un conjunto de  $N$  valores de una variable  $y$ , medidos como función de la variable  $x$ . Debemos restringirnos al caso especial de que toda la incertidumbre se limita a la dimensión  $y$ ; esto es, los valores de  $x$  se conocen exactamente, o al menos, con una precisión tanto mayor que la de los valores de  $y$ , como para poder despreciar la incertidumbre en la dimensión  $x$ . Si no se puede satisfacer esta condición, el tratamiento sencillo que se explica a continuación no será válido. El método puede ampliarse para abarcar el caso de incertidumbre en ambas dimensiones, pero el procedimiento no es sencillo; el lector interesado en ahondar al respecto encontrará una excelente exposición en el libro de Wilson citado en la Bibliografía.

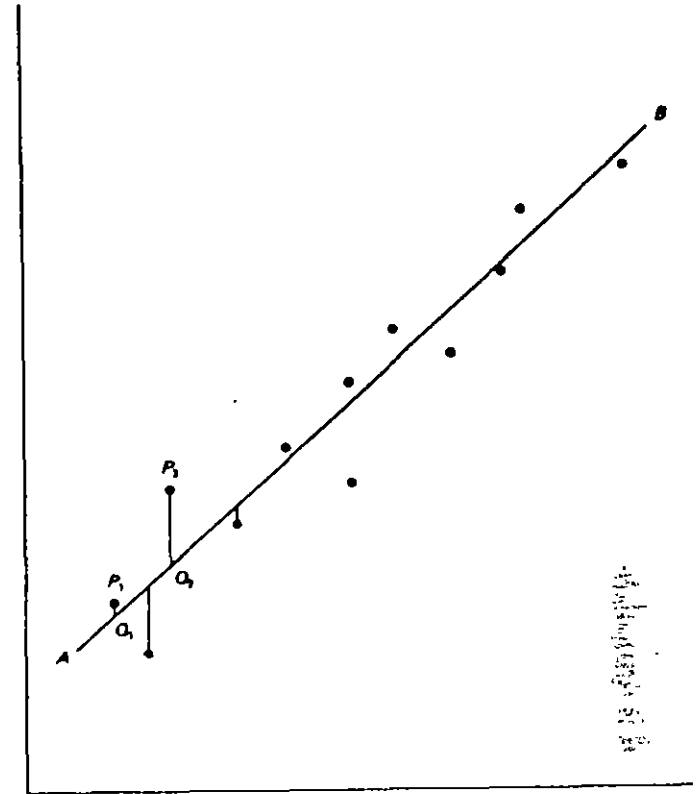


Figura 6-4 Ajuste de una línea recta a un conjunto de puntos por el principio de mínimos cuadrados.

La pregunta por contestar ahora con nuestro procedimiento matemático es: ¿cuál de todas las líneas en el plano  $x - y$  escogemos como la mejor, y qué queremos decir con "la mejor"? El principio de mínimos cuadrados permite hacer esta elección con base en las desviaciones de los puntos en dirección vertical a partir de las líneas. Sea  $AB$  en la figura 6-4 una candidata a la categoría de "mejor" línea. Consideremos todos los intervalos verticales entre los puntos y la línea, de los cuales  $P_2O_2$  es típico. Definiremos como mejor línea aquella que minimiza la suma de los cuadrados de las desviaciones como  $P_2O_2$ .

Nótese que no tenemos la oportunidad a considerar que un criterio inventado como éste proporcione algún camino automático a las respuestas

"verdaderas" o "correctas". Se trata, simplemente, de una opción de criterio para optimizar la trayectoria de nuestra línea entre los puntos. Hay que reconocer, empero, que si ofrece algunas ventajas sobre otras posibilidades, como minimizar la tercera potencia de los intervalos, o la primera, etc. Aunque no hace falta, en general, que nos ocupemos directamente de la justificación lógica del principio de mínimos cuadrados tal como lo aplicamos, es interesante darse cuenta de cuál es la base de su validez propuesta. Se puede probar que el procedimiento de minimizar *los cuadrados* de las desviaciones da lugar, en muestreos repetidos, a una menor varianza de los parámetros resultantes, como por ejemplo la pendiente, que al usar cualquier otro criterio. En consecuencia, tenemos derecho a confiar más en los resultados obtenidos usando el principio de mínimos cuadrados, que en el caso de cualquier otro método comparable; de aquí que el uso de este principio esté muy difundido.

Expresemos ahora el principio de mínimos cuadrados en forma matemática. Definimos que la mejor línea es aquella que lleva a su valor mínimo la suma

$$\sum (P_i O_i)^2$$

y deseamos obtener los parámetros, pendiente  $m$  y ordenada al origen  $b$ , de esa mejor línea.

Sea la ecuación de la mejor línea:

$$y = mx + b$$

La magnitud de la desviación  $P_i O_i$  es el intervalo entre un cierto valor medido  $y$ , y el valor de  $y$  en ese punto, para el valor de  $x$ . Este valor  $y$  se puede calcular a partir del valor correspondiente de  $x$  como  $mx_i + b$ , de modo que, si le llamamos  $\delta y_i$  a cada diferencia, tenemos:

$$\delta y_i = y_i - (mx_i + b) \quad (6-1)$$

El criterio de mínimos cuadrados nos permite obtener los valores deseados de  $m$  y  $b$ , a partir de la condición

$$\sum [y_i - (mx_i + b)]^2 = \text{mínimo}$$

Y escribimos:

$$\sum [y_i - (mx_i + b)]^2 = M$$

Luego, la condición para que sea un mínimo es

$$\frac{\partial M}{\partial m} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial M}{\partial b} = 0 \quad (6-2)$$

Un breve ejercicio algebraico nos permite entonces obtener los valores de la pendiente y la ordenada al origen de la mejor línea, que son:

$$m = \frac{N \sum (x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (6-3)$$

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum (x_i y_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (6-4)$$

Con esto, hemos logrado reemplazar el uso a veces cuestionable del juicio personal, por un procedimiento matemático, que da resultados de importancia bien precisada y aceptabilidad universal. Además, como el nuevo método tiene cierta significación estadística, cabe esperar una forma más precisa para el cálculo de incertidumbre. De hecho, el principio de mínimos cuadrados nos permite obtener inmediatamente valores de la desviación estándar de la pendiente y la ordenada al origen, lo que nos da incertidumbres de significación estadística conocida

La desviación estándar de la pendiente y la ordenada al origen se calculan en términos de la desviación estándar de la distribución de valores de  $\delta y$  alrededor de la mejor línea, que llamaremos  $S_y$ . Esta última está dada por:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (\delta y_i)^2}{N - 2}} \quad (6-5)$$

(No se preocupe porque una desviación estándar se calcule usando  $N - 2$  en el denominador, en vez de  $N - 1$  o  $N$ ; esto es consecuencia de aplicar la definición de la desviación estándar a la posición de una línea en un plano). Los valores de  $S_m$  y  $S_b$  están dados entonces por

$$S_m = S_y \times \sqrt{\frac{N}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \quad (6-6)$$

$$S_b = S_y \times \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \quad (6-7)$$

Estos pueden utilizarse en combinación con los valores de  $m$  y  $b$  para indicar intervalos con el significado normal, es decir que los intervalos de una des-

viación estándar nos dan una probabilidad del 68% de encerrar el valor central del universo en cuestión, dos desviaciones estándar 95%, etc. Una ventaja muy importante del método de mínimos cuadrados es que nos proporciona valores estadísticamente significativos de las incertidumbres en la pendiente y la ordenada al origen, que se derivan objetivamente de la dispersión real en los mismos puntos, sin perjuicio de cualquier afirmación optimista que queramos hacer sobre las incertidumbres de los valores medidos.

En el Apéndice 2 se encontrará una descripción matemática más completa del método de mínimos cuadrados. En ese apéndice se encontrará también una ampliación del método, que hemos excluido del presente análisis. Si, en nuestro experimento, los puntos utilizados en el cálculo de mínimos cuadrados no son igualmente precisos, debemos usar algún procedimiento que le asocie mayor importancia a las mediciones más precisas. Este procedimiento se denomina "ponderación". El uso de los procedimientos de ponderación no se limita al ajuste de líneas rectas; son aplicables siempre que queramos combinar observaciones de alguna manera, aun en un proceso tan sencillo como el de determinar la media de un conjunto de valores de precisión desigual. Las ecuaciones para encontrar una media ponderada y para hacer un cálculo ponderado de mínimos cuadrados, pueden estudiarse en el Apéndice 2.

## 6-5. AJUSTE POR MINIMOS CUADRADOS DE FUNCIONES NO LINEALES

Los procedimientos empleados en la sección 6-7 para determinar la pendiente y la ordenada al origen de la mejor línea recta pueden, desde luego, aplicarse, al menos en principio, a funciones no lineales. Podemos expresar una ecuación análoga a la ecuación (6-1) para cualquier función, y todavía aplicar un requisito semejante a la ecuación (6-2) para expresar la obtención del mínimo de la cantidad  $M$  con respecto a los parámetros del modelo que escogimos. Si las ecuaciones que resultan para los parámetros son fáciles de resolver, podemos proceder a calcular sus valores tal como lo hicimos para las líneas rectas.

Con frecuencia, sin embargo, no es fácil resolver las ecuaciones. En tales casos desistimos de obtener una solución analítica del problema, y nos atenemos a la computadora para que nos proporcione soluciones aproximadas con base en técnicas iterativas. Construimos una función de prueba, calculamos la suma de las diferencias al cuadrado, y luego variamos la función elegida hasta que se encuentre un mínimo para esa suma. La exposición de estos métodos basados en computadora puede verse en el texto de Draper y Smith que se cita

en la Bibliografía. Con todo, si puede hallarse un método para probar un modelo en forma lineal, la solución, en efecto, será más sencilla.

Adviértase bien que, en todos los casos, es responsabilidad del experimentador escoger el tipo de función que ha de emplearse; todo lo que el método de mínimos cuadrados puede hacer es proporcionarnos, para la función escogida, los valores de los parámetros que mejor se ajustan a las observaciones.

## 6-9 PRECAUCIONES CON EL AJUSTE DE MINIMOS CUADRADOS

Los procedimientos matemáticos para el ajuste de mínimos cuadrados son completamente imparciales. Al emplear las ecuaciones (6-3) y (6-4) para ajuste lineal, éstas harán pasar una línea recta por cualquier conjunto de puntos, haciendo caso omiso por completo de si una función rectilínea es la adecuada. Si, por ejemplo, nuestro experimento nos ha dado un conjunto de observaciones (figura 6-5), que muestra sin lugar a dudas la falla de un modelo lineal, y si, sin mayor cuidado, empleamos el procedimiento de mínimos cuadrados con todo el conjunto de observaciones, obtendremos los parámetros de una línea,  $AB$  que no tiene significación alguna, ya sea para el modelo o para el sistema. Es preciso, pues, poner atención para evitar el uso irreflexivo del método de mínimos cuadrados.

Esta advertencia es tanto más importante en una época en la que, como sabemos, todos podemos cargar en el bolsillo maquinillas que nos pueden dar, tocando apenas unas cuantas teclas, los parámetros de mínimos cuadrados para cualquier conjunto de números que queramos insertar. Conviene recordar que, si estamos comparando líneas rectas con nuestro conjunto de mediciones, es porque *nosotros* mismos resolvimos que era sensato hacerlo. No debemos, por tanto, considerar siquiera el uso de un procedimiento de mínimos cuadrados, en tanto no hayamos representado las observaciones en una gráfica y estemos satisfechos, por la inspección visual y nuestro juicio personal, de que el ajuste de una recta es adecuado. Además, quizá sea necesario decidir que algunas de las observaciones quedan fuera del alcance del modelo, y que no son apropiadas para incluirlas en la elección de la mejor línea recta. Sólo una vez que hayamos considerado cuidadosamente la situación en la gráfica, y que nos hayamos asegurado de que el ajuste de una recta es adecuado en todo o en parte del alcance de las observaciones, estaremos justificados para iniciar el procedimiento de mínimos cuadrados. No hacer caso de esta advertencia puede dar lugar a errores muy graves en la interpretación del experimento.

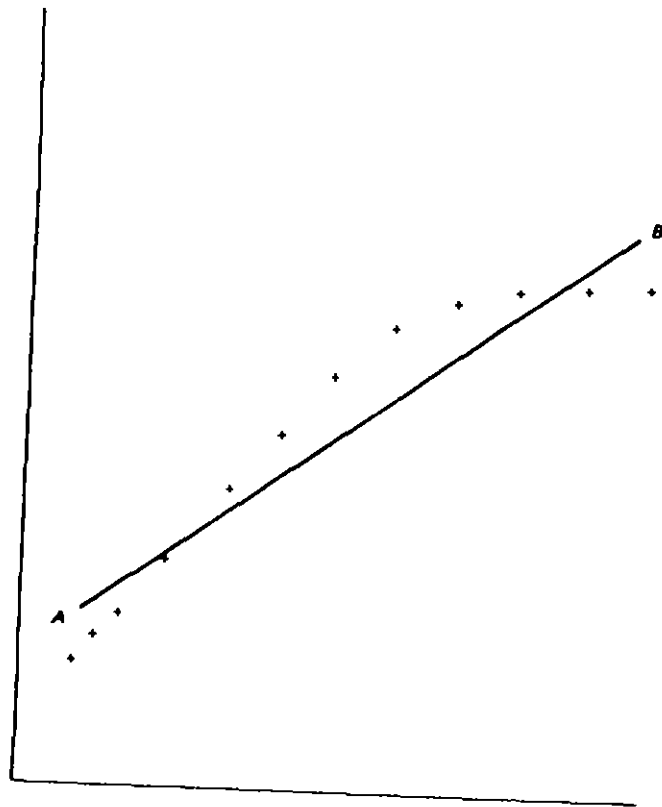


Figura 6-5 Uso inadecuado del ajuste por mínimos cuadrados.

## BUSQUEDA DE FUNCIONES

Todo el análisis anterior implicaba la suposición de que ya poseíamos un modelo que queríamos comparar con un sistema. Aunque por lo común éste es el caso, a veces pasa que tenemos un conjunto de observaciones para las cuales no hay un modelo disponible. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en la investigación del modelo de un fenómeno que nunca se ha observado antes, o bien si trabajamos en un sistema que es tan complicado que nunca dispondremos de un modelo teórico. Las observaciones, cuando se grafican en forma elemental, probablemente muestren una curva que no tenga una forma fácilmente identificable. En ausencia de un modelo, ¿qué podemos hacer?

Algo que podemos hacer es tratar de encontrar funciones que tengan algún grado de correspondencia con las observaciones. Este procedimiento puede ser muy útil. Por ejemplo, en sistemas muy complejos para los cuales hay poca esperanza de construir modelos teóricos, tal vez sea lo único que podamos hacer. Un modelo empírico, aunque sea sólo una función matemática que no es más que una reformulación del comportamiento real del sistema en forma matemática, puede facilitar el procesamiento de las observaciones por computadora, y será indispensable para procedimientos como la interpolación o extrapolación. Estos modelos se pueden usar, por ejemplo, para pronosticar la reacción del PNB de un país ante un cambio en la tributación, o para obtener mediciones de temperatura a partir de la curva de calibración de un termómetro de resistencia.

Por otro lado, en sistemas más sencillos, para los cuales existe la esperanza de poder construir un modelo teórico a partir de principios básicos, algunas funciones, cuando se demuestra que son adecuadas a las observaciones, pueden ofrecernos una valiosa guía para construir modelos al sugerir el tipo de procesos físicos que están presentes en el fenómeno. Aun así, debemos ser cautelosos. El hecho de que hayamos identificado una función que parece ser consistente con nuestro conjunto de observaciones a un nivel particular de precisión, no "prueba" que hayamos encontrado la función "correcta". Muy a menudo, funciones de tipos muy diversos pueden mostrar comportamientos muy parecidos, especialmente en un intervalo corto de las variables, y la "guía" de una función inadecuadamente definida puede ser muy desorientadora. Puede retrasar el progreso teórico genuino durante años, y en la historia de la física hay muchos ejemplos de esa falta de comprensión de que cualquier elección de una función empírica debe ser provisional.

Por consiguiente, con la debida atención a la importancia posiblemente limitada de nuestros procedimientos, describiremos algunos de los métodos que pueden utilizarse. Pueden ser muy sencillos en algunos casos, y dos de ellos son importantes porque tienen que ver con funciones de ocurrencia relativamente común. Supongamos que hemos hecho mediciones de dos variables, que llamaremos  $x$  y  $y$ .

### a) Funciones de potencias

Consideremos la función

$$y = x^a$$

donde  $a$  es una constante. Tenemos:

$$\log y = a \log x$$

y una gráfica de  $\log y$  vs.  $\log x$  es una línea recta de pendiente  $a$ . En consecuencia, si queremos comprobar si una función potencial es una función adecuada para nuestras observaciones, podemos graficarlas en la forma  $\log y$  vs.  $\log x$ . Si, al graficar en esa forma, los puntos resultantes corresponden bien con una línea recta, podemos afirmar que una función potencial es un buen ajuste para nuestras observaciones. El valor del exponente adecuado,  $a$ , se derivará de la pendiente de la gráfica y se obtendrá dentro de límites de incertidumbre que dependen de la incertidumbre graficada con los puntos. Una gráfica como ésta puede trazarse en papel cuadrículado ordinario graficando los valores calculados de  $\log x$  y  $\log y$ , o bien empleando papel para gráficas logarítmico. Este tiene un rayado que está espaciado en proporción a los logaritmos de los números, de modo que podemos graficar nuestras observaciones directamente en el papel.

#### b) Funciones exponenciales

Para muchos fenómenos físicos, lo adecuado es una función exponencial. Consideremos

$$y = ae^{bx}$$

donde  $a$  y  $b$  son constantes. En este caso

$$\log_e y = \log_e a + bx$$

y la gráfica de la función será una línea recta cuando grafiquemos  $\log_e y$  vs.  $x$ . Por tanto, si hay razón para sospechar que una función exponencial es adecuada para un sistema particular, debemos hacer una gráfica semilogarítmica, ya sea en papel cuadrículado ordinario, buscando los valores de  $\log_e y$ , o en papel para gráficas "semi-log", que tiene una escala logarítmica y una lineal. Los valores adecuados de  $a$  y  $b$  podrán obtenerse de la ordenada al origen y la pendiente de la recta, con incertidumbres determinadas por las incertidumbres graficadas con los valores medidos.

## 1 REPRESENTACION POLINOMIAL

Si resulta que ni una potencia simple o una función exponencial proporcionan un buen ajuste a un conjunto dado de observaciones, la probabilidad de toparse con una función más compleja que sea la apropiada es muy pequeña. En tales casos, con frecuencia es útil recurrir a una representación polinomial:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots$$

Aunque una representación como ésta quizás no aporte una visión muy profunda respecto a la base teórica fundamental para la operación del sistema, por lo menos ofrecerá algunas de las ventajas de los modelos empíricos. En todo caso, al menos permite el procesamiento de observaciones por computadora y proporciona una base satisfactoria para la interpolación y la extrapolación.

Los coeficientes de expansión polinomial adecuados para nuestro sistema en particular, pueden determinarse usando el principio de mínimos cuadrados. Ahora bien, según observaciones hechas en la sección 6-8, podrá apreciarse que las dificultades asociadas a este proceso aumentan rápidamente en proporción directa a la cantidad de términos del polinomio que se requieren para establecer una correspondencia satisfactoria con las observaciones. Puede verse un análisis más detallado de esos métodos en el libro de Draper y Smith que se cita en la Bibliografía.

Se dispone también de un método similar cuando la dispersión de las observaciones no es muy severa, y si no se requiere la máxima precisión. Las técnicas del cálculo de diferencias finitas pueden aplicarse a las observaciones, así como emplearse una tabla de diferencias para la interpolación y extrapolación o bien para el ajuste de un polinomio. Una exposición completa de los métodos de tabla de diferencias, puede hallarse en los libros de Whittaker y Robinson y de Hornbeck que se citan en la Bibliografía, aunque al mismo respecto se incluye también una descripción elemental en el Apéndice 3.

## 6-12 PRECISION GLOBAL DEL EXPERIMENTO

Al principio del experimento hicimos una conjetura sobre las incertidumbres que era probable que encontraríamos. Esta fue únicamente una estimación para servir de guía en la conducción del experimento. Al final de éste debemos echar una mirada retrospectiva, y mediante una evaluación crítica de los resultados, estimar la precisión real que se ha logrado. No importa mucho qué tipo de incertidumbre escojamos: intervalo estimado de valores posibles, desviación estándar, desviación estándar de la media, etc., siempre que solamente establezcamos con toda claridad el tipo de incertidumbre que se considera.

Para que sea útil, la cifra de incertidumbre global debe ser realista y honrada, aun si el resultado del experimento es menos favorable de lo que esperábamos. Debe incluir también todas las fuentes identificables de incertidumbre. No tiene caso afirmar que los voltajes que se leen en un poten-



## 14 EL CONCEPTO DE CORRELACION

Hasta ahora, hemos considerado la interpretación de resultados experimentales en los cuales estaban disponibles observaciones relativamente precisas, y los modelos eran relativamente satisfactorios. No siempre somos tan afortunados, y mucha de la experimentación moderna es menos sencilla y bien definida de lo que las secciones anteriores podrían sugerir. En muchas áreas de la ciencia es común ocuparse de fenómenos sutiles en los cuales los efectos que buscamos medir pueden quedar total o parcialmente encubiertos por las fluctuaciones estadísticas u otras perturbaciones. En tales casos, lejos de poder hacer comparaciones detalladas entre el sistema y un modelo, quizá nos resulte difícil obtener evidencia clara y definida de que el efecto que estamos considerando por lo menos existe. Esto no es raro en los estudios biológicos, médicos y ambientales. Todos estamos familiarizados con las discusiones sobre el papel que el hábito de fumar juega en el cáncer pulmonar, o los niveles bajos de radiación ionizante en la leucemia, o la dieta en las enfermedades cardiovasculares. En estos casos, el concepto de "prueba" casi siempre sale a relucir en frases como: "No hemos 'probado' que fumar 'cause' el cáncer pulmonar". "¿Podemos probar que los ataques al corazón son menos probables si comemos margarina en vez de mantequilla?" Nos hallamos, pues, en un área de operación muy diferente que nuestra clase anterior de experimentos iniciales, y merece la pena darse algún tiempo para reflexionar sobre lo que queremos decir con palabras como "probar" y "causar".

Consideremos dos experimentos: uno puede ser una medición de la corriente que pasa por un resistor como función de la diferencia de potencial a través de él, y el resultado puede ser como se muestra en la figura 6.6(a). ¿Hemos "probado" que la corriente es "causada" por la diferencia de potencial? Es cierto que la corriente en el extremo superior del alcance es diferente de la del extremo inferior por una cantidad que excede con mucho la incertidumbre en la medición, y que nos hace confiar en que la variación realmente existe. Supuesto que existe, ¿fue "causada" por el cambio en diferencia de potencial? En esa misma ocasión efectivamente observamos que la corriente sí aumentó con el incremento de la diferencia de potencial. Sin embargo, podría ser que la corriente no tenga nada que ver con la diferencia de potencial, y el incremento en la corriente lo causara algún factor totalmente independiente, como la presión atmosférica. La relación aparente con la diferencia de potencial podría ser totalmente accidental. Durante cientos de años, los filósofos nos han advertido que aquellos eventos que se observa que ocurren al mismo tiempo, no necesariamente guardan una relación causal. No obstante, en el caso presente la experiencia acumulada con el experimento, empleando la repetición y una atención cuidadosa al control de otras variables, poco a poco nos convencerá, por supuesto, de que la diferencia de potencial y la corriente en general sí están

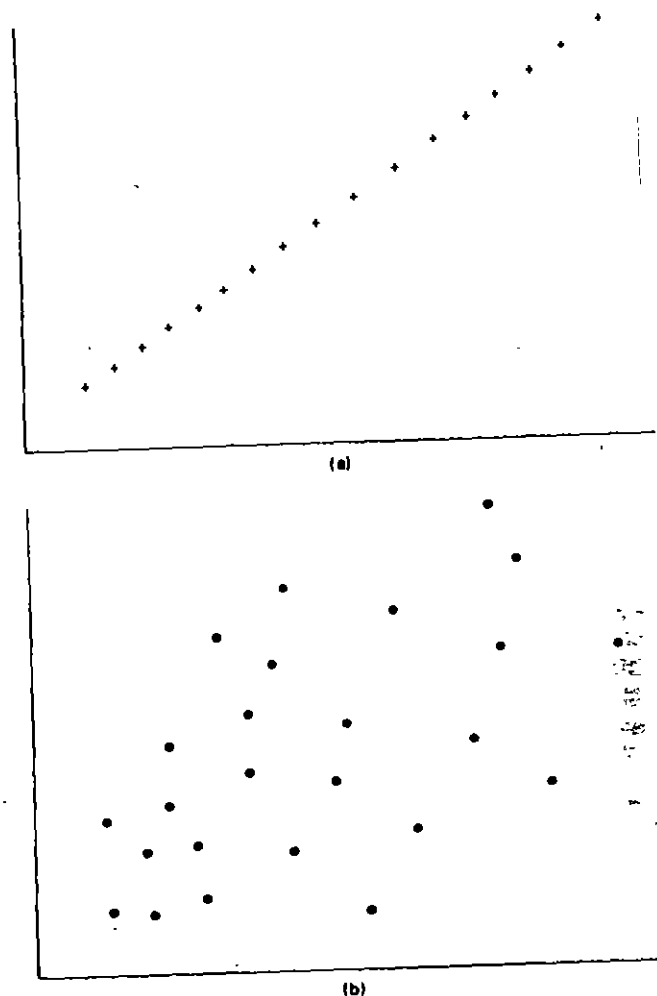


Figura 6-6 Extremos de comportamiento con respecto a las relaciones de causa y efecto.

relacionadas, y sólo un filósofo purista argumentaría contra la afirmación de que la diferencia de potencial "causó" que fluyera la corriente.

La situación es muy diferente en casos de definición menos clara. Otro experimento podría dar el resultado que se muestra en la figura 6-6(b). Esto

ciómetro de alambre de 1 m de largo tienen una precisión de .05% simplemente porque la escala está graduada en milímetros, si el punto de equilibrio no se puede identificar más que con una aproximación de 2 o 3 mm, o si hay errores a causa de la falta de uniformidad del alambre.

En esta etapa, no deben considerarse las contribuciones conocidas de los errores sistemáticos, porque las correcciones adecuadas a las mediciones ya debieron haberse hecho. Por otra parte, es necesario describir cualquier fuente de error sistemático cuya presencia sospechemos, pero cuya contribución no podamos evaluar exactamente, y tenerla debidamente en cuenta en el intervalo global de incertidumbre. El enunciado final dependerá de las circunstancias.

a) El resultado es la media de un conjunto de mediciones

La mejor cantidad a considerar es la desviación estándar de la media, ya que ésta tiene una importancia numérica reconocible. A veces se emplea la desviación estándar misma. En todo caso, es indispensable señalar el número de mediciones, de modo que pueda juzgarse la confiabilidad de la estimación de  $\sigma$ .

b) El resultado es consecuencia de un solo cálculo

En la indeseable eventualidad de que no haya sido posible efectuar un análisis gráfico y que el resultado se obtenga algebraicamente de una serie de cantidades medidas, use los métodos del capítulo 3 para calcular los límites extremos de la incertidumbre, o la desviación estándar.

c) El resultado se obtuvo gráficamente

Si se ha establecido una línea recta por el método de mínimos cuadrados, las incertidumbres en las constantes  $m$  y  $b$  se obtienen directamente. Nótese, una vez más, que estas incertidumbres tienen la ventaja de haber sido determinadas por la dispersión real de los puntos, independientes de sus incertidumbres estimadas. (Por supuesto, esto no significa que si intentamos hacer un ajuste de mínimos cuadrados a una línea recta, no debemos molestarnos en trazar las incertidumbres, o siquiera trazar una gráfica. Como se subrayó en la sección 6-9, la gráfica, con las incertidumbres de los puntos, todavía hace falta para estimar el intervalo de correspondencia entre el modelo y el sistema antes de hacer el cálculo de mínimos cuadrados.) Si la línea recta se trazó a ojo, las líneas en los límites de posibilidad darán el intervalo probable de la pendiente y la ordenada al origen. Esta incertidumbre en la pendiente probablemente tendrá que combinarse con las incertidumbres de algunas otras cantidades antes de que pueda establecerse la incertidumbre final del resultado.

Como ya hemos mencionado, quizás no importe mucho qué tipo de incertidumbre se considera, en tanto que se emplee alguna y se deje en claro la naturaleza del valor señalado. Además, cuando se trabaja en cálculos prolongados de incertidumbre, puede simplificarse la aritmética eliminando las contribuciones insignificantes a la incertidumbre final. No tiene sentido agregar una contribución del 0.01% a una del 5%. En el enunciado final de incertidumbre no es válido, por lo común, señalar incertidumbres de más de dos cifras significativas; sólo un trabajo de alta significación estadística justificaría más.

## 6-13 CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Una vez que se haya obtenido la incertidumbre total del resultado final, se puede considerar el problema del número de cifras significativas que deben conservarse en el resultado. Este tema ya se trató en la sección 2-11; reiteramos lo expuesto aquí simplemente en aras de la integridad en el tratamiento de la evaluación de experimentos.

No hay una respuesta única a la cuestión de las cifras significativas, pero, en general, no se deberían dejar cifras después de la primera cifra incierta. Por ejemplo:  $5.4387 \pm 0.2$  debe señalarse como  $5.4 \pm 0.2$ , porque, si el 4 es incierto, los 387 lo son mucho más. Sin embargo, si se conoce la incertidumbre con mayor precisión, puede estar justificado retener una cifra más. De este modo, si fuera el caso que la incertidumbre anterior es de 0.15, sería válido señalar la respuesta como  $5.44 \pm 0.15$ .

Al señalar una medida con una precisión porcentual, se implica automáticamente el número de cifras significativas. Por ejemplo, ¿qué se daría a entender si una medición se señala como  $527.64182 \pm 1\%$ ? El 1% significa que la incertidumbre absoluta se podría calcular como 5.2764. Sin embargo, la precisión en sí aparece con una sola cifra significativa (1% y no 1.000%), por lo que no estamos justificados para usar más de una cifra significativa en la incertidumbre absoluta. Tomaremos, pues, la incertidumbre absoluta como 5, y eso implica que, si el 7 en el número original es incierto en 5, el 0.64182 no tiene sentido. La medida se podría referir entonces como  $528 \pm 5$ . Si un conjunto de mediciones dado produce una media como resultado, el número de cifras significativas en la media estará gobernado por la desviación estándar de la media, y el número de cifras significativas en la desviación estándar estará gobernado a su vez por la desviación estándar de la desviación estándar.

Por último, es importante asegurarse siempre de señalar un resultado y su incertidumbre de tal manera que los dos sean consistentes; esto es, no como  $16.2485 \pm 0.5$  ni  $4.3 \pm 0.0002$ .

Una vez calculado, el coeficiente de correlación proporcionará un índice muy importante, esto es, una medida del grado en el que la variación observada en una cantidad puede atribuirse a la variación de la otra. En el caso a) mencionado antes, será el grado en el que la variación de la variable de salida se puede atribuir a la variable de entrada; en el caso b) será el grado en el que la variación de ambas variables se puede atribuir a la variación de cualquiera que sea la fuente común de la influencia.

Aun cuando observemos correlaciones, todavía debemos ser muy cautelosos de no inferir una relación causal entre las diferentes variables. Si observamos que una variable parece correlacionarse bien con otra, no hemos "probado" que una variable "cause" la otra, en el mismo sentido con que usamos estas palabras en el ejemplo sobre la corriente eléctrica. La literatura científica suele tener muchos ejemplos de correlaciones falsas y desorientadoras. Un conferencista ilustró ese punto con la afirmación irónica de que habla descubierto la causa del cáncer: mostró una gráfica de una cantidad que se correlacionaba hermosamente con el incremento de un cierto tipo de cáncer, y sólo después reveló que la otra variable era el consumo de petróleo combustible de la Armada Británica. En otro caso, donde aparentemente se pretendía que se tomara en serio, un periódico de los años veinte anunció el descubrimiento de la causa de la polio, puesto que su incidencia se correlacionaba tan bien con la cantidad de automóviles en las carreteras.

Con todo, casos anecdóticos como éstos no desacreditan el estudio de las correlaciones o la búsqueda de relaciones causales; solamente nos sirven como un recordatorio más de la necesidad de ser cuidadosos y perspicaces. Cuando se tratan con sumo cuidado, y sobre todo cuando la correlación puede observarse repetidamente, los estudios de correlación pueden proporcionar, en efecto, evidencia convincente de una relación causal. Dada la enorme importancia que muchas de estas cuestiones tienen en asuntos públicos, es importante que todos nosotros tengamos una comprensión clara de la naturaleza de la correlación y de los métodos disponibles para las pruebas de significación. Un análisis más detallado sobrepasa el propósito de esta obra, pero se recomienda seriamente proseguir con el estudio del tema en los textos de estadística que aparecen en la Bibliografía.

## PROBLEMAS

1. Se realizó un experimento para medir la impedancia de un circuito  $R$ - $L$  en serie. La impedancia  $Z$  se da en función de la resistencia  $R$ , la frecuencia de la fuente  $f$  y la inductancia  $L$  como

$$Z^2 = R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2$$

En el experimento se midió  $Z$  como función de  $f$  con la intención de graficar  $Z^2$  en el eje vertical y  $f^2$  en el horizontal para obtener  $L$  a partir de la pendiente y  $R$  a partir de la ordenada al origen. Las lecturas obtenidas se dan en la tabla

$f$ , Hz	$Z$ , $\Omega$	$f^2$	$f(\delta f)$	$\delta f^2$ $= 2f(\delta f)$	$Z^2$	$Z(\delta Z)$	$\delta Z^2$ $= 2Z(\delta Z)$
123 $\pm$ 4	7.4 $\pm$ 0.2						
158	8.4						
194	9.1						
200	9.6						
229	10.3						
245	10.5						
269	11.4						
292	11.9						
296	12.2						

Las incertidumbres que se dan en el primer renglón se refieren a todas las mediciones en cada columna.

- a) Grafique estas lecturas en la forma adecuada y marque las incertidumbres en los puntos. Los encabezados de columna que se sugieren para facilitar los cálculos se dan anteriormente.
- b) Verifique si las observaciones se pueden interpretar en términos de una recta para todo el rango o parte de él.
- c) Obtenga la pendiente de la mejor línea.
- d) Calcule el mejor valor de  $L$ .
- e) Obtenga las pendientes de las líneas en los límites extremos de probabilidad, y de esa forma enuncie el intervalo de incertidumbre de la pendiente.
- f) Calcule la incertidumbre absoluta en la medida de  $L$ .
- g) Obtenga el mejor valor de  $R$  a partir de la ordenada al origen.
- h) Obtenga la incertidumbre del valor de  $R$ .
- i) Enuncie el resultado completo del experimento con el número apropiado de cifras significativas en cada magnitud.

2. Diez observadores diferentes informan sobre la intensidad de una lámpara, medida con un fotómetro de comparación. Sus resultados (en unidades arbitrarias) aparecen en la tabla siguiente:

sería probable si estamos considerando, acaso, la cantidad de resfriados sufridos por el cuerpo estudiantil de una universidad como función de la cantidad de ácido ascórbico ingerido diariamente. ¿Podemos afirmar que el número de resfriados depende de la dosis de ácido ascórbico o no? Quizás encontremos que, después de realizar un experimento bien diseñado usando un grupo experimental y un grupo de control [como se describe en la sección 5-6(b)], el grupo de control de 100 personas que sin saberlo tomó píldoras de azúcar en vez de ácido ascórbico todas las mañanas, tuvo 125 resfriados, mientras que el grupo experimental que estuvo ingiriendo ácido ascórbico presentó un total de 106 resfriados. Las preguntas que debemos hacernos son: ¿Es "significativa" esta diferencia? ¿Qué queremos decir con "significativa"? "Si la diferencia es significativa, ¿se la podemos atribuir al ácido ascórbico?".

Incluso una atención concienzuda a los detalles de la experimentación, el control sobre las muestras, la supresión de variables falsas, la repetición del experimento, etc., quizás no aclare mucho la situación. Los sistemas biológicos son lo bastante complejos para que rara vez podamos alcanzar el grado de control sobre las variables que caracterizó el experimento de electricidad. Resulta inapropiado, por tanto, buscar la clase de "prueba" de que se dispone en otros sistemas. No podemos afirmar que hayamos "probado" que fumar causa cáncer pulmonar, o que el ácido ascórbico disminuye la incidencia de resfriados, en la misma forma en que podemos "probar" que una diferencia de potencial "causa" un flujo de corriente. Tenemos que contentarnos con otro tipo de afirmación, la cual, aunque menos exacta, todavía puede ser adecuadamente significativa y completamente convincente.

Este tipo de afirmación puede ilustrarse refiriéndonos a un diagrama como el de la figura 6-7. Estas mediciones se hicieron para probar la siguiente proposición: la cantidad de partículas detectadas en una fuente radiactiva débil depende del lapso de medición. Aquí la fluctuación estadística es casi tan grande como el efecto que queremos observar, pero todavía podemos ver que hay una tendencia ascendente en las observaciones. En un caso como éste decimos que hay una "correlación" entre una variable y la otra. Esto significa que podemos observar una tendencia de una variable a seguir a la otra, aunque las fluctuaciones provocadas por otros factores impidan la observación de una correspondencia única, uno a uno. El estudio matemático de tal correlación se llama "análisis de regresión". El análisis de regresión proporciona una medida numérica del grado de correlación entre las dos variables, y podemos evaluar, para un conjunto particular de observaciones, un "coeficiente de correlación". El valor de esta cantidad dependerá del grado de dispersión de las observaciones, y varía desde 1, si todas las observaciones coinciden exactamente sobre una línea recta, a 0, si no existe relación alguna entre las variables.

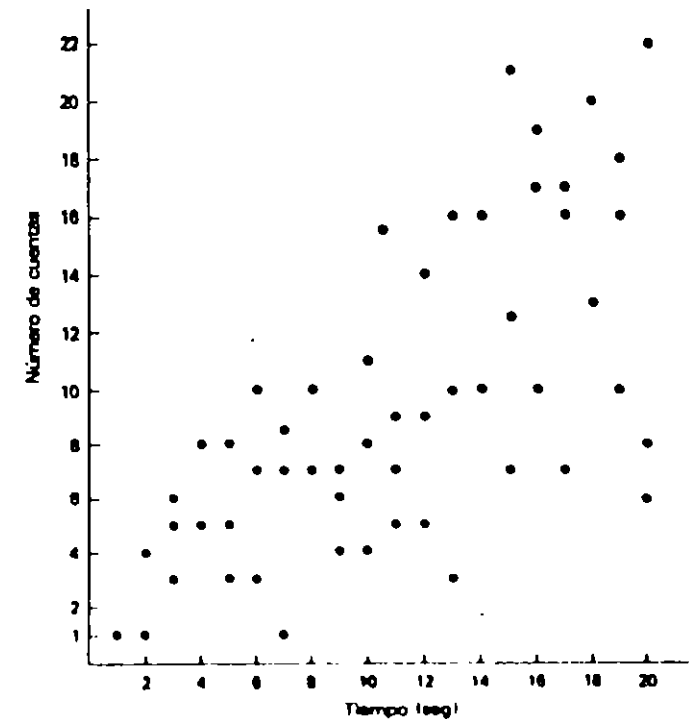


Figura 6-7 Dependencia de la cantidad de partículas respecto del lapso de medición para una muestra radiactiva débil

Encontramos el concepto de correlación en dos casos significativos: a) si, de dos variables medidas, una puede considerarse como causa de la otra, pero su efecto está parcialmente encubierto por las fluctuaciones al azar, y b) si dos variables pueden considerarse como consecuencias simultáneas de una causa común cuyo efecto, como antes, está parcialmente oculto por fluctuaciones al azar. En cualquier caso, podríamos afirmar que puede observarse un cierto grado de correlación entre una variable y la otra.

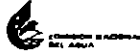
Las propiedades matemáticas de las correlaciones se describen en los libros de texto de estadística. Nos limitaremos aquí a señalar la ecuación con la que se calculan los coeficientes de correlación. Para un par de variables medidas  $x$  y  $y$ , la ecuación es:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

## **CAPITULO VI**

**SeeA**

### **SISTEMA DE EVALUACION DE EFICIENCIA EN EMPRESAS DE AGUA**



# MANUAL DEL USUARIO

*del Sistema de Información para Directivos de Empresas  
de Agua y Alcantarillado*

## **SeeeA 2.7**

*(Sistema de evaluación de eficiencia en  
empresas de agua)*



M. en C. Mario Buenfil Rodríguez  
Ing. Ramón Piña Sánchez

Julio de 1995

## Índice

PÁGINA

- 1 Introducción
  - 1.1 Objetivo del sistema de cómputo *SeeA*
  - 1.2 Antecedentes
  - 1.3 Ventajas, usos y aplicaciones en empresas de agua
  - 1.4 Principales características del *SeeA 2.7*
    - 1.4.1 Ambiente
    - 1.4.2 Parámetros e índices básicos
    - 1.4.3 Parámetros e índices adicionales
    - 1.4.4 Confiabilidad y notas para la información de entrada
    - 1.4.5 Diferencias con versión 1.0
    - 1.4.6 Reglas expertas
    - 1.4.7 Salidas y productos del sistema
    - 1.4.8 Comparaciones y estadística
  - 1.5 Aclaración sobre vigencia de este manual
  - 1.6 Otras aplicaciones del sistema
  - 1.7 Metodología usada para desarrollar el *SeeA*
  - 1.8 Convenciones de nomenclatura
  - 1.9 Conformación interna y estilo de programación
- 2 Montaje y uso del sistema
  - 2.1 Requisitos del sistema
    - 2.1.1 Hardware (equipos e instalaciones)
    - 2.1.2 Software (paquetería)
    - 2.1.3 Tipo de usuario
    - 2.1.4 Capacitación del usuario
  - 2.2 Procedimiento de montaje
  - 2.3 Entrada al sistema y su uso
    - 2.3.1 Modalidades de programas compilados o ejecutables
    - 2.3.2 Entrada al *SeeA*
    - 2.3.3 Uso del *SeeA*
  - 2.4 Secuencia normal de trabajo para el usuario
    - 2.4.1 Familiarización y definiciones
    - 2.4.2 Introducción de datos básicos mensuales
    - 2.4.3 Validación de información
    - 2.4.4 Generación de índices
    - 2.4.5 Historial y tendencias de parámetros e índices
    - 2.4.6 Comparaciones y graficación
    - 2.4.7 Generación de reportes y presentaciones
    - 2.4.8 Análisis y diagnóstico de información
    - 2.4.9 Datos e índices complementarios
    - 2.4.10 Propuesta y evaluación de acciones de mejoramiento
    - 2.4.11 Mantenimiento del sistema de información
  - 2.5 Ayudas en línea y regreso a menús previos
  - 2.6 Precauciones y solución a posibles fallas
  - 2.7 Ampliación y ajuste del sistema
- 3 Subdirectorios y archivos que componen al *SeeA*
  - 3.1 Subdirectorios
    - 3.1.1 Principales subdirectorios
    - 3.1.2 Otros posibles subdirectorios
  - 3.2 Archivos esenciales que integran al *SeeA 2.7*
  - 3.3 Descripción de principales bases de datos
    - 3.3.1 Archivos para definir parámetros (D&...)
    - 3.3.2 Datos para una ciudad y año (D-...)
    - 3.3.3 Definición y fórmula para índices (I&...)
    - 3.3.4 Índices calculados para una ciudad y año (I-...)
    - 3.3.5 Archivos tipo tabla (T-...)
    - 3.3.6 Evolución histórica de datos (EH-...)

- 3.3.7 Tasas de crecimiento anual de datos (FITD\_...)
- 3.3.8 Archivos de valores comparativos para índices (GUI\_...)
- 3.3.9 Archivos de reglas expertas para cada índice (ExpertI&...)
- 3.3.10 Archivos de reglas para priorizar índices (R& y R\_...)
- 3.3.11 Archivo con reglas para validar información (Logi...)
- 3.3.12 Equipos y procedimientos para validar parámetros (Dat-eq...)
- 3.3.13 Archivos con metas y estadísticas (Re\_ , Ab\_ , Raza\_...)

#### 4 Descripción de rutinas de trabajo (opciones en menús)

- 4.1 Preparación de datos necesarios (básicos y adicionales)
- 4.2 Parámetros e índices adicionales
- 4.3 Consultas a claves, fórmulas, datos, índices, reglas, etcétera
- 4.4 Cálculo de índices, tendencias, etcétera
- 4.5 Validación y revisión de datos e índices
- 4.6 Elaboración de gráficas y presentaciones
- 4.7 Diagnóstico de la empresa
- 4.8 Rutinas expertas y módulos especializados
  - 4.8.1 Corridos y reglas tipo disparos
  - 4.8.2 Módulo de asignación financiera
  - 4.8.3 Módulo de predicción de demandas
  - 4.8.4 Módulo de interconexión con WASAMS
- 4.9 Mantenimiento de archivos BÁSICOS del *SeeeA*
- 4.10 Mantenimiento de archivos ADICIONALES (altas, bajas,...)
- 4.11 Menú principal de AYUDAS

#### 5 Mejoras al sistema de información gerencial de la empresa

- 5.1 Actividades responsabilidad del usuario
  - 5.1.1 Apego a definiciones y capacitación
  - 5.1.2 Nuevos parámetros e índices
  - 5.1.3 Calibración y ampliación de reglas, rutinas expertas y estadística
  - 5.1.4 Frecuencia de uso del sistema
  - 5.1.5 Captura y procesamiento de datos
  - 5.1.6 Evolución de la confiabilidad de los datos
  - 5.1.7 Validación y depuración de datos
  - 5.1.8 Mejoras a la confiabilidad de la información
  - 5.1.9 Procedimientos y equipos para generar información
  - 5.1.10 Mejoras y adiciones al sistema de información
- 5.2 Posibles módulos, rutinas y complementos

#### 6 Elementos de soporte del *SeeeA*

- 6.1 Lista de rutinas en el *SeeeA* (y secuencias de teclas)
- 6.2 Definiciones, listados y estadísticas
  - 6.2.1 Definiciones de datos e índices
  - 6.2.2 Lista de datos básicos
  - 6.2.3 Lista de índices básicos
  - 6.2.4 Lista de datos adicionales (sugeridos)
  - 6.2.5 Lista de índices adicionales (sugeridos)
  - 6.2.6 Estadísticas "guía" para índices
- 6.3 Ayudas para cada rutina
- 6.4 Búsquedas y textos por tema
- 6.5 Informes periódicos y especiales
- 6.6 Glosario de términos
- 6.7 Bibliografía y referencias



## 1 Introducción

### 1.1 Objetivo del sistema de cómputo *SeeeA*

El *SeeeA* es un paquete de cómputo que ayuda a manejar, con velocidad y confiabilidad, datos de muy diversa índole, que suelen ser importantes para cualquier empresa o institución responsable de brindar servicios urbanos de agua y alcantarillado. Especialmente opera con *datos globales* e información que integran una visión panorámica de la empresa, claves para sustentar decisiones sobre programas de trabajo, inversión, operación, mantenimiento, mejoramiento institucional y atención a los usuarios.

El IMTA desarrolló y pone al alcance de quien se interese el presente sistema de información, el cual ayudará a resolver la típica situación predominante en cientos de empresas u organismos de agua potable y alcantarillado de países pobres, como México, en los aspectos de: desconocimiento y falta de un control eficiente sobre sus propias actividades, rendimientos, erogaciones y programas de trabajo; poca confiabilidad en las cifras manejadas; desperdicio de tiempo y recursos para generar reportes, planes de trabajo y sistemas de control y seguimiento de actividades.

Con el uso de esta herramienta, es muy probable que la empresa usuaria obtenga los siguientes beneficios: mejorar sustancialmente sus sistemas de información; llevar un historial confiable y fidedigno de sus operaciones; tener manera de evaluar y demostrar con precisión los cambios y mejoras en su desempeño; y, lo más importante de todo, mejorar la calidad de sus servicios a la población.

### 1.2 Antecedentes

La versión 1.0 del *Sistema de Evaluación de la Eficiencia de Empresas de Agua (SeeeA)* desarrollada por el IMTA en 1993, tenía básicamente el objeto de facilitar a agencias reguladoras, como la Comisión Nacional del Agua (CNA) o el Banco Mundial, la evaluación del desempeño de empresas de agua y alcantarillado a través de 61 *datos básicos* que generaban 41 *índices de gestión*; esto para priorizar los apoyos que pudieran otorgarles y además servir directamente a los organismos operadores de agua y alcantarillado, medianos y pequeños, al inicio o consolidación de procedimientos de planeación y control. Sin embargo, esta versión es relativamente limitada para analizar información al *nivel de profundidad* en que rutinariamente debería hacerlo cualquier empresa.

Es por esto que el IMTA en 1994 y 1995, desarrolló y amplió el *SeeeA*, en lo que es la *versión 2.7* ("sistema experto"), la cual es más completa que la anterior y destinada a los gerentes de área o directivos de las empresas de agua locales, municipales y estatales del país, o de otros países en vías de desarrollo, a los que mediante *reglas comprensibles, imparciales y aceptadas*, les permitirá: a) hacer presentaciones más claras de la situación, b) comparar el desempeño de las principales áreas de la empresa, c) detectar problemas o situaciones susceptibles de mejoramiento, d) llevar un historial de fácil consulta, sobre sus datos y respectiva confiabilidad, para así demostrar y controlar sus logros, tanto en evolución en la calidad del servicio, como en la veracidad de su información; y e) proponer y evaluar la conveniencia de acciones correctivas específicas.

En este manual de usuario se presentan las características básicas de la *versión 2.7 del SeeeA* y la manera de operarlo.

### 1.3 Ventajas, usos y aplicaciones en empresas de agua

El Sistema de Evaluación de la Eficiencia de Empresas de Agua (*SeeeA*), es una herramienta para apoyar labores de planeación y control de gestión de cualquier empresa de agua potable y alcantarillado de una ciudad de tamaño medio o pequeño (o sea, entre 800,000 y 5,000 habitantes). También puede ser de utilidad en instituciones de control, normativas o financieras de esas empresas de agua, como serían: los gobiernos municipales o estatales, la CNA, los bancos de crédito, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP), la asociación nacional de empresas de agua, etcétera.

Entre los beneficios o ventajas que el *SeeA* ofrece a una empresa de agua se encuentran:

- un mejor conocimiento de sí misma (autoconocimiento)
- ampliar y reafirmar una visión integral de empresa, así como facilitar su desarrollo y consolidación institucional
- dejar historial de datos y la forma en que se obtuvieron, en diferentes épocas
- contribuir a una evaluación fidedigna e imparcial de los logros, necesidades y avances en cada área de trabajo o subdivisión de la empresa
- detectar fallas, aciertos, fortaleza y debilidad de cada área de la empresa
- detectar, precisar y cuantificar problemas presentes y los que se avecinen
- facilitar la elaboración y seguimiento de planes, metas y prioridades
- ahorro en tiempo y aumento en calidad para generar reportes periódicos y preparar presentaciones
- permite incluir nuevos datos e índices, así como profundizar en la evaluación del desempeño de la empresa
- tener definiciones claras y uniformes sobre muchos de los parámetros e indicadores empleados al evaluar el desempeño de la empresa
- paulatino e "inevitable" aumento en la confiabilidad de cada dato e indicador (si se usa adecuada y periódicamente este sistema de información)

En el listado anterior pueden notarse varios puntos sobre cuestiones de definición, procedimiento, validación, confiabilidad, periodicidad e historial de la información. Estos son muy importantes, pues el poco énfasis en ellos ha acarreado el abandono o falla de algún sistema de información, eventualmente intentado en algunas instituciones. Suele ocurrir que la información captada y los reportes generados en las empresas u organismos de agua y alcantarillado, sean responsabilidad de algún encargado o estén bajo la supervisión del mismo gerente o directivo de la empresa. No obstante, en organizaciones poco estables o sin tradición institucional, el personal tiene poca permanencia y los puestos directivos se asocian a cargos políticos, muy sujetos a cambios. Ello origina que los procedimientos, sistemas y definiciones usados sean muy propensos a "modas" y a interpretaciones personales, que cambian con cada persona encargada. Además de que hay un alto riesgo, muchas veces comprobado, de que se pierde la información y se crea un vacío de conocimientos: "amnesia institucional"- al cambiar las personas.

Precisamente el *SeeA* fue pensado para evitar o aminorar esos problemas. En él las definiciones son precisas y fáciles de recordar y consultar en cualquier momento, así como los métodos o fuentes de información usada para generar algún dato en alguna época. Desde luego, el que haya definiciones preestablecidas para cada parámetro e índice del sistema no garantiza su "adecuada interpretación" (al igual que con las leyes que se publican). Esto solo se logrará con entrenamiento, estudio, supervisión y un período de maduración razonable; pero, principalmente, con una mentalidad responsable de quienes producen y utilizan la información del sistema. Una de las grandes ventajas del *SeeA* radica en su facilidad para revisar las definiciones, y de ser necesario, corregir o ampliar los textos para hacerlos más precisos.

Otra ventaja consiste en que al no ser un sistema comercial, sino respaldado por el una institución de investigación como el IMTA, los autores tienen gran interés en mantener contacto con los usuarios y apoyarlos con la asesoría requerida.

#### 1.4 Principales características del *SeeA* 2.7

##### 1.4.1 Ambiente

El *SeeA* es un sistema de información, o "paquete" de programas y archivos (software), que se opera en una computadora personal (PC). No requiere instalación ni capacitación sofisticada. No requiere información en "tiempo real", ni ambiente "multiusuarios". Normalmente basta con usarlo un día al mes para capturar información, validarla, calcular índices e imprimir tablas y gráficas que ayuden al gerente a evaluar su desempeño y sustentar algunas decisiones y acciones de control y mejoramiento institucional. Lo más difícil para su empleo ocurre

externamente a él, que es el obtener mensualmente los aproximadamente 50<sup>1</sup> *datos "básicos"*.

#### 1.4.2 Parámetros e índices básicos

En la definición de estos *parámetros* o datos básicos (información clave a obtener cada mes), se procuró incluir a los más importantes para lograr una visión concreta, abreviada e integral de la empresa. Normalmente la primera vez será muy difícil obtenerlos, pero cada mes la velocidad de obtención y su certeza mejorará, gracias al historial que se irá formando. El sistema de cómputo facilita transformar ese conjunto de parámetros básicos en *índices básicos* (aproximadamente 35 de ellos<sup>1</sup>). Cada índice o indicador equivale a una combinación aritmética de datos básicos (normalmente una división -relación- entre dos de ellos, aunque no siempre así). El indicador obtenido es mucho más sencillo de comparar y usualmente es fácil entender su significado físico. Las listas de estos parámetros e índices se muestran en las secciones 6.2.2 y 6.2.3. También se sugiere ver las explicaciones de las secciones 3.3.1 y 3.3.3.

Las características deseables para los *parámetros "básicos"* consisten en que: sean pocos; sean relativamente fáciles de obtener (medir); aporten un panorama completo de la empresa, el sistema y el servicio; y profundicen en la eficiencia individual de cada área operativa de la empresa. Estos requisitos no son fáciles de satisfacer, y por lo mismo, los aproximadamente 50<sup>1</sup> *parámetros básicos* que señala el *SeeeA 2.7* no pretenden ser una lista definitiva y única; además pueden variar según el tipo de empresa, su grado de desarrollo, su problemática, etc. Sin embargo, por otro lado, es importante que de ellos puedan derivarse varios índices básicos, que permitan comparaciones "estándar" imparciales, contra cualquier otra empresa nacional o extranjera.

#### 1.4.3 Parámetros e índices adicionales

En el paquete existe la posibilidad de incluir y manejar *parámetros e índices "adicionales"* que posiblemente no sean tan indispensables como los "básicos", pero pueden también ser importantes para algunos informes o necesidades específicas de alguna empresa de agua individual. Es ilimitado<sup>2</sup> el número de "parámetros adicionales" que pudieran definirse, así como la cantidad de fórmulas para "índices adicionales". Esto, en función de las necesidades específicas de cada empresa.

*Parámetro "adicional"* puede ser cualquier otro elemento, no incluido como "básico", de interés particular para la empresa o sus organismos supervisores, donde no sean tan importantes las comparaciones contra índices "estándar", sino que sirvan para calcular otros indicadores más especializados.

#### 1.4.4 Confiabilidad y notas para la información de entrada

Algo esencial para el buen funcionamiento del *SeeeA* es que cada *dato* que se le provea, se obtenga cuidadosamente, anotando los *comentarios* o "memoria" de cómo se generó (ver en 3.3.2 el campo "ACLARACION"); esto permitirá revisarlos y actualizarlos con confianza. El decir "*generar cuidadosamente los datos*" no significa que todos tengan el mismo nivel de precisión y certeza (es de esperarse la falta de equipo de medición y estadística apropiada en muchas áreas de la empresa), sino que conviene obtener *metódica e imparcialmente* el máximo número de datos requeridos y calificar la *confiabilidad* de cada uno dependiendo de su instrumentación y precisión.

Habrán ocasiones, principalmente al echar a andar el sistema de información, en que se hallarán *discrepancias* entre distintas fuentes de información que reportan un mismo dato. A menudo diferentes personas dentro de la misma empresa dan distintos valores para alguna medición o estimación. Esto es particularmente cierto tratándose de

---

<sup>1</sup> Es deseable que la cantidad de parámetros e índices *básicos* sea fija, sin embargo, el llegar a establecer el *mínimo óptimo* de ellos es un trabajo de investigación que aún está en proceso en el IMTA. Los parámetros e índices incluidos en el *SeeeA 2.0* que usted recibió, son los que hasta ese momento se consideraban apropiados para cualquier empresa de agua de características medias en la república mexicana.

<sup>2</sup> Sólo existe la restricción de poderlos ver simultáneamente en las pantallas de consulta. Ver secciones 3.3.1 y 3.3.3.

muestreos estadísticos (calidad del agua, presión en la red, etc.), para estimar un dato global representativo de toda la ciudad, en un mes o año. Lo más prudente en estos casos es remitirse a las *definiciones* que establece el *SeeeA* para cada parámetro, y adoptar como mejor fuente de información la que más se apegue a la definición. Si ninguna estimación se ajusta bien, o la definición es incompleta, lo mejor es completar o adaptar la definición (de preferencia acordarlo con IMTA, ver secciones 2.4.1 y 5.1.1), para que al menos en el futuro no haya esa misma indefinición; y por el momento, establecer algún *criterio* para conciliar o dirimir las incongruencias (de preferencia asentarlos por escrito, en el campo "ACLARACION"). Un criterio conciliatorio sería respetar el dato que haya sido más divulgado oficialmente en informes o declaraciones anteriores (sin que ello comprometa a mantener ese criterio siempre); otro criterio sería promediar las fuentes de información, y otro, alguna decisión "salomónica" del consejo directivo de la empresa. Desde luego, esto debe ir acompañado de *decisiones para mejorar la confiabilidad* de la información en reportes futuros (instalar mejor equipo, entrenar personal, desarrollar métodos, etcétera).

#### 1.4.5 Diferencias con la versión 1.0

La versión 2.7 del *SeeeA* contiene las rutinas necesarias para introducir *datos básicos y adicionales*; manejarlos, presentarlos y validarlos; calcular *indicadores de gestión* (o "*índices*"), y elaborar gráficas de presentación. Pero además de eso, permite: hacer diagnósticos por áreas de la empresa, priorizar acciones correctivas, y proponer alternativas de solución. Algunas diferencias y ventajas respecto a la versión 1.0 del *SeeeA* son:

- Está estructurado para trabajar con periodos mensuales, además de anuales.
- Permite incluir nuevos parámetros y fórmulas para indicadores adicionales, en forma sencilla y rápida.
- Pueden hacerse representaciones geográficas de indicadores por regiones o sectores de una ciudad.
- Contiene muchas ayudas, explicaciones y ejemplos en línea (es muy amigable al usuario).
- Incluye rutinas del tipo "sistema experto", para caracterizar la problemática del servicio de agua y la búsqueda de mejoras apropiadas.
- Puede ligarse con rutinas expertas especializadas, por área o problemática específica del organismo.

El *SeeeA* 2.7 (mediados de 1995) presenta un menú principal, del que se derivan distintos submenús que agrupan y permiten realizar varias actividades específicas afines. Incluye más de 180 tareas o rutinas distintas, todas fáciles de acceder desde los submenús. Además de las opciones de ayuda y consulta.

#### 1.4.6 Reglas expertas

Una de las principales funciones y ventajas del *SeeeA* 2.7 es manejar "*reglas expertas*", de las cuales se tienen los siguientes grupos:

- reglas de validación de datos (lógica, mensual, anual, histórica)
- reglas para calificar cada parámetro (dato) contra estadísticas y contra metas propias de la empresa
- reglas para comparar índices contra los obtenidos en periodos anteriores y contra valores "guía" sugeridos por instituciones normativas, u obtenidos por otras empresas
- reglas para priorizar distintas posibles líneas de acción. Es decir, definir cuáles acciones de mejoramiento resultan más urgentes y atractivas
- reglas para diagnóstico detallado por área de la empresa y por línea de acción (programa) específica

En relación a reglas y rutinas "expertas" (al igual que con estadística y valores guía, ver 1.4.8), el *SeeeA* es una paquete informático *abierto*, donde el usuario tiene la posibilidad y responsabilidad de revisarlas, calibrarlas y ampliarlas, según las características de los sistemas de agua y alcantarillado de su localidad. Así es posible tener tipos de reglas distintos a los aquí expuestos (ver también comentarios en secciones 1.7, 2.7 y 5.1.3).

#### 1.4.7 Salidas y productos del sistema

Otro uso importante del sistema son las opciones de presentación *gráfica y geográfica* de resultados. Para ello se tienen varios modelos de gráficas prediseñados, que se actualizan fácilmente con los valores propios de cada empresa en distintas épocas o periodos. Estas rutinas permitirán al usuario aprovechar mejor la paquetería (software) existente (como Dbase IV o Harvard-Graphics), e integrar fácilmente un "*show de presentación*" con las gráficas y pantallas apropiadas, para ilustrar con claridad y argumentos convincentes cualquier negociación

externa o plática de motivación o capacitación al personal interno de la empresa.

#### 1.4.8 Comparaciones y estadística

Una de las principales funciones y ventajas del *SeeeA* es la *comparación de indicadores* contra algunos rangos o *valores guía* preestablecidos o conocidos, como pueden ser: índice apropiado para una empresa mediana; índice medio nacional; índice mínimo recomendado por alguna institución normativa (comisión estatal de aguas, CNA, EAS, OPS, UNDP, etcétera); índice deseable para una empresa ya consolidada; índice adecuado para un país desarrollado.

Similarmente, tanto para datos (parámetros) como para índices, cada empresa puede fijar sus propios *valores de referencia* para cada ciudad o incluso subdivisión de la ciudad, con cifras como: mínimo histórico (que existió en algún momento dado, en ese sitio, para ese dato); máximo histórico; valor alcanzado el año anterior; meta a corto plazo, y meta a largo plazo. El *SeeeA* facilita la actualización y consulta de tales valores y la referencia a ellos al producir gráficas.

La ventaja de los índices en las comparaciones es que son más generales al ser "adimensionales" o tener un valor que puede considerarse "absoluto" o "independiente" de otros valores, lo que permite confrontarlos contra los obtenidos por otras instituciones, incluso de otros países. En cambio los parámetros solos, únicamente pueden compararse contra la estadística generada en el mismo sitio (ciudad o subzona).

Desde luego, para el correcto funcionamiento de las comparaciones, la información debe apegarse a las definiciones de cada parámetro e índice. Este cuidado es indispensable aun cuando no interesara compararse contra otras empresas, ya que cada empresa debe mantener un respeto cabal a las definiciones originales, a fin de que su estadística sea homogénea.

#### 1.5 Aclaración sobre vigencia de este manual

La mayor parte de los textos y capítulos del presente manual fueron escritos en **noviembre de 1994**, para lo que se designó entonces como la **versión 2.0 del SeeeA**. Tales textos permanecen en esta manual sin cambios desde entonces; sin embargo posteriormente el paquete (programas) ha tenido modificaciones, ampliaciones y mejoras.

Este paquete, desarrollado por el IMTA, no tienen fines comerciales pues se trata de un desarrollo tecnológico para apoyar a los prestadores de servicios de agua en el desempeño de sus responsabilidades. El paquete surgió y evolucionó gradualmente desde 1992 como una interacción entre detección de necesidades, investigación, desarrollo, motivación, transferencia y difusión. Así que las pantallas que se muestran (menús, etc.) pueden variar en la versión que usted reciba, especialmente si es anterior o posterior a la fecha mencionada al inicio del párrafo.

La mayoría de los cambios del *SeeeA*, posteriores a noviembre de 1994 se concentran en la manera que se presentan algunas pantallas de consulta o edición y en las opciones que se presentan en el menú # 8, que permite llegar a nuevos módulos especializados. Con los ajustes que tiene el sistema hasta **julio de 1995** se tiene lo que se denomina la **versión 2.7 del SeeeA**. Los principales ajustes que contiene este manual respecto al de la versión de noviembre de 1994 están en las secciones 1.5, 2.4, 10, 3.1, 4.8 y 5.2.

De cualquier forma, el mismo sistema de cómputo ofrece sus propias explicaciones y ayudas, que en varios casos son más amplios y específicos (y posiblemente más actualizados) que el contenido de este manual, por lo que se sugiere consultarlos. Normalmente oprimiendo la tecla "?" (signo de interrogación) en cualquier rutina del *SeeeA* se verá el texto descriptivo (ayuda) correspondiente a la opción en uso.

#### 1.6 Otras aplicaciones del sistema

El paquete de cómputo *SeeeA* 2.7 es en realidad un sistema informático que puede usarse para aplicaciones diversas, no sólo en empresas de agua o al nivel del mayor directivo de la empresa. Es decir, es muy general y

podiera ser usado por cualquier otro tipo de empresa o institución que maneje grandes volúmenes de información, y que requiera un control en muchas áreas y aspectos (por ejemplo: hospitales, escuelas, fábricas, gobiernos estatales, control del área de mantenimiento o de atención al público en una empresa, etcétera).

El estilo de programación usado permite que todo lo que son designación de datos, índices, definiciones, fórmulas, reglas de evaluación, modelos de graficación, etc., se concentre en *archivos* tipo "*bases de datos*" (DBF) independientes de los programas que los llaman y manejan. Es decir, en realidad lo que hace al *SeeeA* específico para "*empresas de agua*" (y *alcantarillado*) son esos archivos ".DBF". Así que para aplicarlo a otro tipo de instituciones o temas "basta"<sup>3</sup> con desarrollar las bases de datos específicas (definiciones, fórmulas, reglas, guías, reglas, etcétera).

## 1.7 Metodología usada para desarrollar el *SeeeA*

El IMTA se propuso desarrollar y transferir a usuarios este sistema de cómputo, como un remedio a la desafortunada situación de desconocimiento, descontrol y falta de estadística e información confiable, prevaleciente en la mayoría de los organismos de abastecimiento y saneamiento hidráulico en ciudades de países pobres, como México (ver sección 1.1). Ese desconocimiento se origina, entre otras cosas, por: falta de capacitación y responsabilidad del personal, ausencia de procedimientos y equipo de medición apropiado de los parámetros e indicadores clave, pérdida de información histórica (estadística) al cambiar funcionarios, y variabilidad en las definiciones, interpretaciones y métodos de obtención de cada dato.

La primera parte del trabajo fue revisar qué parámetros, que fueran un número reducido, cubrían los aspectos más importantes de una empresa típica y representaran su desempeño y problemática. Se sugirió una lista inicial de parámetros y luego se propusieron los índices (fórmulas para interrelacionar los parámetros básicos) que facilitan el diagnóstico y comparación de la información.

Se establecieron definiciones, unidades de medida, símbolos, etc., para cada parámetro, mismas que se concentraron en bases de datos (archivos de computadora tipo .DBF). De manera similar se desarrollaron archivos con definiciones, fórmulas, valores característicos, etc., para los índices. Además se plantearon varios otros archivos de control complementarios (claves de ciudad, tablas para entrada o reacomodo de datos, reglas - fórmulas- para validar datos, etcétera).

Se planearon y desarrollaron varias rutinas (programas) para introducir y manejar todos los archivos de información (bases de datos) necesarios, y al crecer el número de programas, fueron concentrados en diferentes menús, por afinidad de tareas. Así fue como evolucionó y creció en número de opciones el sistema de manejo de información o paquete de cómputo (software), ahora denominado *SeeeA versión 2.7*. Este sistema presenta un menú principal del que se derivan otros para: captura, revisión y validación de datos, generación de indicadores, revisión y validación de los mismos, generación de gráficas, calificación de la empresa, priorización de acciones correctivas, mantenimiento del sistema, consultas y ayudas.

Al proponer parámetros, seleccionar índices, establecer rutinas necesarias y características de los programas que se iban desarrollando, así como para plantear y probar algunas de las "reglas expertas" que incluye el sistema, el IMTA contó con la valiosa colaboración y opinión de algunas empresas de agua y de asesores. Entre ellos se quiere hacer especial reconocimiento a los organismos locales de agua de Los Mochis, Sin. (JAPAMA) y Puebla, Pue. Así también a la Comisión Estatal de Agua de Quintana Roo (CAPAQR), el Water Engineering Development Centre (Loughborough, UK); y la Utah State University (Logan, USA).

La última etapa consistió en extender el sistema hacia parámetros e indicadores "adicionales", de interés o necesidad particular de la empresa usuaria. Esto abre la posibilidad de que cada una incluya la definición y valores de otros parámetros e índices que considere pertinentes.

---

<sup>3</sup> Indispensable dedicar suficiente tiempo (semanas o meses), así como tener muy buen nivel de conocimiento y experiencia en ese tipo de empresa, para desarrollarlos.

Cabe destacar que el *SeeeA* no pretende ser un paquete informático cerrado (concluido y pulido), donde el usuario solamente debe manejarlo. En realidad es necesaria alguna calibración y ampliación, responsabilidad del usuario (especialmente en reglas expertas y parámetros adicionales, ver sección 5.1.3). A su vez el IMTA espera los comentarios, preguntas y sugerencias de los usuarios para eventualmente generar una versión más evolucionada del sistema.

## 1.8 Convenciones de nomenclatura

Dentro del paquete *SeeeA* y en el presente manual existen algunas letras y símbolos que pueden tener significados especiales. Se usan para abreviar la escritura y ayudar al usuario a recordarlas y aplicarlas con facilidad cuando las requiera. Los más usuales son:

- "\$" para designar al menú principal o menú completo (MENUCOMP). Se usa principalmente al referirse a alguna rutina (programa) del *SeeeA* e indicar la secuencia de teclas que deberá ir oprimiendo el usuario para llegar a ella. Por ejemplo "\$-3-A". A veces las rutinas se designan por el nombre del programa que corren (con extensión .prg), pero esto es menos frecuente, ya que el usuario común los puede emplear sin necesitar saber su nombre.
- "?" o "??" normalmente es para poder consultar algún texto de ayuda, o algún directorio de archivos.
- "x" o "xx" para regresar una etapa previa del *SeeeA* (al menú anterior).

Se identifica fácilmente el tipo de información que contiene la mayoría de los archivos (base de datos) que conforman al *SeeeA*, tanto por el subdirectorío a que pertenecen como por la forma en que inicia su nombre. Las claves más usuales son (otras pueden verse en el capítulo 3.2 de este manual):

- D- para identificar los archivos de datos capturados para alguna ciudad y año específicos. Por ejemplo *D-cccc93.dbf* designa al archivo de la ciudad clave "cccc" del año 1993 (los últimos dos dígitos son el año). Este archivo concentraría los valores de cada parámetro (básico o adicional) de los doce meses de ese año, además de un resumen -"total"- anual.
- I- para identificar archivos de índices. Ejemplo *I-Chet91.dbf*, para los índices de Chetumal, del año 1991.
- EH- para archivos de datos históricos (de varios años para una misma ciudad). Por ejemplo *EH-MochL.dbf* contendría los datos de varios años, al mes de cierre (L = 12 = diciembre) de Mochis.
- T- para archivos que concentran información de varias ciudades o subzonas y años para un mismo parámetro ("dato"). Por ejemplo *T-Vcmed.dbf* contiene información de varias ciudades, meses y años para el parámetro "Vcmed" = volumen consumido medido, en cada uno de esos sitios y épocas.
- AYU- para archivos de texto con comentarios y ayudas, que en algún momento son consultados por algún programa. Por ejemplo *Ayu-Ex-g.txt* designa al archivo de ayudas (texto) del programa (rutina) *Exp\_guia.prg*.
- PROV para archivos provisionales o temporales, que generan algunas rutinas como respaldo de seguridad o para consultas, que el usuario pueden borrar en cualquier momento. Por ejemplo *PROV42.txt* o *PROVgui.dbf*.

Existen varias otras convenciones y claves (ciudad, confiabilidad, prioridad, etc.), que pueden verse en el menú de consultas del *SeeeA*; o bien, dentro del menú de ayudas, en lo que se refiere a búsquedas en el glosario de términos (ver también sección 6.6 de este manual).

## 1.9 Conformación interna y estilo de programación

El *SeeeA* está compuesto por varios programas independientes, que se ejecutan al seleccionarse la opción correspondiente de un menú activado tipo "POPUP".

Cada programa normalmente usa una o más bases de datos (fórmulas, definiciones, reglas, parámetros guía, textos de ayuda, datos capturados de una ciudad, etc.), por lo que tales *archivos* son esenciales para que opere el *SeeeA*.

Cada archivo llamado por un programa, se "jala" del subdirectorios apropiado, como serían: ..\BASICOS, ..\ADICIONA, ..\GRAFICAS, ..\PARAMETR, ..\EXPERT, etc., (ver capítulo 3 para detalles sobre subdirectorios y archivos).

La mayoría de las rutinas presentan sus resultados en la pantalla de la computadora, y además de tener la opción de imprimirlos, frecuentemente dejan un archivo de respaldo temporal tipo *PROV\_\_.TXT* (temporal porque se substituye por otro de igual nombre si se corre nuevamente esa misma rutina).

Como se mencionó, en la sección 1.6, el sistema de computo *SeeA* consiste en programas (archivos *\*.prg* o *\*.dbo*) que pueden tener aplicaciones muy diversas, y en realidad lo que lo hace específico para empresas de agua y alcantarillado, son sus bases de datos y otros archivos de apoyo (textos de ayuda, macros para graficación, definiciones de parámetros, reglas de revisión, etcétera)



## 2 Montaje y uso del sistema

### 2.1 Requisitos del sistema

#### 2.1.1 Hardware (computadora y equipos periféricos).

- Computadora PC 286 o superior con unidad de disco duro.
- Monitor policromático (a color) de preferencia (para ver mejor los menús, resultados y gráficas)
- Memoria libre en disco duro de aproximadamente 10 megabytes<sup>4</sup> (después de montados DBASE IV o FOX-PRO y Harvard-Graphics3)
- Impresora convencional.

#### 2.1.2 Software (paquetería):

- Tener montado y licencia para usar el *SeeeA*
- Tener montado y licencia legal para usar el paquete DBASE-IV o el FOX\_PRO (si la versión del *SeeeA* proporcionada por el IMTA, se maneja dentro del ambiente de alguno de estos)<sup>5</sup>.
- Tener montado y licencia legal para el paquete Harvard Graphics 3. Este se usa durante la generación y actualización de algunas gráficas, importando información de las bases de datos (archivos .DBF) empleando los "macros" que, para el propósito, incluye el *SeeeA*.

#### 2.1.3 Tipo de usuario:

El *SeeeA* permite una visión integral del desempeño y retos de una empresa de agua y alcantarillado, útil a quien elabora o revisa planes de desarrollo institucional, programas de inversión o implanta controles en áreas operativas de la empresa. Es decir, el usuario debe ser alguien con amplio conocimiento de la empresa e influencia en la toma de decisiones. No se requieren conocimientos importantes sobre programación o computación, sino que es más importante su formación en planeación y control de la operación.

Específicamente está dirigido a: directores generales, directores de área, jefes de departamento de informática, o especialistas del área de planeación, de empresas u organismos operadores de agua potable y alcantarillado de ciudades entre 50,000 y 700,000 habitantes. O bien, técnicos de organismos normativos o de supervisión, que integren y utilicen estadística de distintas empresas de agua.

#### 2.1.4 Capacitación del usuario:

El *SeeeA* es sencillo de usar ya que sus menús interconectados permiten alcanzar y usar cualquiera de las más de 180 rutinas de trabajo que lo integran. Las opciones de cada menú se eligen con las teclas de flecha. Desde luego una capacitación sobre las posibilidades y aplicaciones del sistema es conveniente, pero ésta puede hacerse hasta en un solo día, dependiendo del nivel de conocimiento en cuestiones gerenciales y de cómputo de quien se encargará del sistema.

Aunque el *SeeeA* se maneja dentro de DBASE (o FOX-PRO) y algunas partes de graficación en HARVARD GRAPHICS, no son necesarios más que conocimientos mínimos (cómo entrar y cómo salir) de esos paquetes. Sin embargo, teniendo buenos conocimientos de esos paquetes, se le sacará aún mayor jugo al *SeeeA*.

El temario para un curso de capacitación y reforzamiento en los distintos tópicos necesarios para operar el *SeeeA* sería: Tipos de sistemas de información, modalidades, costos, beneficios; Calidad del servicio de la empresa y atención al público; Tarifas (tipos, estructuras); Predicción de demandas; Desarrollo institucional; Proceso y técnicas de planeación; Contenido y alcance de un plan maestro; Papel de un gerente; Privatización; Sistemas expertos; Bases de datos y sus manejadores; Requisitos para usar el *SeeeA*

---

<sup>4</sup> Puede necesitar más o menos memoria de 10 Mbytes, dependiendo del interés de usuario en tener todos los módulos - subdirectorios - que integran al *SeeeA*. Más detalles en capítulo 3.

<sup>5</sup> Si se tiene una versión ejecutable (.EXE) del *SeeeA*, o compilada para "Runtime", no es indispensable tener esos paquetes comerciales, sin embargo esto limita la flexibilidad y algunas rutinas son más lentas.

(convenio de operación, hardware, software; Montaje, chequeo y mantenimiento del *SeeA*; Subdirectorios y principales archivos; Etapas de implantación y desarrollo del sistema de información; Datos básicos; Indicadores básicos; Datos e índices complementarios. Calidad de la información, confiabilidad, fuentes de información, equipos, precisión y técnicas de obtención, Apoyo a toma de decisiones y optimización del sistema de información; Validación de la información. Estadísticas, tendencias, representación de resultados; Menús componentes del *SeeA*, Principales rutinas, demostraciones; Secuencia de uso normal; Contenido de un informe periódico y opciones rutinas aplicables; Descripción y aplicaciones de cada menú; Actualización y complemento de archivos *query* y estadística; y Reglas expertas, modificación, calibración.

## 2.2 Procedimiento de montaje

Normalmente, cada copia del *SeeA* es entregada por el IMTA en dos discos flexibles de alta densidad, de 9 cm (o bien en cuatro de doble densidad). Cada copia es individual e intransferible para la ciudad con licencia de uso, o con convenio de colaboración técnica con el IMTA. Para prevenir copias indebidas así como usos no autorizados dentro de una misma empresa (alguna información puede ser confidencial), la copia va acompañada de una clave única de usuario, que se renueva periódicamente.

Estos discos flexibles contienen comprimidos los programas y archivos de apoyo esenciales, por lo que al instalarlos en disco duro ocuparán alrededor de 10 megabytes de memoria <sup>6</sup>.

El procedimiento de montaje del *SeeA* al disco duro de la computadora es el siguiente:

1. En el disco duro (normalmente unidad C), crear el subdirectorio **C:\IMTA** (en el sistema operativo MSDOS teclear MD IMTA).
2. Montar el disquet #1 que entrega el IMTA en la unidad (drive) "A" o "B" de su computadora, e irse a esa unidad (teclear A o B).
3. Hacer el traslado de archivos corriendo el programa "IMTADURA" o "IMTADURO", según se esté en la unidad "A" o "B" (sólo teclear IMTADURA o IMTADURO). El montaje se hace automáticamente y tarda algunos minutos, generándose varios subdirectorios auxiliares. El mismo programa IMTADURO o IMTADURA pedirá el cambio de disquets cuando lo requiera.

## 2.3 Entrada al sistema y su uso

### 2.3.1 Modalidades de programas compilados o ejecutables

Hay varias modalidades en que el IMTA puede entregar los programas principales del *SeeA*. Esto por las diferencias que existen, respecto a programas compilados, entre las distintas versiones de DBASE IV (por ejemplo la versión 1.0 no corre los archivos .DBO de la versión 1.2 y viceversa). Similarmente la compilación para FOX-PRO -archivos \*.FXP- es diferente. También pudo haberse entregado un programa ejecutable autónomo (con extensión .EXE), pero requiere tener suficiente capacidad de "memoria libre" en la computadora. Otra forma sería un RUNTIME <sup>7</sup> combinado con programas .DBO, o un ejecutable no autónomo (equivalente a un "Runtime").

---

<sup>6</sup> Desde luego, pueden eliminarse algunos archivos o subdirectorios como AYUDAS\ o GRAFICAS\ y el espacio necesario será mucho menor, sin embargo esto limita el uso de algunas opciones. Por el contrario, existen algunos archivos que no suelen incluirse en la entrega "estándar" del sistema (como Bibliografía\ o Presentación\), pero el usuario interesado puede solicitarlos al IMTA.

<sup>7</sup> La mayoría de rutinas del *SeeA* pueden correrse con el "Runtime de Dbase", es decir, sin entrar a ese software, pero hay otras rutinas que no operan, por lo que es más recomendable trabajar dentro de *Dbase IV* o en *FOX-PRO*. Otra cosa importante es corroborar que el CONFIG.SYS del MSDOS tenga declarados suficientes FILES, por ejemplo 30 (es decir que se puedan tener abiertos varios archivos simultáneamente), de lo contrario el *SeeA* fallará.

Los disquetes proporcionados por el IMTA sólo contienen una de estas modalidades, así que es conveniente platicar y acordar antes cuál es la más conveniente para el interesado. Los programas fuente (.PRG) no son entregados por el IMTA a menos que exista algún convenio especial e interés muy justificado de algún usuario.

Entonces, conforme a la modalidad disponible, el *SeeA* podrá usarse dentro de Dbase-IV (versión 1.0 o 1.2), con FOX PRO; o bien, desde el sistema operativo MSDOS. En caso de tener la versión ejecutable del *SeeA* (MENUCOMP.EXE), no es indispensable tener esos paquetes comerciales en el disco duro de la computadora; sin embargo, es recomendable tenerlos para poder editar reglas y otros elementos (i.e. calibrar el sistema experto, ver secciones 2.7, 3.4 y 5.1 del manual). En su caso, el Dbase (o FOX-PRO), al igual que el Harvard deben estar instalados en directorios del disco duro diferentes al C:\IMTA\SEEEA. Es mucho mejor manejar el *SeeA* desde su directorio propio, accedando indirectamente a los paquetes de apoyo con la instrucción PATH del MSDOS (consultar manual del MSDOS de su computadora para entender esa instrucción).

### 2.3.2 Entrada al *SeeA*:

- a) Asegurarse de estar en el sistema operativo MSDOS y tener desactivado el WINDOWS u otros sistemas que absorban mucha memoria de la computadora (el Dbase o Fox-Pro suelen tener conflictos de memoria si se les llama desde un ambiente Windows).
- b) Cambiarse al subdirectorio C:\IMTA\SEEEA (desde cualquier subdirectorio en que se esté, teclear `cd c:\imta\seeea`).
- c) Dependiendo de la modalidad de *SeeA* que se tenga, hacer alguna de las siguientes cosas:
  - c.1 Teclear **MENUCOMP** (para correr la versión ejecutable del menú completo del *SeeA*); o
  - c.2 Teclear **CORRELO** (para correr un programa "batch" \_extensión .BAT\_, que corre al RUNTIME y llama a MENUCOMP.DBO); o
  - c.3 Sin cambiar de subdirectorio entrar al paquete Dbase-IV o al Fox-Pro (corroborar que el "path" esté dirigido hacia el paquete correspondiente). Normalmente la instrucción es simplemente tecleando Dbase o Foxpro, pero si no funciona, checar como se llama en su computadora el archivo batch o ejecutable. Ya en él, asegurarse de estar en el modo de "punto indicador" (no en el ASSISTANT)<sup>8</sup>; y una vez ahí, teclear **DO MENUCOMP** para llamar al menú principal del *SeeA*.
- d) Debe aparecer una pantalla que indica que ya se está en el *SeeA*, pero antes de poder usarlo, debe teclearse la clave de seguridad de usuario. Teclear esa clave para poder continuar. Esta clave es proporcionada por el IMTA (la clave dura únicamente un mes si la copia del sistema es de cortesía). Al dar la clave correcta, se está listo para usar el paquete de cómputo.

### 2.3.3 Uso del *SeeA*

El menú principal o MENU COMPLETO ("menucomp") del sistema permite escoger diferentes tipos o grupos de trabajos posibles, es decir, conduce a otros menús de mayor detalle donde se puede elegir la rutina de trabajo deseada. El movimiento dentro de cada menú se hace con las teclas de flecha y luego ENTER, o tecleando el número, letra o símbolo inicial de la opción deseada.

El *SeeA* permanecerá activo después de concluida cada labor y disponible para realizar una nueva rutina al llamarse los submenús correspondientes. En ocasiones el sistema se desactiva al detectar errores importantes

---

<sup>8</sup> La primera vez que se apliquen esos paquetes comerciales al *SeeA*, habrá que revisar cuidadosamente su configuración (programa ejecutable DBSETUP o funciones "SET"), ver también sección 2.6.

en los datos o claves de archivos, pero antes de eso previene al usuario. Es sencillo iniciar de nuevo (ver paso "c") para corregir la falla. Salir del sistema es fácil, tecleando la opción "Y" o "Z" en cualquier submenú.

-En ocasiones hay que pasar por varios menús cada vez más específicos para llegar al asunto deseado, es decir, se va profundizado en el *SeeA*. Regresar a los menús previos -superiores- es sencillo, basta con oprimir una letra "X" (o en ocasiones dos o más de ellas "XX") cuando el sistema pide algún dato o confirmación del usuario.

-El símbolo "?" (un signo de interrogación, o a veces dos o más de ellos "??") permite consultar momentáneamente algún texto explicativo del menú o la rutina presente. Al concluir la consulta, el sistema vuelve al punto anterior al llamado de la ayuda.

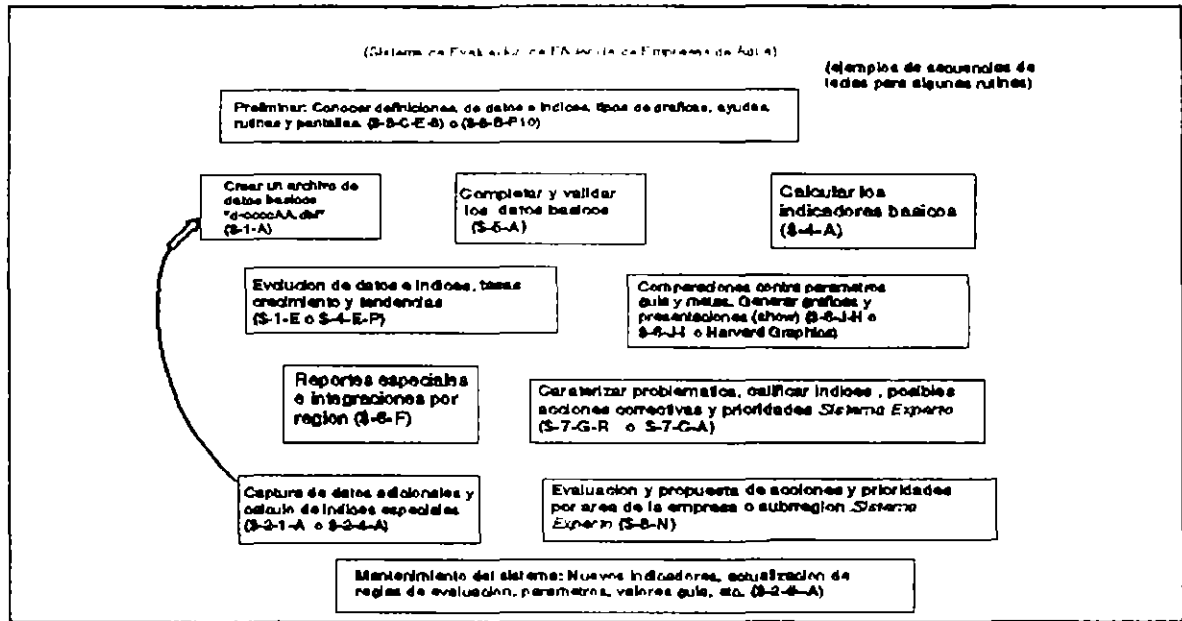
- En el menú de "consultas" o en el de "gráficas" hay opciones para generar, sin salir del sistema, algunas representaciones sencillas, pero bastante útiles. Sin embargo, para actualizar o imprimir gráficas más elaboradas, como las generadas por Harvard-Graphics, será necesario salir del Dbase o Fox-Pro y entrar a Harvard. El mismo *SeeA* explica en detalle como salir y volver a entrar fácilmente, así como qué teclas ("macros" incluidos en el *SeeA*) usar cuando se esté en Harvard.

#### 2.4 Secuencia normal de trabajo para el usuario

El *SeeA* puede usarse para muy distintas actividades y rutinas. El usuario tiene libertad para hacerlo en el orden en que prefiera, siempre y cuando no viole ciertas cosas de sentido común (por ejemplo no es posible graficar índices, si estos no se han calculado antes).

También, si el usuario lo prefiere y tiene buenos conocimientos de Dbase o de Fox\_Pro, o de cualquier otro manejador de bases de datos; puede editar, consultar o imprimir directamente varios de los archivos y bases de datos con las instrucciones propias de esos paquetes y no con el *SeeA*. Sin embargo, la ventaja del *SeeA* sobre esto es la diversidad de rutinas que ya están preparadas y la protección que ofrece para que no se pierdan datos o no se admita "basura" (datos improbables) dentro de los archivos de información, ya que entre otras cosas va generando automáticamente varios chequeos y respaldos temporales de seguridad.

Sin embargo la mayoría de los trabajos, sobre todo si el usuario es principiante, deben hacerse en una secuencia lógica o normal. En la siguiente lámina se muestra el diagrama de secuencia recomendable para usar el *SeeA*.



— Lámina 2.4 Diagrama de secuencia

#### 2.4.1 Familiarización y definiciones

El primer paso, aunque no es propiamente "usar" el sistema, es conocerlo. Es decir, es importante "jugar" y familiarizarse con él durante un tiempo, entrando y saliendo de diferentes menús y ver cómo operan algunas rutinas; por ejemplo, introducir y consultar datos inventados, validarlos, graficarlos, etc. Algo fundamental es leer y estudiar las **definiciones de datos e índices**. También conviene analizar las unidades en que se mide cada dato, claves de confiabilidad, símbolos, tipos de gráficas, ayudas y pantallas de elección. En esta etapa de familiarización el "menú de consultas" (opción: "S-3") y el "menú de ayudas" ("S-?") son de utilidad.

Es posible ver definiciones y valores guía de determinados indicadores, en forma individual o agrupados por áreas; consultar la nomenclatura y las definiciones de datos, claves de ciudad, confiabilidad y prioridad; ver las opciones y tipos de gráficas que se generan por Harvard-Graphics; consultar ayudas rápidas para generar los datos, con tres modalidades de equipos y técnicas para medirlos (elemental, intermedia y avanzada); etcétera.

Algo fundamental es conocer bien la *definición de cada uno de los parámetros* y la *unidad de medida* en que debe reportarse el dato<sup>9</sup>, y estar consciente de que en todo momento habrá que apegarse a eso, para que realmente sea comparable la estadística, y tengan utilidad los valores comparativos, metas y demás que maneja el paquete. Similarmente deben estudiarse las *fórmulas* que definen a cada índice en el sistema. En caso de desacuerdo con alguna definición, fórmula, unidad de medida, etc., conviene notificarlo al IMTA, y en su caso hacer los ajustes correspondientes a ella, pero es muy importante hacerlo lo más pronto posible, en la etapa inicial, y no cuando quizá ya hay información capturada con otros criterios. Esto ayudará también a evitar o aminorar las *discrepancias* entre fuentes de información, que frecuentemente hay dentro de la misma empresa (más comentarios sobre esto en sección 1.4.4).

<sup>9</sup> Se debe respetar lo indicado en el campo UNIDAD del archivo *D&basico.dbf* o *D&adicio.dbf*, pero teniendo cuidado en la cuestión del periodo de tiempo (ver sección 3.3.1).

#### 2.4.2 Introducción de datos básicos mensuales

El paso inicial para usar realmente el *SeeeA*, es capturar la información indispensable que explique las características y problemática del servicio de agua y drenaje de la ciudad o zona en consideración, para una determinada época. Es decir, es indispensable generar un archivo de datos (.DBF) para los parámetros básicos de la empresa, y luego capturar los datos para el o los periodo(s) (meses) que se tenga información.

Para generar y capturar datos, se usa el "menú de datos", opción "\$-1". Ahí está la opción de generar un archivo de datos tipo "D-" (v.g. *D-cccca.dbf*, donde "cccc" sería la clave de la ciudad o zona y "aa" el año). El dato de cada parámetro, ese mes, necesariamente debe acompañarse de una clave de confiabilidad y, preferentemente, de algún comentario de cómo o cuándo se obtuvo la información. En caso de que ya exista el archivo, se puede revisar y actualizar.

La clave de ciudad, sector urbano o región a que se refieran los datos debe haberse declarado previamente, de manera única, en el archivo de control "*Clav-ciu dbf*" (esto normalmente lo hace el IMTA al autorizar una copia del *SeeeA*, sin embargo es fácil dar de alta nuevas claves). La importancia de este archivo es asegurar que no se generen archivos de clave desconocida o que la información quede mal ubicada.

Es interesante destacar que el "menú de datos" ofrece muchas posibilidades y estilos de edición y maneras de aprovechar datos existentes en otros tipos de archivos (como los "T-"). Además, la forma de expresar cada dato es muy flexible, siendo posible emplear fórmulas aritméticas. Por ejemplo, si se sabe que un dato es el mismo del mes anterior que valía 5,434, aumentado en 15%, entonces se puede anotar como " $5,434 * 1.15$ ". Las expresiones pueden ser tan largas como el "campo" lo permita (ver estructura de archivos en sección 4.2). Tratándose de datos *no debe* hacerse referencia a otros parámetros empleando sus símbolos (en el caso de índices o de algunas "reglas expertas", sí es válido).

#### 2.4.3 Validación de información

La siguiente actividad, después de capturar o actualizar datos, es validarlos; es decir, asegurarse de que no hubo errores de captura (puntos decimales, unidades de medida). Esto sirve también para revisar que los datos reportados por las distintas áreas de la empresa sean congruentes entre sí.

Para ello se usa el "menú de validación", opción "\$-5". Ahí se comparan los datos contra diferentes reglas de validación predefinidas. El resultado de la corrida es una lista de las situaciones anómalas que el programa detectó. Esa lista hace referencia a la regla que no se cumplió y sugiere el procedimiento para revisar los datos en duda. Con los resultados y sugerencias de la corrida es indispensable corregir los datos (editarlos con el menú "\$-1-A"), hasta que al correr la validación no haya ningún error.

#### 2.4.4 Generación de índices

Cuando se tiene la certeza de que los datos son congruentes y están bien capturados, procede *calcular los índices* correspondientes.

El sistema generará los índices o "indicadores de gestión", al combinar los datos básicos en fórmulas aritméticas sencillas, preestablecidas. Para esto, en el "menú de índices y cálculos", opción "\$-4", hay dos rutinas que pueden usarse con iguales resultados en cuanto a índices, pero diferentes en la información complementaria que generan. La rutina "\$-4-A" almacena en un campo MEMO (memorándum) cada uno de los datos y valores usados, e incluso fórmulas que originalmente tenían; mientras que la rutina "\$-4-B" calcula la precisión (error) o confiabilidad probable asociada a cada índice.

Los índices calculados quedan grabados en un archivo tipo "I-", por ejemplo "*I-cccca.dbf*" para los índices generados a partir del "*D-cccca.dbf*". En él están el nombre de cada índice, la fórmula, la unidad de medida, el valor resultante, la confiabilidad o rango de error probable (si se usó la opción "B"), o el valor individual de cada dato que intervino en la fórmula (con opción "A"). En la sección 3.3.4 se muestra la estructura de cada archivo I-.

#### 2.4.5 Historial y tendencias de parámetros e índices

Luego de calculados los índices, conviene validarlos en forma similar a lo descrito en 2, y *revisar la evolución de datos e índices*.

La rutina "\$-5-D" sirve para validar índices que revisa reglas de congruencia elementales, similares a las de validación de datos y equivale a un complemento de revisión de datos. Al notar situaciones extrañas el programa se detiene y hace comentarios en la pantalla. Algunas reglas se remiten a algún programa de revisión especial, que puede adecuarse a necesidades específicas de cada usuario.

El menú "\$-4" contiene opciones para promediar índices de diferentes periodos o zonas; calcular tasas anuales de crecimiento, o tasa promedio en un periodo largo, y tendencias de evolución. También los menús "\$-3" y "\$-5" tienen opciones para consultar o graficar la evolución mensual o anual (histórica) de datos e índices.

La evolución histórica (varios años) es interesante, entre otras cosas, para detectar el impacto de cambios en la metodología o equipo usado para medir algún parámetro, o si varió el apego a determinada definición.

#### 2.4.6 Comparaciones y graficación

La siguiente actividad del proceso de trabajo normal con el *SeeA* es comparar contra parámetros guía y contra metas preestablecidas, y generar gráficas de presentación.

Los índices deben presentarse adecuadamente, comparándolos, mostrando su evolución, resaltando los altos o bajos, etc. Para esto, tanto el "menú de consultas" (opción "\$-3") como el "menú de gráficas" ("-\$-6") serían los más empleados. Cuando se quieran generar gráficas de calidad, algunos programas prepararán algunas bases de datos de *Dbase-IV*, para que sirvan a las importaciones por el software *Harvard-Graphics-3*. La gráficas se generarían usando algunos "macros" preestablecidos por el *SeeA*. Las gráficas se almacenan en el subdirectorio Gráficas) y se conservan hasta que sean modificadas o borradas por el usuario.

#### 2.4.7 Generación de reportes y presentaciones

Hay algunos programas para hacer gráficas o impresiones más elaboradas, como por ejemplo el de la rutina (secuencia de teclas) "\$-6-F" que permite hacer, sin salir de DBASE (o FOX-PRO o programa MENUCOMP.EXE), una *representación geográfica comparativa de índices*, en distintos sitios de una zona o ciudad. Ahí, para un año y mes específicos se mostrarán, según sus coordenadas, los indicadores seleccionados por el usuario, de todos los archivos (de ciudades o zonas de una ciudad), diferenciando por colores los que se alejan de algún valor de referencia.

Existen también macros para Harvard que harán una integración de diferentes gráficas, que se hayan actualizado previamente, en un *show* de presentación llamativo y útil para alguna negociación o argumentación dentro o fuera de la empresa.

Rutinas, como la "\$-1-C", permite generar tablas (archivos T-) que pueden ser interesantes en análisis específicos. Además, el mismo *SeeA*, en su menú de ayudas, contiene recomendaciones (ver sección 6.5 del manual) para integrar reportes periódicos, según la institución usuaria del *SeeA* o el destinatario del informe. En algunos informes o reportes rutinarios o especiales convendrá hacer referencia a parámetros o indicadores "adicionales", además de los "básicos"; la mayoría de las opciones mencionadas funcionan para ambos tipos de archivos.

#### 2.4.8 Análisis y diagnóstico de información

Las tres etapas anteriores pueden verse como una sola, la más importante!, en que el responsable analiza la información como sustento de decisiones para la empresa de agua (propuesta de acciones de mejoramiento).

Aunque el *SeeA* contiene rutinas "expertas" para ayudar en esta labor (secciones 2.4.8 y 2.4.10), es importante que el usuario, antes de emplearlas, haga su propio análisis independiente (leyendo las gráficas y tablas de datos e índices) y llegue a sus propias conclusiones sin sugestionarse o "contaminarse" de lo que el *SeeA* pueda concluir.

Las rutinas expertas, más bien, deben tomarse como otro punto de vista o complemento a las propias conclusiones. Al menos en la etapa inicial, cuando aún no está calibrado el *SeeA* (ver sección 5.1 del manual).

Entonces, como complemento al diagnóstico independiente que haga el responsable, el *SeeA* puede hacer, en calidad de "asesor computarizado", un *diagnóstico de la empresa* en función de los índices calculados.

En el "menú de diagnóstico" (opción "\$-7") hay rutinas para: asignar una calificación general a la empresa (genera un "macroíndice"), caracterizar la problemática, seleccionar y priorizar acciones correctivas, calificar índices contra metas 'guía' o rangos recomendados, y comparar las calificaciones de índices calculados.

#### 2.4.9 Datos e índices complementarios

Hay situaciones, donde para profundizar en el análisis de algún problema o el resultado de alguna acción implantada, es necesario recurrir a información extra diferente de la obtenida con los "parámetros básicos" (recordar que uno de los objetivos del *SeeA* es minimizar su número). Cuando tal información debe concentrarse y analizarse metódica y periódicamente, el *SeeA* es una herramienta ideal para hacerlo. Además, permitirá ligar y cruzar la estadística contra los elementos "básicos" y generar indicadores cruzados, de ser necesario, de alta complejidad ("macroíndices").

Si se requiere capturar datos complementarios y calcular índices especiales, el "menú para datos e índices adicionales" ("-\$-2") permite realizarlo.

Las opciones de este menú permiten manejar prácticamente las mismas rutinas que para los datos básicos. Se distingue cuando el usuario tiene activado el subdirectorio "ADICIONAL" en lugar del "BASICOS", por el color de los menús (tipo Pop-up) que se presentan, que tienen letras color azul, mientras que para datos básicos son amarillas.

#### 2.4.10 Propuesta y evaluación de acciones de mejoramiento

Un planeador o directivo con alta experiencia y capacidad analítica, con metas bien establecidas en un plan de desarrollo y con tiempo suficiente (calma) para revisar, mes a mes, toda la información sobre su empresa, que además disponga de estabilidad financiera, normalmente tendrá suficiente claridad y control sobre los programas y estrategias que deben seguirse.

Lamentablemente la situación anterior es idealista, así que normalmente hay incertidumbre en muchos aspectos, desde qué acciones convienen y las estrategias para realizarlas; hasta cómo obtener el financiamiento y la manera de evaluar los resultados.

Con el preámbulo anterior se quiere establecer que no hay una manera única, fija o comprobada para proponer acciones y evaluar resultados. Este debe ser un proceso de intento y error, pero a la vez donde el *SeeA* puede tener una importante participación, aprovechando la tecnología sobre "sistemas expertos" que ya existe en el mundo. La ventaja de intentar hacer esto dentro del *SeeA* es la facilidad, seguridad y velocidad para consultar y manejar información conocida de la empresa.

El "menú para rutinas expertas y módulos especializados" ("-\$-8") permite acceder a varios otros submenús o módulos especializados que facilitan evaluar alternativas de mejoramiento y asignación de recursos.

Algunas rutinas, aun susceptibles de mejora, buscan interactuar con el usuario (calificar procedimientos, dificultades o aciertos de algunos proyectos). El módulo financiero permite involucrar aspectos de costos, beneficios y plazos de ejecución y maduración, y otras situaciones que facilitan u obstaculizan las alternativas de mejoramiento.

El menú \$-8 es el que mayor evolución y crecimiento tuvo durante 1995 y propiamente es el que establece la diferencia entre las versiones 2.0 y 2.7 del *SeeA*. Ahí es donde conviene agregar nuevos módulos que los mismos usuarios o el IMTA desarrollen en el futuro. Actualmente de él se desprenden opciones como:

- menú para corridas con reglas tipo disparos



- módulo de asignación financiera
- módulo de predicción de demandas
- módulo de interconexión con WASAMS

La primer opción (§-8-r) es algo similar a la "§-7-C", pero trata de involucrar un mayor grado de técnicas expertas tipo "árbol de decisión" (con reglas que se "disparan" unas en función de otras). Incluye opciones para consulta, actualización o corrida de esas reglas. Las reglas buscan caracterizar a la empresa basándose en DATOS directos (no en índices). Actualmente falta calibrarlas y ampliarlas, sin embargo sirven de muestra para desarrollar e incluir diferentes rutinas en este menú. Al respecto el IMTA desea colaborar con empresas deseosas de esta clase de programas, y continuará investigando, para que versiones futuras del *SeeA* incluyan rutinas ya probadas y útiles. Existen paquetes comerciales (por ejemplo EXSYS) diseñados para hacer programas expertos, que admiten ligas con archivos bases de datos. Será conveniente también analizar la posibilidad de aprovechar algunas utilerías que ofrecen.<sup>10</sup>

Las otras opciones permiten entrar en módulos especializados que, dependiendo de la configuración y modalidad de convenio que tenga cada usuario con el IMTA, pueden o no considerarse parte del *SeeA*. En general son módulos bastante importantes y útiles para *proponer y evaluar acciones de mejoramiento en la empresa de agua*, sin embargo demandan mayor grado de conocimiento y familiaridad con el *SeeA* y los procesos de decisión gerencial de la empresa, por lo que es recomendable que antes de emplearlos se tome algún curso de capacitación en estos temas. En la secciones 3.1.1 y 4.8 del manual se dan otros detalles sobre estos módulos (ver también aclaración en sección 1.5).

#### 2.4.11 Mantenimiento del sistema de información

Dependiendo de la frecuencia con que se use el *SeeA* y la cantidad de información (ciudades, zonas, años) que se tenga capturada, es importante efectuar regularmente revisiones a la congruencia de los muchos archivos que se utilizan. Pudo haber sido, por ejemplo, que se amplió la definición de algún parámetro, pero tal definición no se anotó igual en todos los archivos que la deben contener (se repite información en algunos archivos, para hacerlos más independientes y reducir el número de archivos que en un momento dado deben manejarse).

Otros motivos del mantenimiento son: reacomodos en el orden de aparición de los parámetros o índices (actualizar indexaciones), ajustes en fórmulas, reasignación de "subsistema" (área de la empresa o temática) que cataloga a algún índice; adición de reglas expertas (quizá se esté usando mal algún símbolo). Checar la congruencia y reindexar bases de datos es indispensable después de dar de alta nuevos parámetros o índices, o eliminar (baja) algunos otros; o si se trasladó algún elemento entre los subdirectorios BASICO\ y ADICIONAL\ (por seguridad las rutinas para esas tareas, en el *SeeA*, piden una clave especial de "programador" del sistema, sin embargo alguien pudo "probar suerte" y hacerlo directamente desde DBASE o FOX-PRO).

El "menú para mantenimiento de archivos básicos" corresponde a la secuencia de teclas "§-9". Ahí pueden hacerse tareas como: listar archivos indispensables en cada subdirectorio; actualizar *archivos esenciales* de datos e índices (si no fueran compatibles); respaldar información capturada; actualizar estadística para indicadores concentrada en el archivo GUIA.dbf; listar o imprimir todas las rutinas disponibles, nombres de programas, archivos de ayuda y las secuencias para accederlas; actualizar estadística importante y metas para los parámetros de alguna ciudad; revisar la fórmula para calcular el error en un índice (por probable imprecisión en los datos); y otras.

Además existe un "menú para mantenimiento de archivos adicionales", al que se llega con la secuencia "§-2-#". Este permite revisar la congruencia de archivos, dar de alta nuevos elementos o darlos de baja, o hacer transferencias entre los subdirectorios "Básicos\" y "Adicional\", o incluso enviar algunos elementos al subdirectorio

---

<sup>10</sup> En 1994 el IMTA hizo algunas pruebas con EXSYS, pero vio que, por la gran cantidad de información (parámetros, zonas y épocas) y diferentes archivos que en un momento dado hay que manejar y consultar, es más práctico y simple hacer sistemas expertos programando en DBASE. Además, el estilo de programación ideado, con "reglas expertas" fáciles de cambiar, aumentar y probar, al almacenarse como registros de bases de datos, resultó innovador y apropiado. Sin embargo, no se descarta el eventualmente encontrar y aprovechar utilerías comerciales convenientes.

"Reserva" (solo sirve para guardar elementos no activos en el *SeeeA*, pero que eventualmente pudieran necesitarse); y varias otras, similares al caso de archivos básicos.

Aparte de las tareas de mantenimiento prediseñadas en el *SeeeA*, el usuario debe hacer rutinariamente, y de manera independiente a este paquete, sus propios respaldos de seguridad, en disco flexible o cinta magnética, a las bases de datos, gráficas y demás archivos que se hayan actualizado. Ese respaldo puede hacerlo como prefiera (Copy, Backup, Replace, Pkzip, etc.); tal como lo haría para cualquier otro archivo.

## 2.5 Ayudas en línea y regreso a menús previos

- Normalmente el signo de interrogación "?", sencillo o doble (? o ??) permitirá ver algún texto o figura de ayuda para entender cualquier rutina que se esté usando en ese momento. Algunas rutinas emplean el símbolo "?" combinado con otros, para mostrar diferentes tipos de ayuda; por ejemplo: "???" para ver un directorio general; "?R" para ver el contenido de algún archivo, o una lista de archivos específicos; etc. Las rutinas que permiten esto, lo indicarán explícitamente.

- Tecleando la letra "x" (o "xx"), cuando se espera alguna entrada o decisión del usuario permitirá regresar al menú inmediato anterior. Esto resulta útil principalmente en la etapa de entrenamiento y conocimiento preliminar del sistema. En ocasiones, la letra "Y" sirve para abortar alguna corrida (terminar sin regresar a menús previos) y salir a DBASE o al sistema operativo.

-En el subdirectorio "**AYUDAS**" se almacenan todos los archivos de texto (\*.TXT), que se van llamando y se muestran en pantalla, según la rutina que esté vigente. Algunos textos son extensos (dos o más cuartillas), así que cada cuartilla o sección del texto se presentan en la pantalla con diferentes colores para facilitar al usuario ubicar la parte que más le interesa. La mayoría de los textos están organizados en tres partes, que son:

1. Uso y características de la rutina en uso. Describe la finalidad del programa, los archivos que emplea como entrada y las salidas que genera.
2. Procedimiento de la rutina en uso. Explica la secuencia en que trabaja y el orden en que muestra información o hace preguntas al usuario. Sugiere la forma en que deben responderse, o las diferentes opciones que existen.
3. Descripción de la (o las) pantallas principales de resultados o información mostrada por ese programa.

Además de los archivos de .TXT, esos mismos textos existen en archivos \*.WPF (Word-Perfect), aunque no suelen entregarse a los usuarios para no aumentar demasiado el espacio de disco duro requerido, pero a solicitud específica pueden entregarse. Las versiones \*.WPF no pueden consultarse en pantalla y su uso es para imprimirlos en buena calidad, ya que incluyen figuras (diagramas de flujo y ejemplos de pantallas reales) y diferentes tipos de letras que facilitan su lectura.

## 2.6 Precauciones y solución a posibles fallas

Existen varias situaciones que pueden hacer que el sistema de información no opere adecuadamente. Algunas de las más comunes, y las posibles soluciones, son:

-No se reservó suficiente *espacio en disco duro* para copiar todos los archivos del *SeeeA*. Recordar que antes de instalarlo se requieren al menos 10 megabytes. Entonces pudo ser que algunos archivos no se copiaron, y aunque algunas rutinas trabajen otras fallarán.

-Falla al buscar algún *archivo*. Enlistar los diferentes subdirectorios del *SeeeA* y compararlos contra la lista de archivos y subdirectorios, indicada en la sección 3.3 de este manual. De ser necesario comparar tamaños y estructura de los archivos. Solución: recurrir a sus disquets de respaldo (que periódicamente el usuario debe realizar).

-No se está ubicado en el subdirectorio C:\IMTA\SEEEA\ para correr este sistema, y/o el PATH para la paquetería de apoyo (DBASE, HARVARD-GRAPHICS) es incorrecto. Ubicarse correctamente.

-El software comercial disponible no se ajusta a la *modalidad (versión) de los programas* entregados por el IMTA (\*.EXE, \*.DBO, \*.FXP) del SeeeA. Aclarar con el IMTA las características del software disponible y/o pedir otra versión del sistema. Ojo, recordar que los archivos \*.DBO de las versiones 1.0 y 1.2 de DBASE\_IV no se reconocen entre sí.

-No hay suficientes FILES o BUFFERS declarados en el CONFIG.SYS o no hay suficiente *memoria libre* para cargar DBASE o MENUCOMP.EXE. Revisar la configuración de su máquina. Para correr el SeeeA dentro de DBASE IV se necesitan al menos unos 650,000 bytes libres. Recordar no tener activado WINDOWS u otro que absorba memoria.

-No funciona la *clave de usuario*. Seguramente cambió automáticamente (después de cierto número de usos y/o días transcurridos, el SeeeA la modifica como protección). Es necesario, por teléfono, solicitar la nueva clave al IMTA. La razón de esta clave, más que protección por derechos de autor, es para asegurar el intercambio de información, especialmente mientras se considere un proyecto de investigación y uso autorizado como colaboración técnica.

-No responde el sistema. Posiblemente la *vigencia de licencia de uso autorizada* ha vencido y el sistema se "autocontaminó" o "autoborró" para impedir su uso. Es necesario efectuar un nuevo convenio con el IMTA. Nota, normalmente sólo se "autoborran" o "autocontaminan" los archivos \*.exe, \*.dbo y \*.fxp, así que no hay riesgo de que se pierda información importante (archivos \*.DBF o \*.DBT) generada por el usuario.

-Problemas de operación dentro de DBASE\_IV (o FOX\_PRO) Asegurarse de tener una *configuración* adecuada, correr y ajustar el DBSETUP.EXE. Algunas selecciones importantes son:

Set point to "."

Set separator to "." (separador decimal para datos almacenados o capturados)

Set date to **FRENCH** (para estilo de fechas usual en México)

Set Langtables **"ON"** (p.e. para poder usar la "Ñ" como variable)

Set Ldcheck **"OFF"** (para que no se pregunte el idioma de cada archivo)

Set Local Share **"OFF"** (el SeeeA no requiere ambiente multiusuarios)

-Para que se vean correctamente y se acepten algunos textos tiene que estar declarado el *tipo de teclado* español o latinoamericano (instrucción del DOS: KEYB SP).

-Tener cuidado de *no renombrar* (cambiar de nombre con COPY o RENAME) desde el MSDOS, a las bases de datos (archivos \*.DBF), pues ello crea problemas. De ser necesario renombrar, hacerlo con la paquetería DBASE (o FOX\_PRO).

-Si en las pantallas de selección *aparecen menos parámetros o índices* de los que deben ser, correr las rutinas de revisión de congruencia y de reindexación de los menús de mantenimiento: "\$-9" y "\$-2-#".

-Si al correr las rutinas de *calificación de índices* hay fallas, tal vez están mal designadas las variables "IND##". en las reglas de *ExpertI&GUIA.dbf* o de *ExpertI&GUIA AD dbf*. Las rutinas de mantenimiento pueden ayudar a detectar las fallas.

- Cualquier otro problema no incluido aquí, por favor consultarlo con el IMTA.

## 2.7 Ampliación y ajuste del sistema

El estilo de programación usado, donde muchas reglas, ecuaciones, encabezados, etc., se ubican en archivos bases de datos (.DBF) y no en los programas, facilita calibrar y ampliar el sistema para satisfacer preferencias y necesidades de distintos usuarios. Además, siempre es fácil declarar nuevas rutinas (opciones) en los menús existentes, o incluir nuevos menús. Los principales menús del SeeeA son del tipo "pop-up", que son "revolventes", o sea, pueden tener más opciones de las que se ven inicialmente en pantalla.

Incluso, como se notará al operar el SeeeA, algunos menús (por ejemplo el de graficación "\$-6", o el de

mantenimiento "\$-9") presentan "huecos" u opciones que actualmente no funcionan. Estos corresponden a espacios que pueden ocuparse o a rutinas que se sugieren, pero que no han sido desarrolladas por falta de tiempo y porque se prefiere que sean los usuarios quienes decidan si ameritan hacerse, o en su lugar conviene alguna otra (ahí la importancia de la colaboración técnica Empresa de Agua-IMTA).

Como se explica también en la sección 5.1, hay varias tareas que pueden catalogarse como responsabilidad del usuario. Principalmente para actualizar y completar algunas bases de datos esenciales, para que opere correctamente el sistema de información en una empresa de agua, o en alguna institución normativa. Esto es lo que se designa como *CALIBRAR* y *PERSONALIZAR el SISTEMA*. Aunque, por otra parte es mejor no "meter mano" a todo, sin el conocimiento y retroalimentación del IMTA. Por ejemplo, es conveniente respetar al máximo posible las características de los parámetros e índices "básicos" (nombres, definiciones, símbolos, unidades de medida) y los nombres. Esto para poder consolidar una estadística nacional confiable y comparativa. En cambio, habría más libertad para parámetros e índices "adicionales", en particular los propuestos por el usuario.

Algunas de las posibilidades de ampliación y ajuste (calibración y personalización) por el usuario son:

- Nuevos parámetros e índices.
- Ampliación de definiciones y archivos explicativos.
- Estadística nacional o internacional sobre índices. Archivos *Parametr\GUIA.dbf* y *Parametr\GUI\_AD.dbf*.
- Metas y estadística importante de la empresa (ciudad). Archivos *Parametr\RB\_ciud.dbf* y *Parametr\RA\_ciud.dbf*.
- Nuevos archivos de reglas (alternativos), a usarse por programas existentes; o ampliación a reglas existentes.
- Nuevas rutinas (.prg, o .dbf o .fxp) para tareas específicas, como generar otros modelos de gráficas, reportes, etc. Recordar declararlas en algún menú, que se integre al sistema general del *SeeA*.

...

### 3 Subdirectorios y archivos que componen al *Seea*

#### 3.1 Subdirectorios

Para mantener mejor organizada la información, facilitar entender el sistema, agilizar las búsquedas y prevenir pérdidas de datos, el *Seea* está estructurado para guardar la información en el disco duro de la computadora (unidad "C:"), en diferentes subdirectorios especializados. Todos ellos se derivan del directorio principal: C:\IMTA\SEEEA, como se ilustra en el diagrama "árbol" adjunto<sup>11</sup>.

Es conveniente revisar que todos esos subdirectorios, excepto los escitos con letras más pequeñas, existan en el disco duro, pues de lo contrario algunas rutinas no trabajarán.

Por su parte el *directorio principal* IMTA\SEEEA contiene los programas compilados y unidos (tipo \*.DBO, \*.BAT, \*.FXP o \*.EXE). En este directorio no debe existir ninguna base de datos. Esto, para ayudar y forzar al usuario a ubicar los archivos en el subdirectorio correcto (..\BASICOS o ..ADICIONA o algún otro).

##### 3.1.1 Principales subdirectorios

Los subdirectorios más importantes, derivados del C:\IMTA\Seea, son:

..\ADICIONA\.- Aquí se guardan los archivos de datos adicionales (*D-*.dbf y .dbt), o de índices generados a partir de ellos (archivos *I-*). Los archivos más importantes que deben estar ahí son: *D&adicio.dbf*, *I&adicio.dbf*, *D&segmes.dbf*, *I&segmes.dbf*. Pero hay varios otros que son indispensables, ver la sección 3.2 para una lista completa.

..\ALFABETI\.- Contiene a las bases de datos *Temas.dbf* y *Glosario.Dbf*, usadas para consultar palabras o temas especializados, y en donde el usuario puede "meterles mano" para hacerlos específicos para su empresa. Algunas rutinas de búsqueda se apoyan en estos archivos (ver por ejemplo "\$-?-5-A").

..\ASIGNA\.- Contiene modelos de estructuras para bases de datos y archivos de apoyo empleados exclusivamente por el módulo financiero. Por ejemplo: *ACCI\_ASI.dbf* (usada para rellenarla con el presupuesto asignado a cada acción), *CAMBIOS.dbf* (para anotar ahí los valores de los cambios de valor propuesto para cada parámetro conforme a situación actual, metas, así como los costos y beneficios de esos cambios), *RESTRICC.dbf* (matriz de restricciones para cada parámetro, cruzadas contra cada uno de las acciones que los afectan), *TIPS&CGI.dbf* (sugerencias sobre como calcular costos, ganancias e impactos unitarios para cada parámetro o acción que los afecta), así como los archivos particulares de datos unitarios para cada ciudad considerada (*COS-<sup>0000</sup>.dbf*, *GAN-<sup>0000</sup>.dbf*, *IMP-<sup>0000</sup>.dbf*) y algunos otros con estructuras de bases de datos para correr programas de optimización.

..\AYUDAS\.- En este subdirectorio están la mayoría de los textos de las ayudas en línea que presenta el *Seea*. Los nombres de estos archivos, de extensión ".TXT" empiezan con *AY-*, o con *AYU-*. Algunas bases de datos importantes son las del grupo "*RUTINA\*.dbf*", usadas para explicar las diferentes rutinas que integran cada menú fundamental del *Seea* y las secuencias de teclas para correrlas. En la sección 3.2 aparece la lista de los archivos necesarios.

Derivado de *Ayudas\* está el subdirectorio ..\DIAGRAMA, con figuras y archivos de apoyo a la presentación (*show*), ejecutable desde el sistema operativo, *SHOW-PAS.exe*.

---

<sup>11</sup> En letra *menuda* se marcan subdirectorios normalmente no incluidos en la versión entregada al usuario (motivo: ahorrar espacio requerido), pero se pueden solicitar al IMTA de existir mayor interés. En letra  *cursiva* aparecen los subdirectorios empleados exclusivamente por módulos especializados (ver opción \$-8), que se entregan al usuario luego de tomar algún curso de capacitación sobre el tema.

De AYUDAS\ también sale el subdirectorio MANUAL, donde están las versiones *.TXT* y *.WPF* (ASCCI y Word Perfect) de este manual. La primera vez que se use alguna rutina de consulta se generará otro archivo equivalente "*.DBF*", pero que no es indispensable durante la instalación del *SeeaA*; y que se usa para localizar párrafos con palabras o temas que interesen al usuario, sin salir del software general. Es decir, se tiene un *índice de contenido dinámico y amigable*, con la opción "\$-?-5-E".

..**BASICOS**\.- Almacena los archivos esenciales para definir (nombre, símbolo, unidad, subsistema, fórmula) los parámetros e índices que se hayan establecido como básicos<sup>12</sup>; así como otros archivos importantes para: generar estructuras de archivos especializados, validar información (reglas expertas), y autochequeos de la congruencia de archivos (mantenimiento del sistema). Asimismo se guardan los archivos, específicos por sitio y año, creados por el usuario con información capturada "D-", o los de índices generados a partir de estos "I-". Algunos archivos indispensables son: *clav-ciu.dbf*, *dat-logi.dbf*, *ind-logi.dbf*, y varios otros, cuya relación aparece en la sección 3.2.

..**DEMANDAS**\.- Almacena los programas (archivos *.APP* o *.PRG*) y bases de datos (*.DBF*) de apoyo al módulo de predicción de demandas (módulo sólo parcialmente desarrollado en julio de 1995). Algunos archivos son: *Bitacora.dbf*, *Referen.dbf*, *Consumo.dbf*, etc.

..**EVOLUCIO**\.- Contiene a los archivos tipo *EH-\_\_\_z.dbf*, "evolución histórica" (los que concentran en un sólo archivo la información de los archivos *D-\_\_\_AA.dbf*, para diferentes años, en determinado mes "z" de cierre anual). También aquí se alojan los *ETD-\_\_\_dbf* (generados por las opciones "\$-4-E" y "\$-4-F"). Asimismo se almacenan aquí los archivos tipo *P-\_\_\_ff.dbf*, *M-*, *S-* o *C-* (proyecciones al futuro) generados, por ejemplo, por la rutina "\$-4-F-P".

..**EXPERT**\.- Integra diferentes archivos de reglas expertas y los resultados ("disparos") de confrontar tales reglas contra los archivos de información de la empresa, conforme a las diferentes rutinas que existen en el *SeeaA*. Por ejemplo, aquí se alojan los archivos de fórmulas de calificación de índices *I&guia.dbf*, *i&guia\_ad.dbf*, *I&rangos.dbf* e *I&ran\_ad.dbf*. La relación de archivos necesarios se muestra en la sección 3.2.

..**GEOGRAF**\.- En este subdirectorio se ubican los archivos en que se apoyan las corridas de representación geográfica de índices (estilo "GIS"). En la sección 3.2 aparecen sólo unos pocos que servirán de muestra al responsable del sistema, para generar otros similares. Puede haber tantos mapas como se requieran (zonas de una ciudad, localidades en un municipio, estado o región). Para definir un mapa se necesita un par de archivos: uno del tipo "*.PRG*" (programa), que puede ser idéntico al incluido para representar la república mexicana (*MEXICO PRG*), excepto por el dibujo (figura de la zona), en caracteres ASCII que es sencillo incluir dentro del texto del programa. Y el otro, tipo "*.DBF*" (base de datos) con las coordenadas y nombres de los diferentes sitios a mostrar respecto a la figura que va en el archivo *.PRG*.

..**GRAFICAS**\.- Contiene bases de datos: *CAT-GRAF DBF* y *CAT-GR\_A.DBF*, útiles para identificar modelos

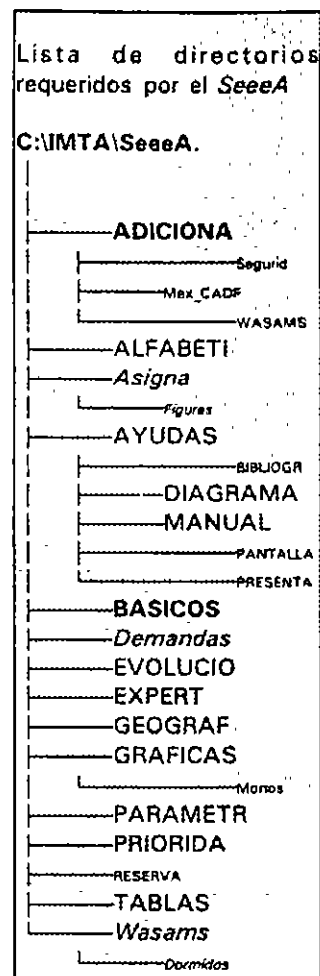


Lámina 3.1 Árbol de subdirectorios del *SeeaA*

<sup>12</sup> Recordar que una virtud del *SeeaA* es su flexibilidad para aumentar o eliminar parámetros, o hacer movimientos (traslados) entre "básicos" y "adicionales".

de gráficas apropiados a cada parámetro o índice básico o adicional. *DAT-DIR.DBF*, *DAT-DI\_A.DBF*, *IND-DIR.DBF* e *IND-DI\_A.DBF*, que indican el orden de reacomodo a las bases de datos que se exportarán a Harvard-Graphics. Y *GRAF-DAT.DBF* y *GRAF-IND.DBF* son los archivos temporales de datos (parámetros) e índices recién reacomodados. También contiene varios archivos, con extensión ".MA3", que constituyen "macros" para el software *Harvard Graphics 3*, y que al correrse generan —actualizan— algunos de los varios modelos de gráficas disponibles (extensión ".CH3"). Los archivos —figuras— temporales actualizados son del tipo *GR-xx-\_.ch3*. Adicionalmente, contiene archivos ejecutables (tipo *GRAF-\_.exe*) de gráficas de muestra para permitir consultas a los modelos sin salir de Dbase IV (o Fox-Pro).

..\PARAMETR\.- Contiene bases de datos tipo "guía" para índices y tipo "referencia" para parámetros, tanto básicos como adicionales. La información en estos archivos procura concentrar estadística importante para la comparación imparcial de índices. Para el caso de parámetros, corresponde a cada organismo o empresas generar la estadística específica y metas (corto y largo plazo) para cada ciudad. Contiene también textos de explicación sobre la procedencia y aplicación de esos parámetros. Aquí están los archivos *Guia.dbf*, *Guia\_ad.dbf*, *Raza\_bas.dbf*, *Raza\_ad.dbf*, *Rb-\_\_\_\_.dbf*, *Ra-\_\_\_\_.dbf*.

..\PRIORIDA\.- Este subdirectorío integra los archivos que contienen la reglas expertas (fórmulas en lógica booleana) para calcular un grado de prioridad (necesidad) a determinadas acciones de mejoramiento. Por ejemplo, el conjunto de reglas para priorizar la acción "ahorro de energía eléctrica" se localizan en el archivo *R-aho-en.dbf*. También en el subdirectorío se guardan modelos de reglas "estándar" (*R&standa.Dbff* y *R&sta\_ad.Dbff*) que sirven de ayuda, para abreviar escritura, al generar o modificar reglas para alguna acción (ver rutina "\$-7-C-B", o sea programa *AJUS-REG.prg*). Cuando se corre la rutina de "asignar calificación general a una empresa" se genera el archivo "C-ciudadAA.dbf", donde, entre otras cosas, puede consultarse la prioridad para diferentes tipos de acciones para la ciudad con clave "ciudad", para el año "AA". El archivo *C&MUESTR.DBF* es el que se usa como apoyo para generar la estructura del archivo antes mencionado.

..\TABLAS\.- Aquí se almacenan los archivos tipo "*T-yyyyyy.dbf*" ("*yyyyyy*" sería el símbolo de algún parámetro). Es decir, aquellos que contienen reacomodos de información tomada de los archivos de datos "*D-ciudadAA.dbf*", o al revés, pueden ser las fuentes originales de donde se alimentan archivos "D-" (ver rutina "\$-1-B"). Los archivos "T-" o tablas concentran información de varias ciudades, meses y años para un mismo tipo de dato. En la sección 3.2 se muestran algunos posibles archivos T- (a manera de ejemplo, pero la información que esté en ellos es responsabilidad del usuario), y en la sección 3.3.5 se presenta la estructura de campos dentro de tales archivos.

..\WASAMS\.- Area reservada para programas (.prg) y bases de datos (.dbf) para intercambiar información entre el paquete *SeeA* y el paquete WASAMS (Water and Sanitation Monitoring System), desarrollado y divulgado mundialmente por OMS y UNICEF para apoyar el conocimiento sobre el tema. Este módulo de liga sólo sirve para compartir información entre ambos paquetes (o aprovechar datos de uno para completar los del otro), y es necesario tener montados ambos paquetes en la misma computadora. Todos los archivos propios del WASAMS estarán en su subdirectorío propio, independiente del *c:\IMTA\SeeA\WASAMS\*, mientras que en este subdirectorío de liga la única base de datos necesaria se denomina *COMUNES.dbf* (contiene la interrelación o "conversión" de nombres y símbolos de parámetros entre ambos sistemas).

De este subdirectorío se deriva otro, designado *DORMIDOSI*, que contiene de manera compacta el equivalente a todas las definiciones manejados por WASAMS para ser descompactados, colocados y activados en el subdirectorío *IMTA\SeeA\ADICIONA\* (adicionales) en lugar de lo que ahí estuviera (al activar la opción \$-8-s-9 se genera antes una copia compacta de seguridad de lo hay en *ADICIONA\* y se guarda en *ADICIONA\SEGUID\*). Esto cuando se decide manejar todos los parámetros del WASAMS con el paquete *SeeA* (que presenta varias ventajas).

### 3.1.2 Otros posibles subdirectorios

Como se vio antes (lámina 3.1), hay subdirectorios menos importantes que otros; así que cuando son de poca utilidad para la empresa, para ahorrar espacio en el disco duro, pueden omitirse.

Por el contrario, para controlar mejor la información particular de la empresa será conveniente agregar otros nuevos subdirectorios. Aun cuando los archivos ahí alojados no formaran propiamente parte del *SeeA* (aunque sería deseable adicionar rutinas para consultarlos, etc.; ver secciones 2.7 y 5.2), es conveniente tener "concentrado" (no disperso por todo el disco duro, o en diferentes computadoras) todo lo relacionado a antecedentes, acuerdos, costos, métodos, equipos y conclusiones relacionadas al *sistema de información gerencial de la empresa*.

Aunque el número, nombre, arreglo y aplicación de otros subdirectorios es decisión de cada empresa, a manera de guía, se proponen los siguientes:

- Para almacenar informes mensuales o anuales completos pasados (al menos de los últimos seis meses y el anual del año anterior). Aunque ya se hayan impreso, puede haber figuras o textos que resulten importantes para reimpressiones, o referencias, o para integrar un informe especial (anual o semestral). Recordar que la mayoría de las gráficas y resultados del *SeeA* son archivos temporales, que se pierden al usarse otra vez alguna rutina. Así que conviene renombrarlos y/o reubicarlos en este subdirectorio. Estos archivos antecedentes, servirán, entre otras cosas, para facilitar integrar un nuevo informe cuando se necesite, aprovechando textos, y modelos de contenido o de figuras previas.
- Para guardar inventarios de equipos de medición, fuentes de información, métodos de muestreo, fechas de determinación, nombres de responsables, resultados o informes preliminares, que sirven de apoyo para generar los datos básicos y adicionales introducidos al *SeeA*. Aunque existe el campo "ACLARACION" en la estructura de un archivo "D-", ahí puede hacerse referencia a otro informe o texto alojado en este subdirectorio. Conviene incluso almacenar los textos de oficios de solicitud al área o responsable de suministrar algún dato, y en su caso, las instrucciones para cómo reportarlo. También para reseñar discrepancias encontradas entre fuentes de información y la manera en que se conciliaron. Puede también generarse una base de datos al estilo "ficha bibliográfica" (ver por ejemplo rutina "\$-9-I-N"), donde se conozca el sitio donde hallar físicamente un expediente con algún estudio. Todo esto servirá, entre otras cosas, para cuando haya algún cambio del encargado del sistema de información de la empresa, sea más fácil su capacitación y comprensión de los métodos que venían empleándose.
- Costos, beneficios y evolución del sistema de información en la empresa. Llevar un historial o bitácora de los esfuerzos, negociaciones, compra de equipos de cómputo o de otro tipo, cursos de entrenamiento, cambios en personal, etc., se pueden considerar ligados al sistema de información de la empresa. Especialmente lo que se refiere al costo y al posible beneficio (rapidez en reportes, confiabilidad, mayor sustento a decisiones, etc.) que las mejoras en el sistema de información hayan reportado. Aquí pueden también incluirse los intercambios técnicos con el IMTA en relación al *SeeA*. La idea es poder demostrar (o negar), cuando sea menester, los beneficios de las inversiones en este campo.

### 3.2 Archivos esenciales que integran al *SeeA* 2.7

El sistema informático está estructurado por archivos de diferentes tipos y con diferentes funciones. Los más importantes son los programas (con terminación .PRG) que concentran los comandos y secuencias para efectuar determinada tarea. Sin embargo, muchas instrucciones, definición de símbolos y fórmulas se conserva como bases de datos (archivos .DBF), lo que facilita su modificación, ampliación y prueba. Existen otros archivos, cuyo nombre también termina con .DBF (data base file), que efectivamente corresponden a información -datos- característica de la empresa de agua, ejemplos, o datos estadísticos importantes. Como complemento a algunos archivos .DBF que contienen campos tipo "memo" (memorándum = texto), hay archivos .DBT.

Normalmente la extensión (terminación) de los nombres de los archivos da idea de sus características y aplicación. Así existen también las terminaciones: ".DBO" para programas (.prg) ya compilados; ".TXT" para textos en ASCCI; ".EXE" para los que se pueden ejecutar desde el sistema operativo MSDOS; ".MA3" para "macros" diseñados específicamente para Harvard Graphics\_3 (HG3); ".CH3" para figuras interpretables por HG3.

También las letras con que inicia el nombre de un archivo indican su contenido y uso. Por ejemplo "D-" datos capturados, "T-" tablas para un solo parámetro, "I-" índices calculados, "EH-" tablas de evolución histórica (anual) de datos, "ETD-" evolución de tasas de crecimiento de datos, "R-" reglas para priorizar acciones, "RA\_" valores de referencia para parámetros adicionales, "RB\_" valores de referencia para parámetros básicos, "PROV" archivos



de respaldo provisional (temporal), "GR-" gráficas producidas por macros en Harvard Graphics, "P-" predicciones (proyecciones) de valores al futuro, etcétera.

En lo que resta de esta sección se presentan cuadros, organizados por subdirectorios del *IMTA\SeeA\*, con la relación de los archivos necesarios para que opere este paquete.

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

<b>INDISPENSABLES (operativos)</b>		<u>Archivos compilados integrados</u> <u>INDISPENSABLES "</u>
<i>CORRELO BAT</i>	43	AYUDAMAX DBO
<i>DIAGR BAT</i>	20	MENUADIC DBO
<i>IMTADUR4 BAT</i>		MENUALBA DBO
3,595		<u>MENUCOMP DBO</u>
<i>IMTADURA BAT</i>		MENUCON DBO
2,389		MENUDAT DBO
<i>IMTADURO BAT</i>		MENUDIAG DBO
2,389		MENUDIVE DBO
<i>IMTAFLE4 BAT</i>	6,349	MENUEXPE DBO
<i>IMTAFLEA BAT</i>	5,443	MENUGRAF DBO
		MENUIND DBO
<i>IMTAFLEX BAT</i>	5,443	MENUVAL DBO
<i>IMTAQ-SE BAT</i>	1,323	
<i>MOBR BAT</i>	30	
<i>SHOW-PAS BAT</i>	179	
CAMBIA EXE	44,362	
CATAL-GR EXE		
33,712		
DAT-MINI KEY	1,373	
CAMPANAS TXT	60	

En lugar de estos puede existir solamente "Menucomp.exe" o "Menucomp.app", o los mismos, pero con extensión ".FXP", para Fox P... (sección 2.3.1).

Subdirectorio C:\IMTA\SeeA\ADICIONA ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos DBF (BASES de DATOS) INDISPENSABLES	Archivos *.dbt necesarios (campos "MEMO")	Ejemplos para ciudades
ACOMODAD DBF 3,204	AÑO-LOGI DBT 24	D-CCCC93 DBF 11,914
AÑO-LOGI DBF 502	D&ADICIO DBT 110,592	I-CCCC93 DBF 11,296
D&ADICIO DBF 4,668	D&SEGME DBT 4,096	I-CCCC93 DBT 126,976
D&SEGME DBF 11,914	DAT-LOGI DBT 32,768	
DAT-LOGI DBF 1,774	DAT-MINI DBT 110,592	
DAT-MINI DBF 4,668	I&ADICIO DBT 102,400	
EH&SEGUR DBF 8,880	I&SEGME DBT 90,112	
I&ADICIO DBF 11,296	IND-LOGI DBT 12,288	
I&ERROR DBF 7,052	MES-LOGI DBT 24	
I&PROM DBF 2,806		
I&SEGME DBF 11,296	RESEÑA DBT 4,096	
IND-LOGI DBF 7,972		
MES-LOGI DBF 1,562		
PIZARRA DBF 66		
RESEÑA DBF 326		

Subdirectorio C:\IMTA\SeeA\ALFABETI ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos DBF (BASES de DATOS) INDISPENSABLES	Archivos *.dbt necesarios (campos "MEMO")	
TEMAS DBF 20,738	TEMAS DBT 49,152	
GLOSARIO DBF 28,249		
GRUPOS-G DBF 488		

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\AYUDAS** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos INDISPENSABLES	Archivos de TEXTO .TXT disponibles	(. continuación archivos .TXT)
DAT-EQUI DBF 14,537	AY-ARCH TXT 332	AYU-CORX TXT 3,951
DAT-EQ_A DBF 9,296	AY-ARCH1 TXT 949	AYU-EH-C TXT 3,400
LIS-MACR DBF 2,392	AY-ARCH2 TXT 136	AYU-EX-C TXT 12,460
RUTINA1 DBF 24,176	AY-ARCH3 TXT 136	AYU-EX-G TXT 12,931
RUTINA2 DBF 8,926	AY-ARCH4 TXT 136	AYU-GEOI TXT 9,580
RUTINA3 DBF 47,356	AY-ARCH5 TXT 136	AYU-GRAD TXT 10,313
RUTINA4 DBF 11,976	AY-ARCH6 TXT 274	AYU-GRAE TXT 12,605
RUTINA5 DBF 13,196	AY-ARCH7 TXT 9,004	AYU-GRAI TXT 8,790
RUTINA6 DBF 13,196	AY-ARCH8 TXT 274	AYU-MEN1 TXT 4,272
RUTINA7 DBF 8,926	AY-EQUIP TXT 1,798	AYU-MEN2 TXT 8,710
RUTINA8 DBF	AY-PROY TXT 6,776	AYU-MEN3 TXT 14,022
RUTINA9 DBF	AY-S-DO TXT 1,148	AYU-MEN4 TXT 3,349
RUTINAA DBF 11,976	AY-S-D1 TXT 937	AYU-MEN5 TXT 5,194
RUTINAY DBF 23,566	AY-S-ED TXT 1,873	AYU-MEN6 TXT 11,248
DIAGR DRP 1,014	AY-S-I0 TXT 1,097	AYU-MENY TXT 11,381
	AY-S-RE TXT 2,590	AYU-POND TXT 653
	AY-S-T1 TXT 1,274	AYU-PR-I TXT 4,103
	AY-S-TA TXT 1,510	AYU-REGL TXT 1,826
	AY-SELDA TXT 1,254	AYU-RESU TXT 6,556
	AYU-ACR TXT 6,788	AYU-SECU TXT 7,482
	AYU-CA-I TXT 4,957	AYU-SIST TXT 2,604
	AYU-CALC TXT 4,123	AYU-TA-C TXT 5,112
	AYU-CALG TXT 5,894	AYU-TA-G TXT 5,284
	AYU-CO-G TXT 3,248	AYU-VA-H TXT 18,327
	AYU-CO-R TXT 4,575	AYU-VA-I TXT 16,609
	AYU-CONF TXT 5,486	AYU-VA-L TXT 9,362
		AYU-VA-N TXT 14,486

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\AYUDAS\DIAGRAMA** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos convenientes, para apoyos	Archivos convenientes	
SHOW-PAS DRP 1,014	PAN-EXP1 WPG 32,382	
WPSMALL DRS 72,617	PAS00 WPG 5,923	
	PAS01 WPG 2,394	
CAMBIA EXE 44,362	PAS010 WPG 5,633	
CAMBIAX EXE 49,460	PAS02 WPG 1,314	
SECUEN-R EXE 71,236	PAS03 WPG 22,812	
SECUEN1 EXE 59,281	PAS04 WPG 553	
SHOW-PAS EXE 93,184	PAS05 WPG 1,491	
	PAS06 WPG 2,521	
CAMBIA PCX 24,720	PAS07 WPG 1,102	
CAMBIAX PCX 30,546	PAS08 WPG 5,610	
SECUEN1 PCX 53,769	PAS09 WPG 753	
	SECUEN1 WPG 8,731	
DR{DR} SET 3,737		
EGADRP VRS 4,507		
STANDARD VRS 30,355		

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\AYUDAS\MANUAL** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivo INDISPENSABLE	Archivo conveniente de tener	
MANUSUAR TXT 126,948	MANUSUAR WPF 281,079	

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\BASICOS** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos DBF (BASES de DATOS) INDISPENSABLES	Archivos * dbt necesarios (campos "MEMO")	Ejemplos para ciudades
CLAV-CIU DBF 246	AÑO-LOGI DBT 73,728	D-CCCC93 DBF 18,696
ACOMODAD DBF 2,937	D&BASICO DBT 200,704	I-CCCC93 DBF 14,087
ADUANA DBF 207	D&SEGME DBT 24	
AÑO-LOGI DBF 7,498	DAT-LOGI DBT 389,120	D-CCCC93 DBT 24,576
CLAV-CIU DBF 420	DAT-MIO8 DBT 61,440	I-CCCC93 DBT 344,064
D&BASICO DBF 6,809	DAT-MI15 DBT 86,016	
D&SEGME DBF 18,696	DAT-MINI DBT 52,736	
DAT-LOGI DBF 18,522	I&BASICO DBT 167,936	
DAT-MIO8 DBF 2,381	I&SEGME DBT 172,032	
DAT-MI15 DBF 3,365	IND-LOGI DBT 18,432	
DAT-MINI DBF 6,809	MENUELEM DBT 24	
EH&SEGUR DBF 14,103	MES-LOGI DBT 57,344	
I&BASICO DBF 3,233	RESEÑA DBT 24,576	
I&ERROR DBF 8,413		
I&LIST DBF 395		
I&PROM DBF 4,054		
I&SEGME DBF 14,087		
IND-LOGI DBF 12,653		
MES-LOGI DBF 18,734		
PIZARRA DBF 446		
RESEÑA DBF 326		

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\EVOLUCIO** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos DBF y DBT INDISPENSABLES	Programas especiales llamados por reglas expertas (p.e. his-logi dbf)	Ejemplos para ciudades
ETD&SEGU DBF 13,753	AGUAYPOB DBO 2,020	EH-CCCCM DBF 15,761
ETD&SE_A DBF 8,880	ENERGYAG DBO 2,320	ETD-CCCC DBF 16,159
HIS-LOGI DBF 10,042	ESTR_FUG DBO 3,184	P-cccc95 DBF 8,795
HIS-LO_A DBF 1,774	RECYFACT DBO 2,188	P-cccc15 DBF 8,795
TEN&STRU DBF 194	ESTR_TAR DBO 3,291	M-cccc95 DBF 8,795
		S-cccc15 DBF 8,795
HIS-LOGI DBT 81,920		
HIS-LO_A DBT 20,480		

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\EXPERT** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos DBF (BASES de DATOS) CONVENIENTES (ejemplos)	Ejemplo de archivo de resultados (disparos) para una ciudad	
CLAV-ACC DBF 1,673	DIS-CCCC DBF 2,247	
DISPAROS DBF 258		
EXPLIC DBF 2,589		
I&ESTRUC DBF 322		
I&RAN_AD DBF 9,896		
I&RANGOS DBF 12,379		
I&GUI_AD DBF 9,896		
I&GUIA DBF 12,379		
REG-PRUE DBF 4,970		
REG-STRU DBF 578		
REGLAS1 DBF 36,080		
REGLAS_A DBF 2,774		
USUARIOS DBF 362		

Subdirectorío C:\IMTA\SeeA\GEOGRAF ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Ejemplo de (par) de archivos para una región (necesarios)	Base de datos muestra (estructura) para almacenar coordenadas de sitios	
COOR-MEX DBF 628 MEXICO PRG 1,910	COOR-CIU DBF 517	

Subdirectorío C:\IMTA\SeeA\GRAFICAS ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

Archivos operativos (facilitar entrada a HG3 y DBASE_IV)	Modelos de gráficas prefabricados (en Harvard Graphics 3) *	Archivos ejecutables, para mostrar catálogo, dentro de DBASE o MS_DOS
AYUDA BAT 114 GR BAT 210 GRAF BAT 671 GRAF1 BAT 620 CATAL-GR EXE 33,712	GRAEV-VO CH3 9,592 GRAF-\$\$\$ CH3 13,127 GRAF-INS CH3 7,222 GRAF-POB CH3 11,809 GRAF-VIV CH3 11,784 GRAF-VOL CH3 9,876 H-CA-SE1 CH3 6,836 H-CA-SE2 CH3 6,198 H-CA-SE3 CH3 6,852 H-CA-SER CH3 1,845 H-CONTRO CH3 8,936 H-ECONOM CH3 9,384 H-FINANC CH3 7,067 H-INSTIT CH3 14,084 H-VARS-% CH3 15,055 MODELO1 CH3 8,762 MU-11-14 CH3 1,391 MU-20 CH3 1,010 MUESTRA CH3 8,746 MULTIP-4 CH3 1,337	EV-MENOD EXE 36,189 GRAEV-VO EXE 47,151 GRAF-\$\$\$ EXE 66,249 GRAF-INS EXE 47,492 GRAF-POB EXE 48,764 GRAF-VI2 EXE 44,983 GRAF-VIV EXE 59,822 GRAF-VOL EXE 52,434 H-CA-SE1 EXE 46,465 H-CA-SE2 EXE 35,841 H-CA-SE3 EXE 57,430 H-CA-SER EXE 59,786 H-CONTRO EXE 66,608 H-ECONOM EXE 42,788 H-FINANC EXE 90,314 H-INSTIT EXE 43,559 H-VARS-% EXE 59,553 MUESTRA EXE 89,497
"MACROS" prediseñados (para HG3)	<u>BASES DE DATOS ESENCIALES</u>	<u>TEXTOS COMPLETO A PROGRAMAS</u>
A-MAXI MA3 43,512 AA-JUNTD MA3 10,955 AA-JUNTI MA3 20,493 AA-SHOW MA3 6,403 AA-SHOWI MA3 5,662 CONF-IMT MA3 432 CONF-PRY MA3 524 M-D-CASA MA3 2,999 M-D-EMPL MA3 2,247 M-D-INGR MA3 1,681 M-D-POBL MA3 2,239 M-D-VOLU MA3 1,788 M-I-CAL1 MA3 2,174 M-I-CAL2 MA3 2,168 M-I-CAL3 MA3 2,180 M-I-CALS MA3 838 M-I-ECON MA3 3,544 M-I-FINA MA3 2,155 M-I-MEDI MA3 2,582 M-I-PERS MA3 1,842 M-I-VARS MA3 3,010 MACDATOS MA3 3,461 MACONFIG MA3 4,021	CAT-GRAF DBF 2,522 CAT-GR A DBF 280 DAT-D15 DBF 4,608 DAT-DIR DBF 9,724 DAT-DI_A DBF 6,742 GRAF-DAT DBF 4,740 GRAF-IND DBF 4,406 IND-D15 DBF 3,524 IND-DIR DBF 7,473 IND-DI_A DBF 6,420	AYUDA TXT 1,308 EXPL-DAT TXT 861 EXPL-IND TXT 739 EXPLD1X1 TXT 2,077 EXPLI1X1 TXT 2,263 GRAF TXT 2,263 MENSAJE2 TXT 1,350 MENSAJE4 TXT 1,809
macros para integrar PRESENTACIONES (shows) en HG3	<u>INDEXACIONES a BASES de DATOS</u>	Directorio C:\IMTA\SeeA\GRAFICAS\IMONOS Complementos a algunas figuras (no indispensables), por ejemplo:
SHOW-08 SH3 3,687 SHOW-MUE SH3 2,718 SHOW-XXX SH3 3,673	MOD-D15 NDX 1,114 MOD-DAT NDX 2,110 MOD-DA_A NDX 1,114 MOD-I15 NDX 1,114 MOD-IND NDX 2,144 MOD-IN_A NDX 1,114	PIRATA PCX 26,362 SEEALOGO PCX 11,898

\* NOTA: con la opción S-6-J-A se pueden consultar explicaciones sobre archivos temporales resultantes (del tipo: GR-xx-\_.ch3), al correr alguna "macro", así como las figuras (archivos CH3) usados como complementos en este caso. Lo que hace esa rutina es consultar el archivo "AYUDASILIS-MACR.DBF", que debe servir tanto para "basicos" como para "alternativos".

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\PARAMETR** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

<p><b>Archivos DBF (BASES de DATOS) INDISPENSABLES</b></p> <p>GUIA DBF 5,793          GUIA_AD DBF 5,268          RAZA_AD DBF 7,076          RAZA_BAS DBF 10,615</p> <p><b>INDEXACIONES a BASES de DATOS</b></p> <p>GUIA1 NDX 2,560          GUIA1_AD NDX 2,048</p>	<p><u>Archivos *.dbf necesarios (campos "MEMO")</u></p> <p>RAZA_AD DBT 4,096          RAZA_BAS DBT 20,480</p>	<p>Archivos de texto, con explicaciones sobre estadística en archivos "guía" (campo "texto" en GUIA.dbf o GUIA_AD.dbf)</p> <p>A-DOTACI TXT 365          A-EMPLEA TXT 386          A-ENERGI TXT 592          A-PESO-T TXT 682          OYM_M3 TXT 91          RECAU_PR TXT 173</p> <p>Ejemplos de archivos de metas y estadística de referencia para una ciudad específica</p> <p>RA_cccc DBF 5,738          RB_cccc DBF 12,159</p>
--	---	--

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\PRIORIDA** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

<p><b>Archivos INDISPENSABLES (bases de datos)</b></p> <p>C&amp;MUESTR DBF 818          R&amp;STANDA DBF 17,058          R&amp;STA_AD DBF 13,222</p>	<p>Archivos con Reglas Expertas, para priorizar ACCIONES particulares</p> <p>R-AHO-AG DBF 17,954          R-AHO-EN DBF 17,954          R-DES-IN DBF 17,954          R-FUGAS DBF 17,954          R-MED-DO DBF 17,954          R-MED-SU DBF 17,954          R-POLIT DBF 17,954          R-REHABI DBF 17,954</p>	<p>Ejemplo de archivos de resultados de CALIFICACIÓN GENERAL y parciales por prioridad de acción, para una ciudad específica.          (generado por rutina \$-7-A, o sea CALI-          GRA.prg)</p> <p>C-CCCC93 DBF 818</p>
--	---	---

Subdirectorio **C:\IMTA\SeeA\TABLAS** ARCHIVOS y extensión aprox. (Bytes)

<p><b>Archivos INDISPENSABLES</b></p> <p>LIST-TAB DBF 4,701          T&amp;SEGME DBF 511          T&amp;SEGME DBT 24</p>	<p>Archivos de datos según parámetro (datos de varios lugares y tiempos para un parámetro).</p> <p>T-ANTG DBF 3,635          T-AÑO DBF 3,761          T-CALVI DBF 510          ....          T-etceteraDBF para cualquier parámetro básico o adicional</p>	<p>Archivos DBT (para campo memo -&gt; "DESCRIPCIO")</p> <p>T-ANTG DBT 24          .....          T-etceteraDBT .. correspondientes a todos los T-____.DBF</p>
--	--	--

### 3.3 Descripción de principales bases de datos

Para entender mejor las características del *SeeaA* y las *bases de datos* (archivos ".DBF") que se van ocupando o generando, a continuación se describen las aplicaciones y la *estructura de campos* de algunos tipos de archivos importantes, tales como:

- Definición de parámetros básicos o adicionales (*D&basico.dbf* o *D&adic.dbf*)
- DATOS para una ciudad y año (*D-ciudAA.dbf*)
- Definiciones y fórmulas para índices básicos o adicionales (*I&basico.dbf* o *I&adic.dbf*)
- ÍNDICES calculados para una ciudad y año (*I-ciudAA.dbf*)
- Archivos tipo tabla (*T-yyyyyy.dbf*)
- Evolución histórica de datos (*EH-ciudZ.dbf*)
- Evolución de tasas de crecimiento anual de datos (*ETD-ciud.dbf*)
- Archivos de parámetros de referencia (*GUIA.dbf* o *GUI\_AD.dbf*)
- Archivos de reglas para calificar índices (*I&GUIA.dbf* o *I&GUI\_AD.dbf*)
- Archivos de reglas para priorizar acciones correctivas (*R&STanda.dbf* o *R&sta\_ad.dbf* y otros *R-....dbf*)
- Archivos con reglas para validar información
- Archivos para sugerencias de técnicas y equipos para valorar —medir— los datos (*Dat-equi.Dbff* o *Dat-eq\_a.Dbff*)
- Archivos con estadística global y metas particulares de una empresa, región, ciudad o subzona (*Rb\_ciud.dbf*, *Ra\_ciud.dbf*)

Existen varios otros archivos, también importantes, como puede verse en los cuadros de la sección 3.2, que no se explican aquí para no extender mucho el manual. Se recomienda al usuario interesado consultarlos directamente en su computadora.

#### 3.3.1 Archivos para definir parámetros

Los archivos *D&basico.dbf* y *D&adicio.dbf* son la parte medular del *SeeaA*, ya que aquí se define cuántos y cuáles parámetros se manejarán, junto con las definiciones y unidades de medida a que debe apegarse quien suministre los datos. La base de datos *BASICOS\D&basico.dbf* (en subdirectorío BASICOS\), tiene aproximadamente 50 registros<sup>13</sup>, donde cada registro corresponde a un parámetro básico. El archivo *ADICIONA\D&adicio.dbf* propone unos 40 parámetros adicionales<sup>14</sup>.

Son archivos muy importantes porque el contenido de sus campos (nombre, símbolo, unidad<sup>15</sup>, definición, explicación, subsistema y versión<sup>16</sup>), se copia a varios otros archivos que genera el sistema (por ejemplo los descritos en la sección 3.3.2). Una de las partes importantes del sistema de información es mantener la *congruencia* entre sus diferentes archivos, para lo cual *D&básico.dbf* y *D&adicio.dbf* se usan como elementos

---

<sup>13</sup> El número de parámetros e índices *básicos* debe ser fijo. El IMTA aún investiga el "mínimo óptimo". Los incluidos en su versión del *SeeaA*, son los seleccionados hasta ese momento para una empresa promedio.

<sup>14</sup> Contrariamente a los *básicos*, que la empresa *debe* respetar (según convenio con IMTA), en los "*adicionales*" hay *libertad* para que cada empresa establezca los que más le interesen. Sin embargo, será conveniente discutirlo con el IMTA, principalmente, para en lo posible, adaptarse a definiciones que manejan otras empresas nacionales o extranjeras y así tener elementos de comparación más completos, formales y eventualmente útiles a otros.

<sup>15</sup> Las unidades de la mayoría de los parámetros deben referirse a la unidad de tiempo del periodo que se reporta (mes, trimestre, semestre, año), aunque en la *unidad* se indique un periodo distinto. Por ejemplo, la unidad para el volumen de agua bombeado puede estar indicada como "*hm<sup>3</sup>/año*" (millones de metros cúbicos de agua en el año); no obstante, si se reporta un dato mensual, debe reportarse nada más "*hm<sup>3</sup>/mes*", y se debe tener cuidado de qué mes se trata (no es lo mismo febrero de 28 días, que diciembre con 31).

<sup>16</sup> El campo *VERS\_IND* sirve para hacer algún agrupamiento especial de algunos parámetros, útil para algunos reportes, por ejemplo, los que pide la CNA, donde no es necesario reportar todos los parámetros, sino sólo unos cuantos.

primarios en las rutinas de mantenimiento y autochequeo.

O sea que en ellos se establecen cuestiones importantes, prácticamente inamovibles (sólo se pudieran modificar por un operador bien capacitado y en coordinación con el IMTA, ver "menú para altas, bajas y transferencias" §-2-#"). También ver lo que se refiere a *importancia de apearse a definiciones*, en las secciones 2.4.1 y 5.1.1, además de los comentarios para parámetros básicos y adicionales en las secciones 1.4.2 y 1.4.3.

El siguiente cuadro explica la estructura de estas bases de datos. De izquierda a derecha las columnas son: número del campo, nombre del campo, tipo de campo (C carácter alfanumérico, M memorándum, N numérico, L lógico), y tamaño del campo:

Estructura de archivo *D&ADICIO.DBF*

Nº	CAMPO	Tipo	longitud
1	NOMBRE	C	60 (o 30)*
2	SIMBOLO	C	5
3	UNIDAD *	C	15
4	DEFINICION	C	50
5	EXPLICACION &	M +	10 +
6	SUBSISTEMA	C	5
7	VERS_INDIC	N	1

*C:d&adicio.dbf*

\* Cambia el tamaño de ese campo según se trate de "adicionales" o de "básicos". La razón es que normalmente los "básicos" son más conocidos (populares) y aceptados, mientras que los "adicionales" tal vez requieren mas explicación, desde el nombre con que se enuncian.

@ La unidad de cada parámetro debe *respetarse* siempre, pues de lo contrario el cálculo de los índices puede ser erróneo. La única excepción es en cuanto al "tiempo" (periodo) de la información (ver nota de pie). Las unidades, miles de nuevos pesos, hectómetros cúbicos, etc., están pensadas para hacer más práctica la captura y manejo de datos, sin menoscabo de la precisión. Si hay alguna duda o desacuerdo, por favor platicarlo *antes* con el IMTA (ver sección 2.4.1)

& Ahí se almacena la definición completa. Ya que el campo "definición" sólo sería un rápido recordatorio de ella.

+ Un campo MEMO, en realidad es mucho más grande.

### 3.3.2 Datos para una ciudad y año

El archivo se identifica por iniciar con "D-" seguido de cuatro caracteres y dos números. Los cuatro caracteres corresponden a la clave de ciudad y los dos dígitos a la clave del año. La extensión del archivo es ".dbf" o ".dbt", como es usual en "Dbase". Ejemplo: *D-Vera92.dbf* para Veracruz 1992.

Los archivos "D-" se ubican en el subdirectorio *..IBASICOS* o en el *..IADICIONA*. Concentran la información de la empresa, cuyo manejo es la razón de este paquete de cómputo. De estos archivos se derivan los índices, gráficas y demás elementos de juicio sobre el desempeño de la empresa, que generan las utilerías del *SeeeA*. Es decir, varios otros tipos de archivos son reacomodados o cálculos con estos datos (básicos o adicionales). Constituyen el punto de partida de información concreta de la empresa, donde el usuario tiene la responsabilidad de que esté bien capturada.

Un archivo "D-" contendrá exactamente el mismo número de elementos ("parámetros") que su correspondiente archivo *D&basico.dbf* o *D&adicio.dbf* (ver sección 3.3.1) Si para una ciudad "ZZZZ", hay estadística de cinco años, entonces habrá cinco archivos "*D-zzzzAA.dbf*", donde la parte "AA" cambia para diferenciar a que año corresponde cada conjunto de datos.



Estructura, tamaño y tipo de un archivo de datos "D-"

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE	caracter	30 (o 60)*
2	SIMBOLO	caracter	5
3	UNIDAD	caracter	15
4	DATO	caracter	20
5	CONFIAB	caracter	1
6	ACLARACION	memo	10
7	DATO_1	caracter	20
8	CONFIAB_1	caracter	1
9	DATO_2	caracter	20
10	CONFIAB_2	caracter	1
11	DATO_3	caracter	20
12	CONFIAB_3	caracter	1
..	...	...	...
29	DATO_12	caracter	20
30	CONFIAB_12	caracter	1

\* cambia el tamaño de ese campo según se trate de "adicionales" o de "básicos"

Los *datos mensuales* (1 = enero, ..., 12 = diciembre) se guardan en los campos denominados "DATO\_n" y su correspondiente confiabilidad en "CONFIAB\_n". La excepción es el campo "DATO" que corresponde al *dato anual* (que puede ser el del último mes, el promedio de los otros 12 o a la suma de ellos -ver ayuda AYU-RESU.txt para rutina "S-4-G", que puede generar esos valores y su CONFIABILIDAD)

### 3.3.3 Definición y fórmula para índices

Los archivos *I&basico.dbf* e *I&adicio.dbf*, junto con los explicados en la sección 3.3.1 son los más importantes del *SeeA*. En estos se establecen los *indicadores* que se manejan y emplean para evaluar el desempeño (eficiencia) de la empresa de agua. Estos archivos definen el nombre de cada indicador, su fórmula para obtenerlo (normalmente combinando dos o más parámetros) y sugerencias para su uso y comparación (campo "AGUAS"). La fórmula de un índice puede ser tan complicada como se quiera, la única limitante es el tamaño del campo para la "FORMULA". Para generar "*macroíndices*", que no quepan en ese espacio, se puede recurrir a programas auxiliares (ver por ejemplo rutina "S-7-A"). Similarmente a lo dicho en 3.3.1, es importante que el responsable conozca y esté de acuerdo con las fórmulas de cálculo empleadas (ver más sobre esto en 2.4.1 y 5.1.1).

En la versión 2.7 del *SeeA* un archivo "I-" para índices "básicos" contiene alrededor de 35 registros, y un "I-" para índices "adicionales", los que el operador quiera (se recomienda máximo 70 para facilitar consultas en una sola pantalla)<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> En la versión 2.7, a diferencia de la 2.0, hay opción de seleccionar diferentes "páginas" cuando el número de parámetros o índices sobrepasa lo que puede verse en una sola pantalla. Si no se quisieran tener muchos parámetros juntos o revueltos se pueden manejar archivos (bases de datos) separados por subconjuntos independientes para temas especializados (mantenimiento de equipos electromecánicos, recaudación y finanzas, atención al público, calidad del agua, etc.) Cada archivo se pondría en uso sólo cuando se requiera (p.e. con algún filtro o cambio de "path"). Ver otros comentarios en 5.1.2.

Estructura de archivo *I&ADICIO.DBF* y *I&BASICOS.DBF*

Nº	CAMPO	Tipo	longitud
1	NOMBRE	C	40 (o 20) *
2	FORMULA	C	44 (o 22) *
3	DESCRIPCIO + +	C	30
4	AGUAS	M	10

\* Cambia el tamaño de ese campo según se trate de "adicionales" o de "básicos". Normalmente los "adicionales" requerirán algo más de detalle en su nombre y fórmula, mientras que los "básicos" son más usuales

+ + El campo "DESCRIPCIO" equivale a la unidad de medida del índice. Varios de los índices son adimensionales para facilitar su comparación contra normas y estadísticas (nacionales, internacionales), sin embargo en este campo se indica el tipo de relación que implica, por ejemplo: "volumen/volumen", "empleados/empleados", "N\$/N\$". Hay otros indicadores que sí tienen unidades, como: "lt/hab día" o "empleados/km<sup>2</sup>", "miles N\$/habitante", etcétera.

### 3.3.4 Índices calculados para una ciudad y año

Al correr la opción de generar índices, a partir de un archivo "*D-ciudadA.dbf*" se genera un archivo "*I-ciudadA.dbf*" (a su vez copiando la estructura del archivo *I&segmes.dbf*). Cada registro en estos archivos tiene los siguientes campos:

Estructura de un archivo *I-ciudadA.dbf*

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE	caracter	20 (o 40) *
2	FORMULA	caracter	22 (o 44) *
3	DESCRIPCIO	caracter	30
4	AGUAS **	memo **	10 **
5	RESULTADO	caracter	10
6	ERROR_X100	caracter	10
7	DATOS_USAD	memo **	10 **
8	INDIC_1	caracter	10
9	ERR_1	caracter	10
10	INDIC_2	caracter	10
11	ERR_2	caracter	10
12	INDIC_3	caracter	10
13	ERR_3	caracter	10
..	..	...	...
30	INDIC_12	caracter	10
31	ERR_12	caracter	10

\* cambia el tamaño de ese campo según se trate de "adicionales" o de "básicos"

\*\* campos MEMO, en realidad son mucho más grandes

Los cuatro primeros campos: "NOMBRE", "FORMULA", "DESCRIPCIO" Y "AGUAS" son una copia fiel de la información general que esté en los archivos *I&basico.dbf* o *I&adicio.dbf*. Los restantes campos contienen información específica de la empresa (región, ciudad o sector "*ciud*" para el año "*AA*").

Los 12 posibles valores mensuales para cada índice en el año, se guardan en los campos "*INDIC\_n*" (*n* para representar el número del mes: 1 enero, ..., 12 diciembre) y el valor anual (representativo o promedio) durante todo el año en el campo "*RESULTADO*". A cada valor mensual o al anual se le asocia un "probable error", "*INDIC\_n*" o "*ERROR\_X100*", según la "confiabilidad" de los datos que intervienen en su cálculo. Estos campos se completan (calculan) con la rutina "\$-4-A" o la "\$-4-B". Los textos de ayuda de estas opciones ("*AYU-CALC.txt*" y "*AYU CA I.txt*") contienen más explicaciones. Ver también las secciones 2.4.4 y 4.4.

### 3.3.5 Archivos tipo tabla

Las bases de datos del tipo *T-yyyyyy.dbf*, se alojan en el subdirectorio TABLAS\ . Ellas pueden concentrar, para

un solo tipo de dato "yyyyyy" (clave que corresponde al símbolo del parámetro), la información de varias ciudades, meses y años.

Estructura de archivos tipo T-\_\_\_\_.DBF

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOM_DATO	caracter	20
2	DESCRIPCIO ç	memo	10
3	CIUDAD	caracter	20
4	CLAVE ¥	caracter	4
5	MES	caracter	10
6	AÑO88	caracter	10
7	AÑO89	caracter	10
..	..	..	...
11	AÑO93	caracter	10

ç Este campo MEMO, aunque de igual nombre a otros, no tiene relación con otras bases de datos. Es para que el operador, haga anotaciones (libremente) que considere pertinentes, sobre fuentes de información, etcétera.

¥ Clave de la ciudad, debe ser compatible con lo declarado en el archivo CLAV-CIU.dbf

Podrá observarse que esa estructura actualmente sólo permite guardar datos entre los años 1988 y 1993, sin embargo, es relativamente sencillo ajustar esa estructura y los programas que manejan estos archivos (en combinación con el IMTA de preferencia), para permitir otros años.

### 3.3.6 Evolución histórica de datos

Los archivos *EH-ciudZ.dbf* ("Z" alguna letra de la A a la M, para representar el mes a que se refieren los datos anuales), se almacenan en el subdirectorío EVOLUCIO\). Son generados por la rutina "\$-1-E", a partir de los datos almacenados en varios archivos *D-ciudaa.dbf* para diferentes años "aa". Tienen la siguiente estructura:

Estructura de archivos tipo *EH-ciudZ.DBF*

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE	caracter	30 (o 60)*
2	SIMBOLO	caracter	5
3	UNIDAD	caracter	15
4	DAT085	caracter	20
5	DAT086	caracter	20
..	..	..	..
12	DAT093	caracter	20
13	TASA	caracter	20

Los campos *DAT085, ... DAT093* corresponden a los valores de los parámetros para cada uno de esos años. Si el archivo *EH-* se generó con la rutina "\$-1-E" (otra forma sería capturando datos directamente con el DBASE), entonces los valores serán idénticos a los de los correspondientes archivos *D-* para cada año, en el mes de cierre "Z" considerado; por ello, si los archivos *D-* tienen información expresada como fórmulas numéricas (por ejemplo  $(45 + 34) * 1.5^{0.2}$ ), el archivo *EH-* las mantendrá en esa forma.

En el campo "TASA" se almacena la tasa de crecimiento anual promedio entre un grupo de años, según la calcula y completa la rutina "\$-4-E-P". La estructura definida para la presente versión del sistema sólo permite guardar datos (del "mes de cierre" anual) entre los años 1985 y 1993; sin embargo, es relativamente sencillo ajustar la estructura y los programas (en combinación con el IMTA de preferencia), para que versiones futuras permitan más años.

### 3.3.7 Tasas de crecimiento anual de datos (ETD-...) :

Los archivos del tipo *ETD-*, que son específicos para una ciudad en particular, son generados por la rutina "*\$-4-E-I*". Se alojan en el subdirectorío EVULUCIO\ y concentran las tasas de crecimiento anual, de un año a otro entre 1985 y 1993, según la información que exista en un archivo *EH-* para esa misma ciudad (recordar que pudiera haber hasta 13 archivos *EH-* para la misma ciudad, según el mes de cierre usado). Los archivos *ETD-* pueden considerarse *temporales*, ya que su información corresponderá a la última corrida hecha. Incluso, el mismo subdirectorío y nombre de archivo, sirve tanto para "básicos" como para "adicionales", por lo que hay que tener cuidado cuál fue la última corrida hecha; o para no preocuparse, hacerla cada que haya que consultar o imprimir esas tasas. Las tasas pueden graficarse con la rutina "*\$-4-E-G*", ver más explicaciones ahí.

Estructura de un archivo *ETD-ciud.DBF*

N°	CAMPO	Tipo	longitud
1	NOMBRE	C	60 (o 10)
2	SIMBOLO	C	5
3	UNIDAD	C	15
4	TA_85_86	C	20
5	TA_86_87	C	20
6	TA_87_88	C	20
7	TA_88_89	C	20
8	TA_89_90	C	20
9	TA_90_91	C	20
10	TA_91_92	C	20
11	TA_92_93	C	20
12	TA_MAXIMA	C	20
13	TASA_PROM E	C	20

C ETD-cccc.dbf

E Esta tasa promedio, generada por la rutina "*\$-4-E-I*", difiere de la obtenida por la rutina "*\$-4-E-P*" (ver 3.3.6) ya que aquí es el promedio de las tasas de cada periodo con valor, mientras que en la otra es la tasa de crecimiento anualizado entre el primero y el último año

### 3.3.8 Archivo de valores comparativos para índices

Los archivos *GUIA.dbf* o *GUIA\_AD.dbf*, se alojan en el subdirectorío PARAMETR\ . Representan una base de datos con valores de referencia y comparación para índices. Normalmente provienen de estadísticas nacionales e internacionales, que conviene actualizar esporádicamente (de preferencia, responsabilidad del IMTA). En la ayuda *AYU-CO-G.txt* (de la rutina "*\$-3-D-G*") puede verse una mayor explicación del uso de estos archivos. Su estructura es:

Estructura de archivos *GUIA.dbf* y *GUIA\_AD.dbf*

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE #	caracter	20 (o 40)
2	FORMULA #	caracter	22 (o 44)
3	DESCRIPCIO #	caracter	30
4	TEXTO	caracter	12
5	MEDIA_NAL	caracter	10
6	MIN_NAL	caracter	10
7	MAX_NAL	caracter	10
8	RECOM_SUBDES	caracter	10
9	RECOM_DESARR	caracter	10
10	MOD_GRAFC	caracter	12

# Campos cuyo contenido debe ser idéntico al de los archivos *I&basico.dbf* o *I&adicio.dbf*

### 3.3.9 Archivo de reglas expertas para calificar índices

Los archivos *I&GUIA.dbf* o *I&GUI\_AD.dbf* se ubican en el subdirectorio EXPERT\ Sirven para asignar, con la rutina "\$-7-G-S" una calificación a cada índice evaluado en la empresa en un mes particular, siguiendo algunas reglas expertas que *el usuario debe conocer y modificar* (calibrar) si lo considera pertinente (ver sección 5.1.3). Estos archivos contienen las *seis* reglas contra las que se compara cada índice (ver más explicaciones en *AYU-EX-G.txt*, que es la ayuda de la rutina "\$-7-G-S"). Su estructura es:

Estructura de archivos *I&GUIA.DBF* e *I&GUI\_AD.DBF*

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE #	caracter	20 (o 40)
2	FORMULA #	caracter	22 (o 44)
3	DESCRIPCION #	caracter	30
4	META_GUIA	caracter	12
5	EXCELENTE	caracter	40
6	SUENA	caracter	40
7	PASABLE	caracter	40
8	DEFICIENTE	caracter	40
9	MALA	caracter	40
10	PESIMA	caracter	40

# Campos cuyo contenido debe ser idéntico al de los archivos *I&basico.dbf* o *I&adicio.dbf*

### 3.3.10 Archivos de reglas expertas para priorizar acciones

El archivo *R&STANDA.dbf* contiene algunos "*modelos de reglas expertas estándar*". La función de este archivo es facilitar la *pre-edición* de archivos de reglas específicas, como los "*PRIORIDA\R-\_\_\_\_.dbf*", cuando se usa la opción "\$-7-C-B" (ajustes a las reglas).

Los archivos de reglas de priorización, del tipo "R-", se usan en programas de *priorización de acciones correctivas*, como los de la opción "\$-7-C-A". Por ejemplo, el archivo *R-AHO-AG.dbf* tiene reglas ya editadas para ver la necesidad o importancia de campañas *AHO*rros de *AG*ua dirigidas a la población. Tienen la misma estructura que *R&standa.dbf*, sin embargo aquí un dato muy importante es el "*factor de ponderación*" (peso relativo de un índice respecto a los otros índices). Tal factor debe asignarse según la acción correctiva de que se trate. Por un lado, es conveniente que el usuario conozca estas reglas y las *ajuste* (les "meta mano"), sin embargo, por otra parte, conviene conservar el respaldo de un juego de reglas tal como llegaron originalmente, para poder hacer comparaciones desde un *punto de vista imparcial*, aunque quizá menos realista, como sería el del IMTA.

Estructura de archivos tipo *R-accion.DBF*

No. de campo	nombre del campo	tipo	tamaño
1	NOMBRE	caracter	20
2	FORMULA	caracter	22
3	USO	lógico	1
4	FACT_PONDE	numérico	4
5	CALIF1	caracter	40
6	CALIF2	caracter	40
...	...	...	40
14	CALIF10	caracter	40

### 3.3.11 Validación de información

En los subdirectorios BASICOS\, ADICIONA\ y EVOLUCIO\ hay archivos que contienen reglas para revisar la congruencia de la información, según las distintas opciones del menú "\$-5". En los textos de ayudas de cada rutina podrán verse varias explicaciones sobre estos archivos y su uso. Su estructura es:

Estructura de archivos de REGLAS de VALIDACION.

N°	CAMPO	Tipo	longitud
1	SIMBOLO	C	5
2	PRIORIDAD	N	1
3	IF U OTRO	C	5
4	REGLA	C	120
5	THEN	C	5
6	ACCION	C	60
7	EXPLICACION	M	10
8	SUBSISTEMA	C	5

C DAT-LOGI.DBF

\* El campo "IF U OTRO" indica el tipo de acción a realizar. Puede contener las palabras "IF", "DO", "INACT" u otras, que tienen significados específicos para los programas que los llaman. El uso más normal es "IF" que indica que hay que probar si es verdadera o falsa la fórmula lógica (booleana) contenida en el campo "REGLA". La palabra "DO" significa que hay que ejecutar algún programa auxiliar que se indicará también en el campo "regla". "INACT" significa que de momento no hay que tomar en cuenta esta regla (está inactiva).

### 3.3.12 Equipos y procedimientos para valorar parámetros

En el subdirectorio AYUDAS\ se ubican dos archivos de apoyo general: *Dat-equi.Dbf* y *Dat-eq\_a.Dbf* que contienen ideas y sugerencias de los niveles de equipamiento necesarios para obtener (medir) mensualmente cada parámetro. Se establecen tres niveles de desarrollo para cada parámetro, que pueden asociarse a las confiabilidades de la información, y ayudarán a definir etapas y metas para la evolución del sistema de información de la empresa (en su acepción amplia, no sólo "software").

Estructura de archivos DAT\_EQUI.DBF y DAT-EQ\_A.dbf

N°	CAMPO	Tipo	longitud
1	NOMBRE	C	60
2	SIMBOLO	C	5
3	UNIDAD	C	15
4	EQUIPO1	C	20
5	EQUIPO2	C	20
6	EQUIPO3	C	20
7	METODO1	C	50
8	METODO2	C	50
9	METODO3	C	50
10	SUBSISTEMA	C	5
11	EPS INDIC	N	1

C DAT-EQ\_A.DBF

\* Este archivo contenido debe ser idéntico al contenido de los archivos *ibasicos.dbf* o *ievolucio.dbf*

En su actual versión (noviembre, 1994) estos archivos no tienen información depurada ni completa, y más bien puede considerarse aún en desarrollo. Aquí el responsable del sistema podrá establecer y detallar las etapas y procedimientos que a su empresa le convienen para gradualmente mejorar la confiabilidad de sus datos y seguridad al tomar decisiones (ver sección 5.1.6 y 5.1.8 y 5.1.10).

### 3.3.13 Archivos con metas y estadística por ciudad

En el subdirectorio PARAMETR\ se ubican los archivos: *Raza\_BAS.dbf* y *Raza\_AD.dbf*, así como algunos otros del tipo "Ra\_" o "Rb\_". Estos archivos tienen una función similar (comparaciones) a los archivos "Parametr\GUIA...", descritos en la sección 3.3.8; excepto que en lugar de referirse a índices, se refieren a *valores de parámetros*. Por ello su aplicabilidad es menos "universal" que en el caso de los de índices, y más bien son específicos para una zona, ciudad o empresa determinada. Esto da pie a que existan tantos archivos "Rb\_" (para parámetros básicos) o "Ra\_" (para parámetros adicionales), como se quiera. Por ejemplo, "*Rb\_chih.dbf*" contendría los valores de referencia para los parámetros básicos de la ciudad de Chihuahua.

Los archivos *Raza\_BAS.dbf* y *Raza\_AD.dbf* sirven únicamente como modelos para inicializar algún archivo *Rb\_* o *Ra\_*, según el procedimiento de la rutina "\$-1-H" (leer su texto de ayuda: "AYU-ActR.txt"). Algunas otras rutinas que usan estos archivos son, por ejemplo: "\$-3-D-S", "\$-3-E-M" o "\$-6-J-H", por lo que se sugiere ver sus textos de ayuda en línea.

Estructura de archivos RAZA\_BAS.dbf y RAZA\_AD dbf

N°	CAMPO	Tipo	longitud
1	...	C	10 (o 60)
2	...	C	5
3	...	C	15
4	...	M	10
5	...	C	20
6	...	C	20
7	...	C	20
8	...	C	20
9	...	C	20
10	...	C	20
11	...	C	12

.... .dbf

## Menú para edición y manejo de datos

<p style="text-align: center;"><b>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</b> <b>MENÚ de Preparación y Manejo de DATOS del <i>SeeA</i></b></p> <p>A- CREAR o ACTUALIZAR una base de DATOS para una ciudad y año (D-) B- GENERAR o ACTUALIZAR archivo 'D-' usando archivo 'T-' C- Modificar o crear TABLA de un Dato Básico D- Copiar datos de un archivo 'D-' en otro 'D-', o de un MES en otro E- Conjuntar tabla 'Evolución de datos' de una ciudad o zona F- GENERAR y/o completar archivos (tablas) T- con datos D- G- Completar o capturar CONFIABILIDAD de DATOS en arch. D- H- Actualizar METAS y ESTADÍSTICA a largo plazo para una ciudad</p> <p>X- Regresar a menú Principal Y- Regresar a dBASE o FoxPro Z- Salir al DOS &gt; AYUDA</p> <p>Presiona la primera letra de la opción, o pulsa &lt;Enter&gt; en línea marcada</p>
--

Opción A.- Genera o actualiza un archivo *D-ciudadAA.dbf*. Pregunta clave de archivo a crear o actualizar, revisa si existe y, dependiendo de ello, presenta varias opciones de edición. La captura consiste en dos campos para cada dato mensual:

- Valor del dato (puede ser alfanumérico, numérico o fórmula numérica. Ver sección 2.4.2)
- Confiabledad (dar clave A, B, C o D).

Aparte, se presenta el campo tipo "memo" (memorándum o texto): *ACLARACION*, que puede hacerse tan amplio como se desee. Ahí deben anotarse aclaraciones y comentarios sobre: el método, equipo usado, fuente de información, fecha en que se obtuvo el dato, etc. El campo *ACLARACION*, no es individual para cada mes, sino que es el mismo para cualquier mes del parámetro en consideración (ver estructura del archivo en sección 3.3.2). Si hay necesidad de diferenciar o explicar por mes, hacerlo dentro de ese mismo texto.

Para capturar datos se recomienda usar la opción (secuencia de teclas) "*\$-1-A-s*" (*s* = selección de parámetros a editar, en caso de que ya exista el archivo y se quieran actualizar algunos elementos).

Opción B.- Genera o actualiza un archivo *D-ciudadAA.dbf* apoyándose en datos previamente existentes en un archivo tipo *T-yyyyyy.dbf* (concentrado de varias ciudades y años para un mismo tipo de parámetro). En este caso "*yyyyyy*" representa el símbolo de cualquier parámetro, por ejemplo "*T-medv*" para la "tomas domiciliarias con medidor"). Esto sirve para casos en que se prefiera editar, capturando en bloque, un mismo parámetro para varias ciudades, meses y años; y después de ahí, completar el archivo "*D-*" deseado, que es el tipo de archivo empleado por la mayoría de las rutinas del *SeeA*.

Opción C.- Para modificar o crear el archivo "*T-*" de algún parámetro, se pide elegir el parámetro a concentrar, luego revisa si existe algún archivo con la clave correspondiente y en caso afirmativo lo presenta. Tanto al actualizar archivos *T-* existentes, como al crear nuevos, la edición se hace con un "*browse*" (ver opción "*F*", para otra forma de completar archivos *T-*).

Opción D.- Para copiar datos de un archivo "*D-*" en otro "*D-*". Permite ahorrar escritura (captura) cuando parte de la información de un archivo de datos "*D-ciudadAA.dbf*" puede aprovecharse en otro archivo que se quiere generar; también puede, en un mismo archivo, repetir información de un mes anterior, en otro(s) posteriores o anteriores (para luego hacer sólo algunos ajustes, con otra opción de edición, por ejemplo "*\$-1-A-s*"). Preguntas que deben responderse al sistema son las claves de los dos archivos que se van a relacionar y

#### 4 Descripción de rutinas de trabajo (opciones en menús)

La manera de entrar al menú primario (o "principal" o "*completo*") del sistema de información fue expuesta en la sección 2.3. Este menú consiste en una pantalla con varios renglones, donde cada uno representa un camino o tipo de tarea que el usuario puede escoger. La elección se hace en alguna de las siguientes formas:

- moverse con las teclas de flecha hasta la línea deseada y luego oprimir ENTER
- oprimir la primer letra, número o símbolo que aparece en el renglón
- moverse con el ratón (mouse), si su versión de Dbase o Fox-pro así lo permite

El menú primario del *SeeA* presenta las posibilidades: "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9", "Y", "Z", y "?".

Al elegir cualquiera de estas opciones, excepto la "Y" o la "Z", que son para concluir la sesión y salir del sistema, se llegará a algún menú específico para el tema elegido. Cada uno contiene varias opciones para actividades afines. Estos menús se describen en las secciones que componen este capítulo.

Para simplificar la nomenclatura de la secuencia de teclas a oprimir hasta llegar a determinada rutina, se usa el símbolo "\$" (signo de pesos) para representar al menú inicial ("*completo*") del *SeeA*.

Las descripción de cada rutina de este capítulo equivalen a las ayudas que, en línea al usar el sistema, pueden tenerse tecleando "?" en cada menú esencial. O sea, equivalen a los textos de ayuda *Ayudas\ayu-MENn.txt* (donde "n" es alguno de los símbolos mencionados antes) Asimismo, como se ha dicho en otras partes, varias de las rutinas tienen textos de ayuda específicos y detallados. Igualmente, conviene usar la rutina "\$-?-\*-N" para consultar los archivos *Ayuda\ROUTINAn.dbf*, que son bases de datos que sirven de recordatorio rápido sobre las secuencias para llegar a alguna rutina y las características de ésta.

##### 4.1 Preparación de datos necesarios (básicos y adicionales)

El menú \$-1 "entrada y manejo de datos" (básicos o adicionales), permite llamar a rutinas para capturar, actualizar o reacomodar los datos que debe suministrar el responsable del sistema, de preferencia mensualmente, y que conforman un archivo "*D-ciudAA.dbf*".

- "*ciud*" representa a cualquier clave de ciudad, zona urbana o región a que correspondan los datos en consideración. Esta clave debe estar registrada de antemano en el archivo *clav ciu dbf* (sólo en subdirectorio BASICOS), que sirve también para "adicionales").
- "*AA*" corresponde a los últimos dos dígitos del año a que pertenecen los datos. Por ejemplo, se usaría "92" para la información de 1992.



los meses de origen y destino.<sup>18</sup>

Opción E.- Formar tabla de "evolución de datos de una ciudad". Permite generar un archivo tipo *EH-ciudM.dbf*, que concentra en uno solo, varios archivos del tipo *D-ciudAA* (con la información individual de un mes específico, "M" = "mes de cierre anual", de varios años para esa ciudad). En este programa existen las sub\_opciones: D, T, y A (partir de archivos *D-*, o de archivos *T-*; o usar ambos tipos).

Opción F.- Genera o actualiza un archivo "T-" apoyándose en información capturada en archivos tipo "D-". Viene a ser la inversa de la opción B.

Opción G.- Para revisar o capturar individualmente, o de manera agrupada, la clave de confiabilidad de información de los datos de un archivo *D-ciudAA.dbf*. Para comentarios sobre la importancia de esta clave ver la sección 1.4.4. Entonces, al editar y/o posteriormente, es indispensable asociarle a cada dato una clave de confiabilidad (ver claves de confiabilidad y más detalles en el "menú de consultas").

Opción H.- Para actualizar estadística importante y metas a corto y largo plazos en los archivos *RB\_ciud.dbf* o *RA\_ciud.dbf*, que contienen los valores de referencia para los parámetros básicos o adicionales de una ciudad específica (clave "ciud"). Ellos sirven por ejemplo al hacer gráficas, anotándolos como puntos comparativos, o en reglas de calificación de índices. Para mayor claridad se sugiere probar esta opción y consultar la ayuda específica (oprimiendo "?" cuando sea oportuno).

Para inicializar un archivo *RB\_* o *RA\_*, al crearlo como nuevo, se puede usar preliminarmente (para revisión y edición posterior, responsabilidad del usuario), la misma información del archivo *RAZA\_BAS.dbf* (o *RAZA\_AD.dbf*): mínimo o máximo histórico, valor al final del año anterior, mínimo aceptado por mes, metas a corto y largo plazos.

#### 4.2 Parámetros e índices adicionales

El menú \$-2 "datos e índices adicionales" sirve para editar, validar, procesar, graficar, etc.; todo lo relacionado a parámetros e indicadores complementarios (adicionales a los básicos). Al elegirse la opción "\$-2", aparecerá un menú muy similar al menú principal del *SeeA*, excepto que los colores del fondo y las letras habrán cambiado. Otras diferencias son que no hay opción "2"; en lugar de la "9" aparece la opción "#"; y se agrega la opción "X" (para regresar al menú principal, o sea volver a la situación inicial). Su operación es igual a si se estuviese en el menú principal, excepto que ahora estarán los archivos "adicionales" por omisión (default mediante la función "PATH"), en lugar de los archivos "básicos".

---

<sup>18</sup> Esta rutina presenta varias opciones y posibilidades que no se explican aquí. Se sugiere ver los listados de secuencia, incluidos en la sección 6.1; y, aun mejor, probar directamente el sistema y ver sus posibilidades y ayudas en pantalla.

Algunos índices complementarios pueden emplear datos (parámetros) básicos sin necesidad de que en el subdirectorio "ADICIONAL" se repita información que ya esté en "BASICOS"; sin embargo la situación inversa no está permitida; o sea: un índice "básico" no debe emplear parámetros "adicionales".

#### Menú para parámetros e índices ADICIONALES

<p style="text-align: center;"><i>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</i> <i>MENÚ de parámetros ADICIONALES y CÁLCULO de ÍNDICES complementarios</i></p> <p>1- Menú para preparar DATOS ADICIONALES, tablas y 'guía' por ciudad</p> <p>3- Menú de CONSULTAS a claves, fórmulas, datos, etc.</p> <p>4- Menú para CÁLCULO de índices, tasas de crecimiento</p> <p>5- Menú de VALIDACIÓN-REVISIÓN de Datos e Índices adicionales</p> <p>6- Menú de GRÁFICAS para datos e Índices adicionales</p> <p>7- Menú de DIAGNÓSTICO para ADICIONALES</p> <p>8- Menú para PROPUESTAS DE ACCIONES CORRECTIVAS (Sist. Experto)</p> <p>#- Menú ALTAS y BAJAS para datos e índices adicionales</p> <p>X- Regresar a menú Principal</p> <p>Y- Regresar a dBASE o FoxPro</p> <p>Z- Salir al DOS</p> <p>?- AYUDA para menús de parámetros e índices adicionales</p> <p>Presiona la primera letra de la opción, o pulsa &lt;Enter&gt; en línea marcada</p>
---

Opción 1.- Esencialmente sirve para capturar o actualizar los datos —adicionales— del archivo "*D-ciudAA.dbf*" para una ciudad y un año particulares. Este archivo, aunque de idéntico nombre al "básico", se diferencia claramente por ubicarse en el subdirectorio *ADICIONAL* (en lugar de en *BASICOS*), y desde luego por su contenido y tamaño diferentes. El procedimiento para crear, editar y manejar los datos adicionales es el mismo descrito en el inciso 4.1.

Opción 3.- Para consultar los datos e índices adicionales: tablas de datos, definiciones de índices, valores guía, fórmulas, claves, reglas y otras características adicionales. Se siguen los mismos procedimientos descritos en el sección 4.3.

Opción 4.- Para calcular índices complementarios, que pueden corresponder a los datos adicionales, almacenados en un archivo *D-ciudaa.dbf* (siguiendo el mismo procedimiento que en "4-4", descrito en el inciso 4.4), o bien al total de los datos. En este caso se juntan los archivos de datos (básicos y adicionales) en uno denominado "*D-ciud-J.dbf*", con el cual se sigue el mismo procedimiento. Al generar índices, el programa coteja si será necesario unir archivos básicos y adicionales, y avisa al operador.

Opción 5.- Para revisar y asegurar que los datos adicionales no contengan errores de tecleo o incongruencias. En forma similar a la descrita en el inciso 4.5, se valida la lógica de los datos al cruzar unos contra otros en el mismo mes, o contra periodos previos. Las rutinas de revisión pueden ajustarse según grados de prioridad de los datos y de severidad en la evaluación.

Opción 6.- Para consultar modelos de gráficas, generar gráficas completas o modestas, y comparar resultados contra metas o valores de referencia. Se opera tal como se describe en el inciso 4.6. Para este grupo de rutinas será necesario que el usuario diseñe sus propios modelos de gráficas y almacene los datos de referencia, ya que el principio de los datos e índices *adicionales* es que sirvan a intereses particulares de cada empresa, donde el operador tiene la libertad de agrandar el sistema de información, ver secciones 2.7 y 5.1.

Opción 7.- Menú para diagnóstico de la empresa basado en índices adicionales. Hay opciones para calificar a la

empresa, priorizar acciones correctivas, o calcular y comparar calificaciones de indicadores adicionales, conforme a reglas y valores guía preestablecidos. El procedimiento y rutinas son las mismas que se explican en el inciso 4.7.

Opción 8.- Entra al grupo de opciones para módulos especializados y evaluación de posibles acciones correctivas. Tal como se describe en 4.8, de aquí se derivan varias opciones. En la versión 2.7 del *SeeA* la única opción que difiere en su operación si se entra al menú 8 desde "básicos" o desde "adicionales" es la "R" ( $\$-8-R$  contra  $\$-2-8-R$ ), o sea la que auxilia al generar, probar y usar diferentes grupos de reglas expertas, específicas para distintas situaciones. Aquí también, tratándose de "adicionales", es muy importante la participación del operador en el desarrollo y calibración de las reglas (ver secciones 2.7 y 5.1). En los módulos especializados (Financiero, WASAMS, Predicción de demandas) no repercute cual *path* esté activo (básicos o adicionales) ya que operan en subdirectorios propios, y en general se refieren a los parámetros "básicos".

Opción #.- Corresponde al menú de mantenimiento especializado para cuestiones de archivos "adicionales". Presenta varias opciones, entre ellas: dar de alta, dar de baja, y hacer transferencias entre básicos y adicionales. Asimismo, permite revisar la congruencia de los archivos de datos e índices. La sección 4.10 tiene la explicación de este menú.

#### 4.3 Consultas a claves, fórmulas, datos, índices, reglas, etcétera

El menú  $\$-3$  "consultas a claves, fórmulas, datos, reglas, etc." sirve para observar, sin cambiar, información de muy diversa índole, tanto genérica del *SeeA*, como propia de la empresa usuaria. Algunos elementos que pueden verse son: definiciones de parámetros básicos o adicionales; fórmulas de índices o sus errores asociados; claves de prioridad, ciudad, confiabilidad; datos de alguna ciudad o sector de ella para un mes o año dado; tendencias de crecimiento; reglas expertas disponibles; y varias otras cosas.

#### Menú de consultas a información del *SeeA*

*INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA*  
*MENÚ para CONSULTAS del SeeA*

A- Por subsistema consultar o conocer las TABLAS de DATOS existentes  
B- Fórmulas, definiciones de ÍNDICES por subsistema (y valores "guía")  
C- Consultar claves y definic.: Ciudades, Datos, Confiabilidad, Prioridad  
D- Ver o imp. Definiciones, Fórmulas, Uso de datos, Reglas, GUÍA de rangos  
E- CONSUL. o impr. VALORES CAPTURADOS o calculados y notas (datos ind.)  
F- Modelos de GRÁFICAS sugeridos  
G- Guía de como GENERAR los datos mínimos (equipo, medición, fuentes inf.)  
H- CONSULTAR Evoluciones, Tendencias y TASAS de crecimiento de datos e ind.

X- Regresar a menú Principal  
Y- Regresar a dBASE o FoxPro  
Z- Salir al DOS  
?- AYUDA para este menú

Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada

Opción A.- Consulta a tablas de datos existentes. Presenta una lista de parámetros y, según el color de cada elemento en la pantalla, se indica si hay alguna "tabla" (archivo tipo ".T") asociada a él, en disco duro (verdes existentes, rojos inexistentes). Varias teclas de función permiten seleccionar los archivos a consultar, según su temática general. Con la tecla *F10* se concluye la selección y a continuación se ve la información.

Opción 3.- Esta opción lleva a otro submenú, cuyas opciones son "F", "D", "I" o "X". No se explican aquí todas las opciones, por lo que se recomienda ver la sección 6.1 del manual, o mejor, directamente la computadora. La opción "\$-3-B-D", quizá la más importante, permite seleccionar uno o más índices para luego ver en pantalla sus: nombres completos, definiciones, fórmulas, y los valores genéricos —*guía*— (estadística nacional e internacional)<sup>19</sup> disponibles como referencia de comparación. Durante la selección se dispone de teclas de función que permiten identificar y seleccionar rápidamente los índices que pertenecen a una misma clase —temática— o área de la empresa (operacionales, financieros, comerciales, etc.). Con tecla F10 se confirma la selección.

Opción C.- Como son muchos los tipos de claves o definiciones que establece el sistema, para facilitar consultarlos y familiarizarse con la nomenclatura del *SeeaA*, se abre otro submenú con distintas opciones. Ahí se puede elegir ver: claves de ciudad, confiabilidad y prioridad; símbolos, definiciones y unidades. Algunas opciones son: "\$-3-C-C" consulta a claves de "ciudades" (zonas, regiones, etc.) dadas de alta; "\$-3-C-D" consulta a definiciones de parámetros. Ver las otras opciones en la sección 6.1 del manual.

Opción D.- Presenta otro submenú con más posibilidades de consulta a cuestiones generales, como: D.-lista de parámetros; U.-uso de los parámetros para generar índices; F.- fórmulas para índices; R.-submenú para reglas expertas (equivale a rutina "\$-3-R"); G.- consultas a información de archivos *Parametr\guia.dbf* o *parametr\Guia\_ad.dbf*; S.- ver valores en archivos *Parametr\Raza\_bas.dbf* o *Parametr\Raza\_ad.dbf*; y X regresar a menú previo. Aquí además de consultas en pantalla, se pueden mandar listados a la impresora

Opción E.- Sirve para consultar o imprimir los valores (datos) reales —particulares— de la o las empresas. Es decir, para revisar o conocer lo que hay en archivos tipo *D-*, *I-*, *T-*, *Rb\_* o *Ra\_*. Aparece otro submenú para elegir la consulta deseada (opciones: C, D, I, K, M, N, J, T y X), ver sección 6.1 para detalles. Habrá que teclear la clave de la ciudad y año (y mes), para que el programa identifique el archivo preciso. En varias opciones aparecerá alguna pantalla para agrupar y/o seleccionar los elementos (parámetros, índices) a consultar.

Opción F.- Presenta tres posibilidades para consultar modelos de gráficas, sin salir de Dbase (o Fox\_pro). Se eligen y ven diferentes "modelos" de gráficas complejas, generadas con *Harvard-Graphics*. Los "modelos" sólo presentan valores hipotéticos; las figuras reales se preparan con el menú de gráficas "\$-6", ver sección 4.6 (con ese y algunos otros menús, se pueden generar y ver gráficas de barras, más sencillas pero con los valores reales almacenados en los archivos de ciudad —empresa— y año).

Opción G.- Esta rutina "\$-3-G" es una ayuda rápida sobre criterios, equipos y métodos para obtener —medir— los datos (ver 5.1.6). La primer pantalla pregunta el nivel de datos prioritarios<sup>20</sup> deseado (muy pocos datos regular cantidad de datos, o todos los "básicos" establecidos por el *SeeaA*), luego presenta los nombres de los parámetros, agrupados por color, que pertenecen a cada área o subsistema de la empresa. En esa pantalla el usuario, con las teclas de flecha y "Enter", elige el parámetro deseado y en seguida aparecen tres niveles de sugerencias para los equipos (elemental, intermedio, avanzado).

Opción H.- Para consultar las tendencias y tasas de crecimiento de datos, y ver su evolución anual o mensual. Es decir, facilita consultar, sea como tablas o como gráficas de barras, diferentes archivos *EH-000002.dbf* o *EDT-000000.dbf* que haya almacenados en el subdirectorio "...EVOLUCION"; o los *D-000000aa.dbf* en los subdirectorios "...BASICOSI" o "...ADICIONAI" del disco duro. Por ejemplo, la secuencia "\$-3-H-G" mostrará la gráfica de crecimiento anual de un parámetro individual.

---

<sup>19</sup> Los valores "guía", en algunos casos, corresponden a estadística más o menos confiable, sin embargo a veces son conjeturas y suposiciones de los autores del *SeeaA* para no dejar tantos vacíos en las bases de datos *Parametr\Guia.dbf* o *Parametr\Guia\_ad.dbf*. Los índices asociados, indicados en cada caso, dejarán en claro las fuentes usadas. Un objetivo para divulgar este paquete, es el enriquecer los bases de datos de referencia.

<sup>20</sup> Ver campo *Vers\_ind*, en sección 3.3.1. En el *SeeaA 1.0* (año 1993) se manejaban 17, 25 o 61 parámetros básicos, pero esto varía en el *SeeaA 2.7*.

Opción **B**.- Con la rutina "**\$-3-R**" se abre un submenú específico para consultar diferentes tipos de archivos (bases de datos) que guardan "reglas expertas". Cada archivo es empleado en distintos programas del *SeeA*, como son validar datos de un mismo mes, de diferentes meses o de diferentes años; priorizar acciones de mejoramiento; calificar índices resultantes; o profundizar en el diagnóstico y propuesta de estrategias y acciones.

#### 4.4 Cálculo de índices, tendencias, etcétera

El menú **\$-4** "cálculo de índices, tendencias, resumen anual", sirve para calcular los índices (indicadores) correspondientes a la información de los archivos de datos *D-0000aa.dbf*; además puede calcular sus tasas de crecimiento y hacer predicciones (proyecciones) de los valores hacia años futuros. Otra opción genera el resumen anual de datos, partiendo de la información mensual.

##### Menú para cálculos

*MENÚ para CÁLCULO de resúmenes anuales, indicadores, tendencias, etc.  
para el Sistema de Evaluación de Eficiencia de Empresas de Agua*

- A- INDICES de una ciudad y año (crear archivo 'I-', versión lenta)
- B- INDICES y sus rangos de errores (arch. 'I-', versión rápida)
- C- INDICES PROMEDIO (I&prom) en base a archivos I- en Directorio
  
- E- tasas de crecimiento de datos en un periodo (ir a submenú)
- F- TENDENCIAS de EVOLUCIÓN y PROYECCIONES al futuro (ir a submenú)
- G- Resumen ANUAL, para datos mensuales en un archivo D-\_\_\_\_.dbf
  
- X- regresar a menú Principal
- Y- Regresar a dBASE o a FoxPro
- Z- Salir al DOS
- ?- Ayudas para este menú de cálculos y procesamiento de información

"Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada"

Opción **A**.- Cálculo de índices, grabando los datos usados. Es una versión de cálculo más lenta que la opción **B** pero en algunos aspectos más segura. Los resultados de los índices de ambas versiones son idénticos. La principal ventaja de esta opción lenta, es que graba como memorándum todos los datos usados al calcular los índices (en el campo "*Datos\_usad*"). Esto puede ser útil en revisiones, cuando los datos del archivo *D-0000aa.dbf* contienen fórmulas numéricas en lugar de datos directos. Los resultados, para el mes indicado por el operador, quedan en un archivo *I-0000aa.dbf*.

Opción **B**.- Cálculo de índices incluyendo sus rangos de probable error. Eso en función a la clave de "confiabilidad" asignada a cada dato y a la fórmula de error predefinida para cada índice (ver archivo *I&error.dbf*). Los resultados quedan en un archivo *I-0000aa.dbf*, según el mes calculado. Al igual que en la rutina "**\$-4-A**" solo se calcula *un mes en cada corrida*, así que hay que usar la opción repetidamente para completar un año de índices. En cada corrida se llenan los campos "*IND\_#*" y "*ERR\_#*", donde # representa al número del mes (del 1 al 12); o los campos "*RESULTADO*" y "*ERROR\_X100*" para el "mes 13" (resumen anual). Ver estructura de archivos I- en sección 3.3.4.

Opción **C**.- Calcula el promedio de los valores de índices contenidos en varios archivos tipo I- que estén en el disco duro. Pregunta si se quiere promediar a todos los archivos o seleccionar cuáles. Luego pide indicar cuál mes (del 1 al "13") se quiere procesar. Los resultados se almacenan en el archivo temporal *I&prom.dbf* (pero que a la vez nunca debe ser borrado, ver *Ayudaslayu-pr-i.txt*), al final de la corrida se ven los resultados

Opción **E**.- Tasas de crecimiento de los datos. La rutina se apoya en algún archivo *EH-5000M.dbf*, por lo que debe estar generado con anterioridad ("M" es el mes de cierre anual, ver sección 3.3.6). La opción "\$-4-E" presenta cuatro posibilidades de elección: *P*, *I*, *C* o *G*. La selección "*P*" calcula una tasa de crecimiento medio anual (promedio) en el periodo que diga el usuario. La tasa promedio, desde el año inicial hasta el año final, calculada para cada parámetro se almacena en el campo "TASA" del mismo archivo *EH- 21*.

Opción **F**.- Conduce a otro submenú, con opciones como: P.- predicción de valores de parámetros (datos básicos o adicionales) a mediano o largo plazo (hasta año 2050)<sup>22</sup>; M.- Predicciones de parámetros a un año; S.- proyección "simple" de índices a un año; e I.- proyección de índices más elaborada.

Opción **G**.- Para completar o revisar el resumen anual de datos —parámetros— en un archivo *D-5000aa.dbf*. Es decir, permite llenar automáticamente los campos "DATO" y "CONFIAB" (ver sección 3.3.2) para el "mes 13", usando información de los otros 12 meses. Si ya hubiese valores previos ahí, sirve para validarlos. En caso de diferencias el programa avisará al usuario y le pedirá indicar cuál es el dato correcto. La rutina deja memoria en el campo "ACLARACION", de como calculó en dato anual (promedio, suma, etcétera)<sup>23</sup>.

#### 4.5 Validación y revisión de datos e índices

El menú \$-5 "validación y revisión de datos e índices", permite llegar a rutinas para asegurar que los datos no contengan errores de tecleo o sean incongruentes unos respecto a otros, especialmente cuando provienen de diferentes fuentes de información. El objetivo de este grupo de programas es confirmar que los datos introducidos son correctos, y en un futuro no causarán problemas al sistema de información. Por ejemplo para datos "extraños" (fuera de lo común), pero que a la vez son "verdaderos" (correctamente medidos y reflejan la realidad), es necesario hacer las aclaraciones pertinentes para ahorrar dolores de cabeza a operarios futuros; en estos casos los programas recordarán dónde incluir aclaraciones importantes.

Menú para validar información

---

<sup>21</sup> Esta rutina presenta varias opciones y posibilidades que no se explican aquí. Se sugiere ver los listados de secuencia incluidos en la sección 6.1, y, aun mejor, probar directamente el sistema y ver sus posibilidades y ayudas en pantalla.

<sup>22</sup> La proyección se basa en las tasas medias calculadas por la opción "\$-4-E-P". Debe tenerse cuidado, cuando hay tasas negativas y se emplea *DBASE IV versión 1.0*, de que los resultados pueden ser erróneos. Esto por una falla que tiene ese paquete en la función VAL().

<sup>23</sup> Cuidado si se usa muchas veces este programa. El campo ACLARACION puede llenarse de "basura". Recordar que ahí se guardan también comentarios importantes sobre las fuentes de información, métodos, etc., relativos al parámetro.

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**  
**MENÚ para VALIDACIÓN y Revisión de DATOS e Índices .**

- A- Revisar congruencia de datos (validación LÓGICA)
- B- Revisar congruencia de datos de diferentes meses en un archivo
- C- Revisar evolución de datos (validación HISTÓRICA, varios años)
- D- Revisar ÍNDICES calculados (revisión elemental)

- X- Regresar a menú principal
- Y- Regresar a dBASE
- Z- Salir al DOS
- ?- Ayudas para menú de Revisión - Validación

Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada

Opción **A**.- Validación lógica de datos. Revisa los datos de un archivo *D-ciudadA.dbf* (hay que dar la clave de la ciudad y año del archivo de datos). Se apoya en las reglas de validación del archivo *DAT-LOGI.dbf*. Antes de correr pregunta el nivel de PRIORIDAD para la revisión (tres opciones: claves 5, 6 o 7) y el nivel de DETALLE (tres opciones, claves L, M, N); esto sirve para acelerar la "corrida" cuando no se quiera una revisión con todas las reglas y datos; es decir, niveles más suaves omiten algunas reglas o datos durante la validación. Cada que el programa encuentra alguna incongruencia (se "dispara" una regla, ver "AYU-VA-L.txt") aparece una pantalla de advertencia y el motivo. El resumen del diagnóstico aparece como última pantalla. Los avisos también quedan grabados en el archivo temporal *PROV1.txt*.

Opción **B**.- Para revisar la congruencia de datos en diferentes meses, en una misma ciudad y año. Compara los valores de cada mes contra el precedente usando las reglas expertas del archivo *AÑO-LOGI.dbf*. Su texto de ayuda detallado es "AYU-VA-N.txt".

Opción **C**.- Validación histórica de datos. Revisa los datos que están en el archivo *EH-ciudadZ.dbf*. Se apoya en reglas "booleanas" del archivo *HIS-LOGI.dbf*. La rutina tiene un texto de ayuda específico en AYU-VA-H.txt. Si es difícil o imposible "arreglar" datos de diferentes años, al menos es importante conocer dónde hay discrepancias o cambios en definiciones o técnicas de medición (ver sección 1.4.4), por lo que el operador deberá escribir comentarios pertinentes en el campo "*ACLARACION*" de los correspondientes archivos "*D-\_\_\_\_.dbf*".

Opción **D**.- Revisión elemental de los índices calculados. Revisa la información contenida en el archivo *I-ciudaa.dbf*. Se apoya en el archivo de reglas *IND-LOGI.dbf*, según el nivel de severidad con que se desea revisar. Su correspondiente texto de ayudas es AYU-VA-I.txt.

#### 4.6 Elaboración de gráficas y presentaciones

El menú \$-6 "graficación y presentación de datos e índices" sirve para: consultar modelos de gráficas, generar gráficas vistosas o sencillas, comparar gráficamente los datos de la empresa contra parámetros preestablecidos, integrar información de varias empresas o subzonas en una mapa ilustrativo, etcétera.

## Menú para graficación

```

                INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
MENÚ para GRAFICACIÓN y PRESENTACIÓN de DATOS e INDICES de Empresas

A- Modelos de gráficas sugeridos
B- Graficar DATOS de UN solo AÑO (1 empresa)
C- .. Graficar DATOS de VARIOS AÑOS (1 empresa)      --Pend--
D- Graficar INDICES de UN solo AÑO (1 empresa)
E- ..Graficar INDICES de VARIOS AÑOS (1 empresa)    --Pend--
F- Representación GEOGRÁFICA de INDICES y comparación con valores guía
G- _____ INTEGRAR un REPORTE MENSUAL _____ --Pend--
H- Gráficas 'modestas' desde DBASE para DATOS
I- Gráficas 'modestas' desde DBASE para INDICES
J- MAS OPCIONES

X- regresar a menu Principal
Y- Regresar a dBASE o a FoxPro
Z- Salir al DOS
?- Ayuda (explicaciones) para este menu

*Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada*
```

Opción **A**.- Modelos de gráficas sugeridos. Presenta la opción de ver algunos modelos de gráficas prediseñados que pueden actualizarse con *Harvard Graphics\_3*. Tiene las posibilidades **G**, **D** o **I**. La selección "**G**" muestra una lista o *catálogo*, que permite ver todas las gráficas que están como archivos ejecutables (EXE), declarados en el archivo *Gráficas\cat-graf.dbf*, o en el *Gráficas\cat-gra\_ad.dbf*. Las opciones "**D**" e "**I**" permiten elegir un parámetro o un índice y ver qué gráfica sería apropiada para representarlo. El elemento se elige con las teclas de flechas y antes de la gráfica propuesta aparece un recordatorio de su definición, unidad de medida, etcétera.

Opción **B**.- Preparar bases de datos para generar gráficas de una ciudad y un año en particular. Pregunta la clave de la ciudad y año, luego reacomoda los datos del archivo *D:\dbase\aa.dbf* en uso (en el orden indicado por *DAT DIR.dbf* para "básicos" o *DAT-DI\_A.dbf* para "adicionales"), en el archivo temporal "*GRAF-DAT.dbf*". Este último es el que llaman los macros preparados para *Harvard Graphics* en sus importaciones (para simplificar los macros siempre usan ese mismo archivo). Al final de la corrida pregunta si continúa dentro de *Dbase* o se sale para ir a *Harvard*. Si se elige lo segundo, se darán instrucciones especiales.

Opción **D**.- Preparar archivo de índices para generar gráficas de una ciudad y un año en particular. Pregunta la clave de la ciudad y año, luego copia los índices del archivo *I:\dbase\aa.dbf* (según orden marcado por *Ind-dir.dbf* o *Ind-di\_a.dbf*) en el archivo temporal "*GRAF-IND.dbf*". De éste, *Harvard-Graphics* hace las importaciones al usar los macros disponibles. Al final de la corrida pregunta si sale a *Harvard*, en cuyo caso se darán instrucciones especiales.

Opción **F**.- Genera una figura —mapa— con la posición por coordenadas, de las ciudades o zonas de una ciudad, contenidas en un archivo *Geograf\COORD-rrr.dbf* (donde *rrr* es la clave de una región). Luego busca para el año y mes<sup>24</sup> definido, en todos los archivos de las ciudades dentro de esa región, los indicadores escogidos. Tras un recordatorio de la definición del cada índice y de los posibles valores "guía" para referencia, muestra los datos ubicándolos geográficamente. Aparece una pantalla con el mapa y en color rojo los que están por abajo del valor "guía" y en verde los que están por arriba. Más detalles en el archivo de ayudas "*Ayu—Geol.txt*" y en sección 5.1.10 de este manual

<sup>24</sup> El mes se da por clave: 1 para enero, 2 para febrero, ..., 12 para diciembre y 13 para el dato anual (total, promedio u otro criterio).



Opción G.- Integrar o consultar un reporte mensual. Esta rutina no está disponible en la versión 2.7 del *SeeA*, sin embargo es un asunto importante para ser desarrollado en una futura versión mejorada, o la misma empresa usuaria puede desarrollarlo por su cuenta (de preferencia en coordinación con IMTA, ver secciones 5.1.10 y 6.5). Se podía presentar otro submenú con opciones como: ver contenido propuesto para el reporte; integración de cuadros necesarios; actualización de figuras y gráficas; consulta a cuadros y gráficas de este mes o de meses previos; imprimir reporte; etcétera.

Opción H.- Gráficas *modestas* desde *DBASE*, o *FOX\_PRO*, para datos. Permite visualizar como barras, los valores de parámetros. Los ejes de las gráficas aparecen en posición invertida y la magnitud del dato se representa con una barra verde, en una "escala móvil" según su magnitud. Si los datos graficados son más o menos de la misma magnitud, serán fácilmente comparables. En caso contrario debe observarse con cuidado la escala correspondiente a cada uno. Para cada dato se anota: valor, nombre, unidad de medida y clave de confiabilidad.

Opción I.- Gráficas *modestas* para índices, desde *Dbase IV*, o *FOX\_PRO*. Esta opción presenta gráficas para *todos* los ÍNDICES. Los ejes aparecen en posición invertida y la magnitud del ÍNDICE se representa en una barra verde, generalmente en porcentaje. Para cada ÍNDICE se anota: valor calculado, nombre, fórmula y unidad de medida. También aparecen, en color guinda, cinco puntos de referencia comparativa (valores "guía"), predefinidos en el archivo *ParametriGUIA.dbf* o en *ParametriGUIA\_AD.dbf*.

Opción J.- Más opciones. Presentará otro menú con varias opciones, como: A.- consultar los nombres y características de los "macros" disponibles para generar gráficas y presentaciones (*shows*) dentro de *Harvard-Graphics3*. C.- graficar tasas de crecimiento de datos en un periodo. D.- graficar información de un archivo *EH-00002.dbf*. H.- graficar información mensual de un archivo *D-0000aa.dbf*. I.- graficar evolución mensual de un índice, elegido mediante teclas de flechas o directamente por su número de orden.

#### 4.7 Diagnóstico de la empresa

El menú 5-7 "diagnóstico de la empresa" ayuda a caracterizar a la empresa de agua, según diversos criterios y con diferentes puntos de vista. Por ejemplo, puede asignársele una "calificación general" cada mes según los índices alcanzados, puede decirse la importancia relativa de un grupo de acciones o programas usuales en la empresa, puede haber consultas a valores guía para índices, o se puede calificar y clasificar a cada índice obtenido en el mes, según diversos criterios.

## Menú de DIAGNÓSTICO

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**  
**MENÚ para CARACTERIZACIÓN-DIAGNÓSTICO de la Empresa**

- A- Calcular CALIFICACIÓN GENERAL a la EMPRESA (prueba de reglas)
- C- Ir a submenú para PRIORIZACIÓN de ACCIONES correctivas
- E- Consultar GUÍA de PARÁMETROS Y RANGOS para índices
- G- Submenú para generar o comparar CALIFICACIONES de ÍNDICES
  
- X- Regresar a menú Principal
- Y- Regresar a dBASE o FoxPro
- Z- Salir al DOS
- ?- Ayuda (explicaciones) para este menú

Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada

Opción **A**.- Cálculo de la calificación general de la empresa. Cada índice, de un archivo *I-0000aa.dbf* elegido por el operador, se evalúa contra distintas reglas almacenadas en el subdirectorio "Priorida\". El historial de esto se graba en un archivo de resultados *priorida\C-0000aa.dbf*. La calificación general, obtenida ponderando varias calificaciones parciales, equivale a un "macroíndice" por su grado de complejidad, y permite con un solo valor caracterizar el desempeño de la empresa en el periodo en cuestión. Las reglas pueden no ser muy "justas", para una época o situación específica, sin embargo resultan imparciales si se mantienen fijas o con muy leves variaciones durante un largo tiempo. Más detalles en el texto de ayuda AYU-CalG.txt.

Opción **C**.- Muestra un submenú relativo a acciones correctivas o tipos de programa, tales como: control de fugas, medición de fuentes, medición domiciliaria, ahorro de energía eléctrica, rehabilitación de redes, desarrollo institucional, etc. El nuevo submenú tiene las posibilidades: A.- calcular la prioridad para un tipo de acción o programa; B.- ajustar (modificar) reglas de priorización, en donde se puede aprovechar el archivo auxiliar *R&standa.dbf* o el *R&sta\_ad.dbf* para "pre-editar" algunas reglas (ver textos Ayu-pond.txt y ayu-regl.txt); D.- para consultar reglas existentes; E.- calcular prioridad de diferentes empresas o archivos.

Opción **E**.- Consultar la guía de parámetros y rangos para los índices, es decir, la información del archivo *Parametr\guia.dbf* o del *Parametr\guia\_ad.dbf* (respectivamente para índices "básicos" o para "adicionales"). Presenta tabla para seleccionar los índices deseados (índice en verde si tiene archivo de texto con comentarios complementarios, en rojo si no hay tal). Para cada índice da sugerencias y valores para condiciones nacionales (medio, mínimo y máximo) o en países extranjeros, tanto subdesarrollados como desarrollados.

Opción **G**.- Presenta un submenú para generar o comparar calificaciones de índices, por su rango de valor o por su calificación respecto a las metas 'guía'.

En la rutina "\$-7-G-R" los indicadores mensuales o anuales de la empresa se comparan contra las reglas preestablecidas en el archivo *expert\I&RANGOS.dbf* ó *expert\I&RAN\_ad.dbf*. La calificación de cada índice se graba en el archivo temporal *expert\I-DiagXX.dbf*. Al finalizar la corrida se puede ver un listado "tipo semáforo" (marca con colores si la calificación es, pésima, mala, deficiente, pasable, buena o excelente) y da un resumen, por temática, de cuantos índices hay en cada caso.

La rutina "\$-7-G-S" comparará valores de *I-0000aa.dbf* contra valores estadísticos en *Parametr\guia.dbf* (o *Parametr\guia\_ad.dbf* si trabaja con "adicionales"), según las reglas expertas de evaluación contenidas en *Expert\I&GUIA.dbf*. Los resultados quedan grabados en el archivo *expert\I-*

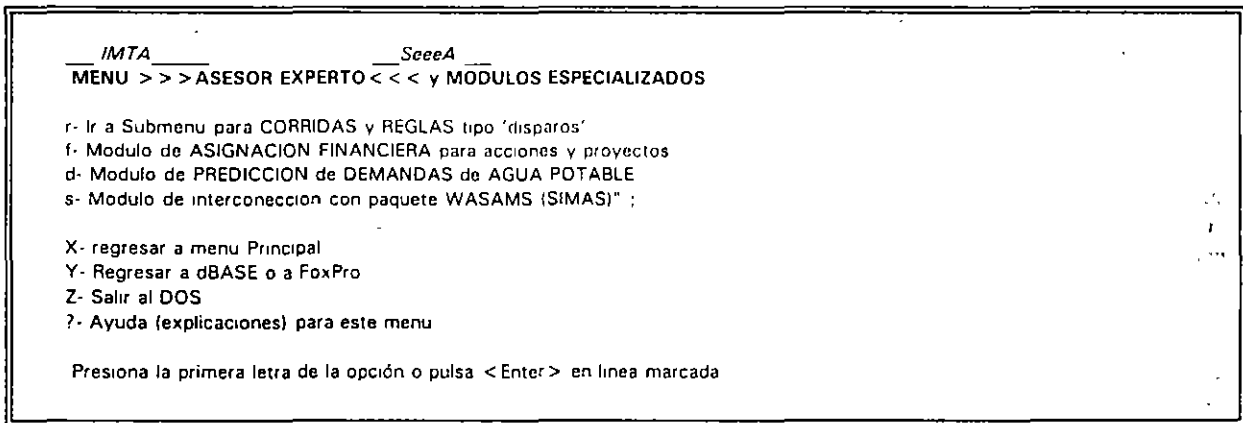
DiagZZ.dbf. También presenta lista tipo semáforo y resumen temático.

Una opción "T" compara los resultados de las dos rutinas anteriores, generando otro archivo *Expert\I-DiagCC.dbf*. También se presenta una lista tipo semáforo, para indicar cuándo las calificaciones fueron idénticas y cuándo muy dispares.

#### 4.8 Menú para rutinas expertas y módulos especializados

El menú \$-8 "sistema experto para proponer y evaluar acciones de mejoramiento", como se dice en la sección 2.4.10 del manual, puede considerarse un menú abierto, que está en fase de desarrollo y requiere fuerte interacción entre las empresas que usen el *SeeA* y el *IMTA*. Actualmente son pocas las rutinas que presenta, pero con el tiempo seguramente habrá más. Ahora permite consultar archivos o reglas expertas, confrontarlas contra algún archivo de datos o índices y consultar el historial de "disparos" de alguna anterior corrida de la rutina "\$-8-N".

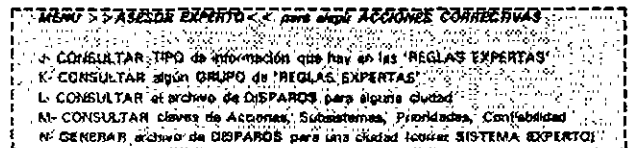
#### Menú para rutinas expertas y módulos especializados



A continuacion se describen cada una de las pantallas que surgen al elegir las opciones de este menú número 8.

#### 4.8.1 Corridas y reglas tipo 'disparos' (\$-8-R o \$-2-8-R)

Op. 8-R-J Describe los campos que componen un archivo de REGLAS EXPERTAS del tipo *Expert\reg\_\_\_\_.dbf* (símbolo, clave, prioridad, if\_u\_otros, regla, then, acción, clave de la acción, subsistema, control, nombre de la regla, fuente, capturista, fecha, confiabilidad, comentarios). Esta estructura tiene similitud con la de los archivos para validar información, como por ejemplo *Evolucio\his-logi.dbf* (ver sección 3.3.11); sin embargo ahora se agregan otros identificadores, para facilitar su revisión, calibración e intercambio de opiniones con otros investigadores.



Op. 8-R-K Para consultar contenido de reglas expertas anotadas en algún archivo tipo *Expert\REG\_\_\_\_.dbf*. La primera parte del programa (*Cons-rex.prg*) presenta una lista de archivos en el subdirectorio

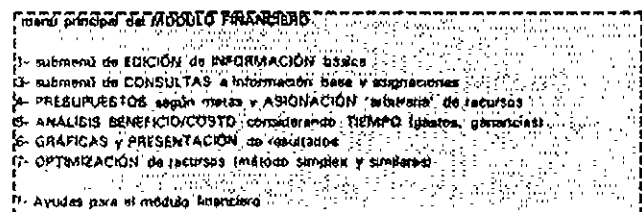
"\expert" y pide se indique cuál se va a consultar, asimismo pregunta como indexarlo: por confiabilidad, por prioridad, por tipo de regla (If\_u\_ótro), por tipo de acción, por símbolo para el dato, por subsistema o área de la empresa más ligada a la regla, por nombre con que se bautizó la regla. Sólo se muestran unos cuantos campos, para verlo completo se utiliza *browse*. La secuencia "\$-8-K" hace lo mismo que la "\$-3-R-9", simplemente son dos caminos diferentes para llegar al mismo programa.

- Op. 8-R-L Para consultar "disparos" almacenados en archivo *Expert\DIS-0000.dbf*. Pide la clave de la ciudad deseada ("0000"), si existe el archivo pregunta si se indexa por: clave (tipo) de acción, clave de confiabilidad, o alfabéticamente, según el texto de la recomendación o conclusión. Para usar esta opción, antes debió haberse corrido la "\$-8-N", es decir, el que genera el archivo *Dis-0000.dbf*
- Op. 8-R-M Lleva a otro submenú para consultar diferentes claves usadas por el *SeeeA*, principalmente relacionadas a los archivos de reglas expertas, pero también pueden verse otras más generales. Ofrece las posibilidades: G.- para consultar claves generales (muestra otro submenú, que es el mismo de la secuencia "\$-3-C"); A.- tipos de acción; S.- claves de subsistemas o áreas de la empresa; P.- para prioridad o urgencia de las recomendaciones; y C.- rangos de confiabilidad (precisión, certeza) de las reglas.
- Op. 8-R-N Para correr la rutina "*Sis-exp2.prg*", que es un programa "experto recursivo con encadenamiento hacia adelante", que guarda sus resultados en un archivo "*expert\DIS-0000.dbf*". La evaluación la hace confrontando los datos de la ciudad y mes indicados por el operador (de un archivo "D-"), contra algún conjunto de reglas de evaluación del tipo "*expert\Reg\_\_\_\_\_dbf*"

#### 4.8.2 Módulo de asignación financiera (\$-8-F)

Es interesante notar que este módulo tiene una secuencia de números muy similar al menú principal del *SeeeA*, lo que facilitará al usuario ubicar mejor la rutina que busca.

- Op. 8-R-1 EDICIÓN de información básica.- Presentará otro grupo de opciones, para elegir archivos a editar o crear tales como: costos unitarios, beneficios (castigos) unitarios, impactos sobre los parámetros por asignaciones unitarias de dinero en los diferentes programas de acción, interrelación entre acciones y parámetros (ACCI-PAR.dbf), etc.



- Op. 8-R-3 CONSULTAS a información base y asignaciones.- Para ver datos ya capturados, sugerencias (tips) de costos unitarios, y valores generados por algunas corridas, como: calendarios de erogaciones, cambios generados por algunas asignaciones y cercanía a metas.
- Op. 8-R-4 PRESUPUESTOS según metas y ASIGNACIÓN 'arbitraria' de recursos.- Para efectuar cálculos simples o de mayor detalle enfocados a conocer si un presupuesto satisface o no determinado conjunto de metas, así como cuales parámetros tendrían cambios (impactos), y cuanto, al invertir en determinados programas. Permite también ir preparando algunas bases de datos (función objetivo y matriz de restricciones) necesarias para las corridas de optimización (opción 7).
- Op. 8-R-5 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO considerando TIEMPO (gastos, ganancias).- Presenta una rutina para establecer los calendarios de inversión e impactos (genera archivos *FIN\_TPOS.dbf* a partir de *ASIGNA.dbf* y *CAMBIOS.dbf*). Con esto se pueden luego calcular las relaciones beneficio/costo o beneficio neto para diferentes plazos de inversión o tasas de oportunidad.
- Op. 8-R-6 GRÁFICAS y PRESENTACIÓN de resultados - En la versión 2.7 (julio de 1995) esta opción no está disponible, pero el usuario interesado podrá incluir aquí sus propios desarrollos, ver sección

#### 5.1.10.

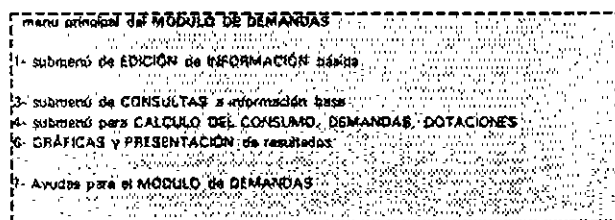
Op. 8-R-7 OPTIMIZACIÓN de recursos (método simplex y similares).- Permite reacomodar los datos usados por otras opciones (metas, presupuesto, programas de inversión factibles) en un formato adecuado al método de optimización SIMPLEX, y resolver el conjunto de ecuaciones simultaneas de la matriz de restricciones hasta llegar a una solución óptima (asignación de dinero o de otros recursos). Otra rutina de este menú permite comparar si determinada asignación arbitraria cumple o no con la matriz de restricciones (verifica si se trata de una *solución factible*).

Op. 8-R-? AYUDAS para el modulo financiero.- Presenta distintas figuras, diagramas y textos para ilustrar al usuario sobre la finalidad del modulo, la información necesaria y la secuencia de uso.

#### 4.8.3 Módulo de predicción de demandas (§-8-D)

Este módulo aun tiene un desarrollo incipiente (julio 1995), pero quizá sea de los más importantes y útiles en la planeación de los servicios y necesidades (metas, recursos, programas) de una empresa de agua. Es prioridad del IMTA desarrollarlo y completarlo lo más pronto posible.

Debido a la inminente mejoría, complemento y evolución de las rutinas de este módulo, no se explicaran los menús que de el se derivan, solo se muestra el menú general. Podrá observarse que guarda similitud con el *SeeA* y otros módulos derivados de aquel, al emplear los mismos números para llamar a los submenús de edición, consultas, cálculos, graficación, etc.



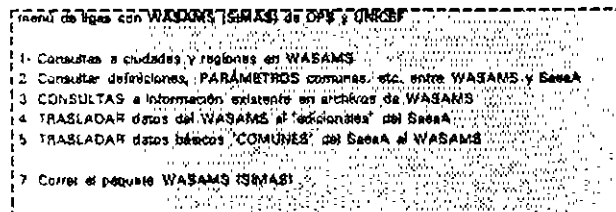
Algunas de las aplicaciones del módulo son por ejemplo: Encontrar o comparar fórmulas de ajuste a datos observados y su impacto sobre los consumos o demandas de agua. Estimar valores de demandas de diferentes tipos (media anual, media estacional, máxima mensual, media diaria, máxima horaria, restringida por sequía, etc.), para diferentes épocas (pasado, presente o futuro) y para diferentes zonas o sectores de la ciudad (industrial, doméstica, riego de áreas verdes, zona geográfica, zona de presión, clase socioeconómica, etc). Estimar déficits o volúmenes de fugas respecto a los volúmenes suministrados. Impactos de ciertas medidas de control.

Algunos de los parámetros o datos manejados en este módulo coinciden con los del *SeeA* por lo que pueden extraerse de ahí; sin embargo hay otros que deben captarse por separado. Parámetros que suelen ser importantes son por ejemplo: tarifa de agua, tipo de alcantarillado, láminas de lluvia, variación climática en la ciudad, índice de marginación, tamaños de predios, tipos de vivienda, existencia de tinacos, ingreso familiar, antigüedad de la ciudad, uso de dispositivos ahorradores, etc. En general la información usada por el modulo de demandas se concentra dentro del subdirectorio DEMANDAS\ (derivado del IMTA\SeeA, ver sección 3.1.1).

#### 4.8.4 Módulo de interconexión con WASAMS (§-8-S)

El paquete WASAMS o SIMAS (sistema de monitoreo de agua y saneamiento) fue desarrollado conjuntamente por UNICEF y OMS y desde 1993 se difunde en el mundo para apoyar a los países a conformar estadística sobre este sector, y poder sustentar mejores decisiones para apoyos e inversiones a las distintas regiones o naciones.

Op. 8-S-1 Consultas a ciudades y regiones en WASAMS.- Entra a los archivos propios del WASAMS (normalmente en algún subdirectorio propio de ese sistema, por ejemplo "c:\wasams\data\prod"). Y busca por país los 5 posibles niveles de desagregación. Establece la relación con claves en el *SeeA*.



- Op. 8-S-2 Consultar definiciones, parámetros <sup>comunes</sup> comunes, etc. entre WASAMS y *Seea*. Presenta otro submenú para elegir el tipo de consulta deseada.
- Op. 8-S-3 Consultas a información existente en archivos de WASAMS. Para la consulta habrá que conocer la clave de ciudad, subregión, etc. del WASAMS y el tipo de reporte deseado (0, 1, 2, 3 o 4).
- Op. 8-S-4 Trasladar datos del WASAMS al 'adicionales' del *Seea*. Aprovecha información existente en WASAMS. Para esto es necesario antes haber usado la opción #9 de este mismo menú, es decir deben tenerse como adicionales del *Seea* exactamente los mismos parámetros (incluyendo nombres y símbolos) que usa el WASAMS.
- Op. 8-S-5 Trasladar datos básicos 'COMUNES' del *Seea* al WASAMS. En este caso se admiten diferencias de símbolos y de nombres entre ambos sistemas, siempre y cuando su equivalencia este declarada en el archivo COMUNES.dbf. La versión 2.7 establece la relación entre 10 parámetros básicos, que mediante transformaciones aritméticas (indicadas en COMUNES.dbf) puede alimentar a 36 parámetros del WASAMS. De hecho la cantidad de ligas pudiera ser mayor si se admiten ciertas suposiciones lógicas como que la población mejor atendida es la de mayor capacidad de pago y los rezagos están en las clases pobres (argumento que hace ver lo innecesario de ciertos desgloses que tiene el WASAMS).
- Op. 8-S-7 Correr el paquete WASAMS (SIMAS). Cambia de subdirectorio. Abandona el *Seea*, ya no hay regreso automático.
- Op. 8-S-9 Poner equivalente del WASAMS en subdirectorio ADICIONALES del *Seea*. Luego de hacer una copia de seguridad del subdirectorio ADICIONALES, descompacta en ese sitio el contenido de IMTA\SEEEA\WASAMS\DORMIDOS\. De esta manera cuando se use opción 2 del *Seea* se tendrían definiciones y parámetros del WASAMS (SIMAS de OPS/UNICEF) (son mas de 200 parámetros. Su numero es tan grande porque WASAMS prácticamente desglosa cada dato en 4 partes (total, área rural, área urbana clase alta y área urbana clase baja).

#### 4.9 Mantenimiento de archivos BÁSICOS del *Seea*

Explicación del menú \$-9 "tareas de mantenimiento del Seea". Presenta rutinas para actualizar y revisar la compatibilidad de archivos de datos e índices, principalmente los "básicos" (para mantenimiento a "adicionales" se usa el menú "\$-2-#").

## Menú para MANTENIMIENTO DE ARCHIVOS del *SeeeA*

*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*  
**MENÚ para tareas de MANTENIMIENTO de ARCHIVOS BASE del *SeeeA***

A- Listar archivos base que deben estar disponibles  
B- Actualizar indexaciones de archivos elementales  
C- Actualizar archivos de DATOS, incompatibles  
D- Actualizar archivos de INDICES, incompatibles  
E- Copia de archivos base -1ª etapa- a disco  
F- Nueva CIUDAD y/o Copia de información de ciudades en disco duro  
G- Verificar -ajustar las unidades de los datos  
H- Actualizar información de archivo GUIA.dbf (de indicadores)  
I- Menú con MAS TAREAS

X- Regresar a menú Principal  
Y- Regresar a dBASE  
Z- Salir al DOS  
?- AYUDA (explicaciones) para este menú

Presiona la primera letra de la opción, o pulsa <Enter> en línea marcada

Opción **A**.- Presenta listas de archivos ".DBF" (bases de datos) que están en ese momento en el disco duro, contra la lista de archivos que deberían estar y que son indispensables para que esté completo el sistema de información. Sirve para revisar en caso de fallas, si la causa es por falta de algún archivo. Equivale al contenido de la sección 3.2 de este manual. Programa no actualizado, mejor referirse al manual.

Opción **B**.- Regenera —actualiza— las indexaciones más importantes que maneja el sistema. En realidad son relativamente pocos los archivos tipo "\*.ndx" que hay que tener fijos el *SeeeA*, ya que normalmente los crea cada rutina como archivos provisionales (*PROV\*.ndx*), cuando los requiere. Sin embargo, para acelerar el proceso de algunas rutinas que pueden ser tardadas, se mantienen fijos unos cuantos y este programa revisa su existencia y vigencia.

Opción **C**.- Sirve para revisar la congruencia que deben tener entre sí los diferentes archivos esenciales relativos a *parámetros básicos*. El programa "\$-9-C" comprueba que en todos los archivos haya el mismo número de registros; y que los nombres, símbolos y unidades de parámetros sean idénticos. En caso de diferencias avisa y, dando preferencia a uno de ellos (*D&básicos.dbf*), los hace homogéneos. Para el caso de "adicionales", emplear la rutina "\$-2-#-G".

Opción **D**.- Checa la congruencia de varios archivos importantes para *índices básicos*. Revisa que en todos los archivos haya los mismos nombres, fórmulas y descripciones. De haber diferencias avisa y toma como buena la información de *I&básicos.dbf*. Para el caso de "adicionales", emplear la rutina "\$-2-#-H".

Opción **E**.- Copia los archivos elementales de la versión 2.7 a disco flexible (a la unidad A o B). NOTA: Programa no actualizado, mejor usar *IMTAflex.bat*.

Opción **F**.- Dar de alta una nueva ciudad o zona (sub-opción "N"), o bajar información de una ciudad, de disco flexible a disco duro (sub-opción "C", pero no disponible aún). La sub-opción "N" permite agregar un nuevo registro a la base de datos *CLAV-CIU.dbf*. Esta base de datos relaciona la clave de ciudad, usada en archivos D- o I-, con la descripción de su extensión, límites, empresa que la maneja, etcétera.

Opción **H**.- Para actualizar parámetros 'guía' para índices básicos (archivo *ParametriGUIA.dbf*). Esta labor preferentemente debe hacerla el IMTA, pues se debe integrar información de muy diversas ciudades nacionales y extranjeras para poder modificar los valores guía para índices. Antes de entrar a la fase de edición, indexa el archivo y pregunta los índices a los cuales se les van a actualizar sus valores guía (medio

mínimo o máximo, y recomendables en países subdesarrollados y desarrollados). Si solamente se quieren consultar los valores, es mejor emplear la rutina "\$-3-D-G". La rutina "\$-1-H" es equivalente, pero para el caso de parámetros.

Opción I.- Con esta opción se llega a otro submenú, con más tareas de mantenimiento, como son:

I.- La secuencia "\$-9-/-\*" sirve para consultar o imprimir la lista de los programas que integran el *SeeeA* y las secuencias de teclas para correr cada una. Puede tomarse como una especie de diagrama de árbol de decisiones. Equivale a las listas incluidas en la sección 6.1 de este manual.

J.- Arreglos al índice temático. Sirve para reacomodar, en orden estrictamente alfabético, el contenido de la base de datos *alfabeti\TEMAS.dbf*.

K.- Regenerar archivo de apoyo *tablas\LIST-TAB.dbf*, que sirve para presentar una lista de archivos *T—\_.dbf* que pueden existir en el subdirectorio *..\tablas*.

L.- Equivale a la rutina de revisión de congruencia "\$-9-C", pero teniendo como archivo a revisar al *RAZA\_BAS.dbf* ( o *RAZA\_AD.dbf*). Checa la compatibilidad para dato y símbolo.

M.- Para actualizar valores "raza". Equivale a la rutina "\$-9-H", pero en lugar de trabajar con el archivo *Guía.dbf*, se hace con *Parametr\Raza\_bas.dbf* (que es sólo un modelo de valores, a veces usado por el programa *Actlz\_rx.prg*, secuencia "\$-1-H"). Se pueden elegir los parámetros a editar y luego actualizar, para cada uno los valores: mínimo y máximo históricos, valor medio del año anterior, mínimo aceptable en cualquier mes, meta a corto o largo plazos (ver estructura en sección 3.3.13).

N.- Búsquedas de algún tema o palabra en la base de datos de bibliografía. Opción para uso del IMTA, normalmente no disponible en copias del *SeeeA*.

O.- Muy útil para calcular *cualquier fórmula*, tanto para su valor exacto como su valor modificado por imprecisión asociada a datos que intervienen en ella. Apoyo para valuar "índices especiales", sin necesidad de programar o declararlos en ningún archivo. También para conocer el impacto de probables errores de medición (confiabilidad) de cada dato que interviene en la fórmula de cálculo del indicador. Además, sirve para verificar que sea correcta alguna fórmula de error incluida en el archivo *I&error.dbf*.

P.- Sirve para revisar —comparar— que sea idéntico el contenido de algún campo "memo" de dos archivos.



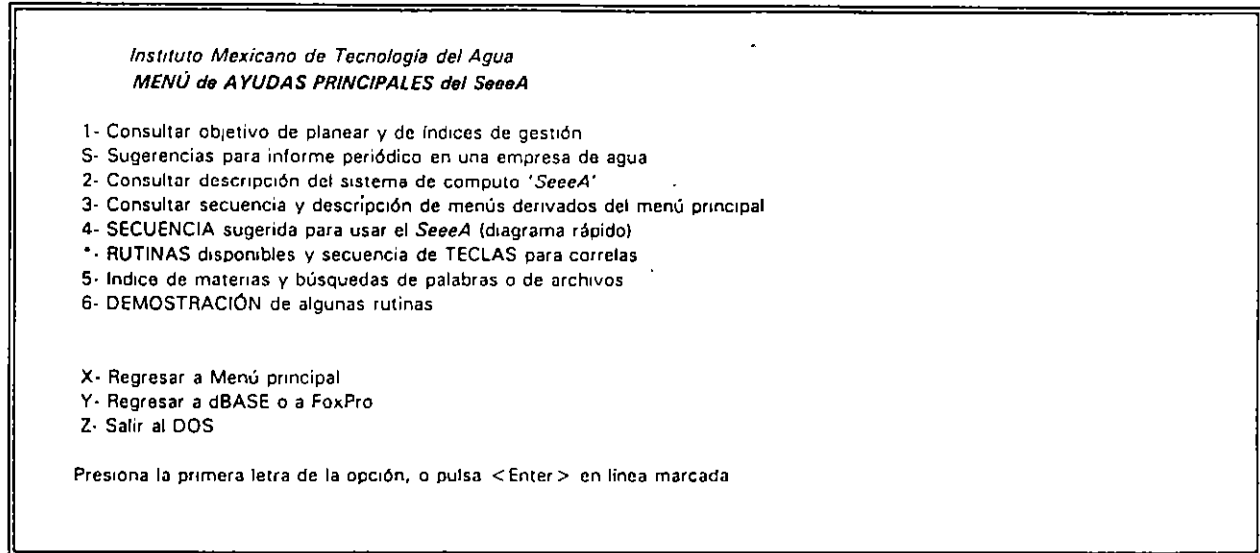


- Opción D- BAJA de un índice adicional. Se debe identificar con precisión el índice a eliminar. El programa revisará y eliminará el elemento de todos los archivos importantes (menos los de ciudad específica, para lo que hay que usar la rutina "\$-2-#-I"). Otra forma, cuando hay duda si en el futuro el elemento pudiera ser importante, es guardar en latencia ("stand by") el elemento, su fórmula, definición, etc.; mediante la rutina "\$-2-#-F-I-a-r".
- Opción E- Revisar un dato o índice, adicional o básico. Conviene usar esto, antes de Bajas, o intercambios ADICIONALES <--> BASICOS <--> RESERVA. Comprueba la aparición del elemento señalado por el operador en diferentes archivos, fórmulas, reglas expertas, etc. Con esto el operador conocerá su importancia dentro de la empresa, y si sería válido eliminarlo o modificarlo.
- Opción F- Hacer traslado RESERVA <--> ADICIONALES <--> BÁSICO, de un parámetro o índice. Aunque es relativamente sencilla de usar, esta opción está restringida a operadores bien capacitados (pide una "clave de programador") pues es importante respetar al máximo posible los elementos "básicos" del *SeeA* original. Razones en la sección 1.4 del manual.
- Opción G- Revisar congruencia de archivos de DATOS Adicionales. Es el equivalente a la rutina "\$-9-C", pero ahora para el caso de parámetros "adicionales". Aquí no se revisan archivos tipo "D-", para lo cual está la opción "\$-2-#-I".
- Opción H- Revisar congruencia de archivos de INDICES Adicionales. Revisa la congruencia de nombre de elementos, fórmulas, definiciones, etc., entre archivos importantes como *I&adiciona*, *Parametr**Guia\_ad*, etc. Es el equivalente a la rutina "\$-9-D", pero ahora para el caso de indicadores "adicionales".
- Opción I- Revisar congruencia de archivos de UNA CIUDAD ESPECIFICA. Puede ser de BÁSICOS o de ADICIONALES; de parámetros o de índices. Equivale a las opciones "\$-2-#-G" o "\$-2-#-H" aplicadas a archivos "D-" o "I".
- Opción J- Reindexar archivos de apoyo para ADICIONALES Tanto para DATOS como para INDICES. Equivale a la opción "\$-9-B", ahora aplicada a adicionales.
- Opción K- Actualizar información de archivo con estadística comparativa para indicadores *GUIA\_AD.dbf*. Permite elegir el o los elementos a revisar, introducir o corregir estadística y comentarios para cinco valores comparativos de índices. Para hacerlo es conveniente tener estadística, tanto nacional como internacional, para ese mismo índice (con sus iguales definiciones). Equivale a la rutina "\$-9-H", ahora aplicada a *adicionales*.

#### 4.11 Menú principal de AYUDAS

Explicación del menú \$-? "ayudas principales". Presenta recordatorios y explica sobre el uso de los otros menús, contiene algunas definiciones importantes y demostraciones. Es un complemento a las muchas ayudas en línea que contiene el *SeeeA*.

#### Menú principal de AYUDAS



Opción 1.- Consultar objetivo de planear e índices de gestión. Mediante un texto, recuerda al usuario conceptos importantes del propósito de la labor que realiza al manejar el *SeeeA*.

Opción S.- Muestra pantallas de texto, de diferentes colores, con sugerencias y comentarios sobre el índice del contenido y enfoque para un informe periódico -mensual-, basado en el procesamiento de información que facilita este sistema. Equivale a la sección 6.5 de este manual.

Opción 2.- Consultar descripción del sistema de cómputo *SeeeA*. Mediante algunas pantallas de texto de diferentes colores para mejor identificación, se describen las características y aplicaciones del sistema en uso.

Opción 3.- Consultar secuencia y descripción de menús derivados del menú principal. Describe las principales características y rutinas de cada menú derivado. Equivale a la sección 2.4 del "*manual del usuario*". Como última parte muestra un diagrama de flujo sobre la secuencia normal de uso. También indica como correr desde el MSDOS, una presentación (*show*) sobre esa secuencia, incluido como parte del *SeeeA*.

Opción 4.- Consultar secuencia sugerida para usar el *SeeeA*, mediante un diagrama sencillo y de presentación rápida.

Opción \*.- Permite consultar la descripción de rutinas disponibles y la secuencia de teclas para correrlas, incluidas en las bases de datos *Ayudas\Rutinas\*.dbf*. Como primer pantalla muestra una lista de los 11 principales menús o agrupamientos de programas que componen al sistema informático (corresponden a los incisos de este capítulo), donde se elige alguno de ellos. Luego, de un listado del archivo elegido, se puede seleccionar alguna secuencia deseada y ver una mayor explicación de esa opción.

Opción 5.- Presentará otro submenú para hacer diferentes tipos de búsquedas, como: temas importantes, palabras en el manual, programas disponibles, glosario de términos y bibliografía. Ahí pueden consultarse los

procedimientos a seguir y aplicaciones de determinadas rutinas, las cuales se presentan ordenadas alfabéticamente y se eligen mediante el número asociado a ellas. Asimismo, presenta varias opciones para buscar y localizar alguna cadena de caracteres en el manual del usuario.

Opción 6.- Esta elección corre "macros" preparados únicamente para que el usuario observe cómo se procede en algunas tareas y el tipo de respuestas o elecciones que debe dar o hacer. La rutina no opera para "Runtime", es decir, hay que estar dentro de DBASE\_IV. Igualmente fallará si no están en el disco duro algunos archivos empleados, como *D-cccc93.dbf* o *I-cccc93.dbf*. Las demostraciones preparadas son: 1. Consultar fórmulas de cálculo de índices, 2. Consultar definiciones y valores "guía" de algunos índices, 3. Generar gráfica de barras mensuales de un parámetro (dato), 4. Generar gráfica de barras mensual de un índice, 5. Consulta comparativa a índices de varias ciudades en una región, 6. Consulta a modelos de gráficas (prediseñados en Harvard Graphics), 7. Diagnóstico (calificación) de índices de una ciudad y mes específico.

## 5 Mejoras al sistema de información gerencial de la empresa

Este capítulo incluye conceptos que, si bien son aplicables al *SeeA*, también pueden ser importantes para cualquier otro paquete o sistema de información, ya que plantea asuntos generales y trascendentales que debe cuidar un operador si quiere que su sistema se mantenga actualizado y sea confiable y útil.

### 5.1 Actividades responsabilidad del usuario

El *SeeA* o cualquier otro sistema de información gerencial que se use, normalmente tendrá el propósito de apoyar la toma de decisiones del o los directivos de una empresa de agua, y por lo mismo siempre habrá que mejorarlo y enriquecerlo, pues es muy variado el tipo de decisiones en la empresa. Paulatinamente habrá que agregarle nuevas rutinas y datos para hacerlo más versátil y apropiado. Sin embargo, deberán respetarse al máximo posible los parámetros y definiciones establecidas desde un inicio, para poder conformar una base estadística e historial que resulte útil.

En el diseño del *SeeA* se usaron técnicas de *sistemas expertos*, proponiendo diversas reglas de evaluación que requieren revisarse y calibrarse para las características de la ciudad usuaria. Tal revisión corresponde a quien opere el software y conozca a fondo la empresa de agua.

A continuación se hacen algunos comentarios y sugerencias sobre los cuidados y obligaciones que debe tener el responsable del sistema de información.

#### 5.1.1 Apego a definiciones y capacitación

La *definición de los datos* (parámetros) capturados en el sistema, tiene que ser precisa y describir inclusive las características de su obtención. Las unidades de medida deben estar bien claras (en algunos casos las manejadas por el *SeeA* pueden diferir de las usuales en la Empresa), y tener cuidado en las conversiones.

#### 5.1.2 Nuevos parámetros e índices

En la medida que se quiera profundizar en un tema, especialmente si se piensa implantar o ya está en vigor algún programa para atacar y mejorar algún asunto (atención al público, fugas en la red, calidad del agua, recaudación, rehabilitación de tomas, desazolve de atarjeas, seguridad en plantas, etc.), será necesario considerar nuevos elementos para apoyar los controles, las evaluaciones y la toma de decisión. Estos nuevos elementos normalmente equivaldrán a datos adicionales que requieren definiciones y formas de evaluación precisas.

La empresa podrá manejar los *datos e índices adicionales* que estime convenientes para evaluar el desempeño de sus áreas. Sin embargo, para evitar erogaciones innecesarias y pérdidas de tiempo (instalación de equipos de medición, muestreos, capacitación) conviene antes un serio análisis para seleccionar y definir adecuadamente los más útiles.

#### 5.1.3 Calibración y ampliación de reglas, rutinas expertas y estadística

La evaluación de los índices debe ser imparcial, por lo cual es conveniente mantener una serie de criterios de revisión y evaluación fijos planteados por técnicos expertos, conocedores de la problemática, pero que a la vez no tengan "favoritismos" especiales por algún tipo de acción. En ese sentido algunas de las reglas propuestas por el IMTA pueden ser de utilidad. También conviene contratar servicios de asesoría externa para revisar, calibrar y ampliar las reglas.

Asimismo las *metas* incluidas en el sistema y en que se apoyen reglas de evaluación, deberán ser ambiciosas pero realistas. Igualmente las estadísticas de referencia comparativa deberán ser representativas del promedio internacional, nacional o regional, del desempeño de empresas similares a la que se evalúa. Dichos parámetros deberán actualizarse (en los archivos *Ra-* y *Rb-*) de acuerdo con la política establecida por la empresa.

De igual manera las *reglas de priorización* deberán adecuarse a las políticas de la empresa. Sin embargo, se

considera que en general deben mantener la tendencia que se sugiere en las planteadas por el *SeeA*.

#### 5.1.4 Frecuencia de uso del sistema

La *captura mensual* de datos permitirá generar *reportes periódicos*, los cuales son un producto valioso del sistema. Pero, nuevamente, depende de la calidad de los datos que se capturen y del tipo de informe o reporte que el (los) directivo(s) elabore(n).

Un complemento importante de los reportes, o inclusive simplemente para consulta directa en la computadora, es la *representación geográfica* de los índices de la empresa (o de las empresas de un Estado o Región). Esta representación requiere que se generen los archivos correspondientes (tipo *Coor-\_\_\_\_.dbf*) de las zonas o región de interés.

#### 5.1.5 Captura y procesamiento de datos

Es importante definir procedimientos para el flujo de información, desde el campo hasta el gabinete. También hay que dar los cursos, equipos, formatos y material necesarios. La obtención de datos debe ser un proceso formal, de preferencia como una rutina y obligación de cada persona que tenga que ver en el asunto. Debe existir una supervisión (doble chequeo), fija o esporádica, para los datos enviados.

La mayoría de la información debe concentrarse y capturarse mensualmente. Esto porque plazos mayores pueden acarrear olvidos o descuidos en la forma de estimar o medir, además de que es más fácil dar un adecuado seguimiento a su evolución y se pueden idear reglas de validación más acertadas. A cada dato capturado (archivos "D-" o "T-" es indispensable asociarle su grado de confiabilidad y completar lo más posible el campo de ACLARACION (fuentes de información, responsables, equipo o técnica usada, posibles discrepancias con otros datos, etcétera).

Luego de capturar los datos, habrá que correr las distintas rutinas de validación que ofrece el software. Lo siguiente será procesar la información, transformándola en índices. También se deben generar diferentes modelos de cuadros, gráficas y reportes que permitan una visión clara de los resultados alcanzados. Los informes deben someterse a revisión de distintas personas, con influencia en las decisiones de la empresa.

#### 5.1.6 Evolución de la confiabilidad de los datos

Además de las metas propias de los programas de mejoría del servicio de agua y alcantarillado a la ciudad, se deben fijar metas claras para aumentar la precisión —confiabilidad— de los datos reportados. El *SeeA* permite llevar un historial claro de esto y sería incongruente que la precisión no mejore con el tiempo.

#### 5.1.7 Validación y depuración de datos

Al correr las rutinas de validación seguramente se detectarán incongruencias entre las distintas fuentes de información, especialmente en los primeros meses de implantado el sistema. Será menester ahondar en los métodos con que cada área obtuvo sus datos, hasta establecer cual es la más confiable.

#### 5.1.8 Mejoras a la confiabilidad de la información

El desconocimiento, incongruencia o poca credibilidad en algunos datos, lleva a situaciones de incertidumbre cuando se trata de tomar decisiones importantes respecto a inversiones o campañas que pudieran hacerse para mejorar los sistemas o la recaudación de dinero por servicios de abastecimiento, alcantarillado o tratamiento.

Para resolver conflictos y pérdidas de tiempo futuras, es necesario aumentar la confiabilidad de la información y pudiera ser necesario adquirir equipos, desarrollar técnicas, girar oficios e impartir cursos de capacitación. Todo esto tiene un costo, del cual conviene llevar una estadística, con la que eventualmente se tendrán argumentos para decidir la conveniencia de *invertir para que el ejecutivo conforme sus decisiones con mayor seguridad y certeza*.

### 5.1.9 Procedimientos y equipos para generar información

El archivo *Ayudas\DAT-EQUI.DBF* o el *Ayudas\DAT-EQU\_A.DBF* (para básicos y adicionales, respectivamente), conforman una plataforma donde el operador puede ir estableciendo los diferentes niveles y metas de equipamiento y tecnificación requeridos en la empresa para los próximos años. Es importante tener claro el panorama de necesidades (equipos, investigaciones, costos) para aumentar la calidad de los datos.

Otro aspecto importante es la posibilidad de ligar el sistema de información gerencial con otros sistemas o paquetes de software que maneje la empresa, para eventualmente lograr un *sistema integral*, más versátil, rápido y confiable.

### 5.1.10 Mejoras y adiciones al sistema de información

Un buen operador deberá tener iniciativa y motivación para ampliar y mejorar el sistema de información gerencial. Se le pueden agregar nuevas rutinas, más reglas expertas, ampliar la estadística, etc. Lo importante es que todo ello tenga utilidad, así que también la búsqueda de aplicaciones es importante. Un sistema de esta índole será muy útil al generar planes de desarrollo de la empresa o planes regionales.

Además, recordar (ver sección 1.6) que el *SeeA* puede adaptarse a otras aplicaciones, no sólo para agua; así que puede servir en planes de desarrollo que involucren otros conceptos (alumbrado, pavimentación, drenaje pluvial, escuelas, etcétera).

## 5.2 Posibles módulos, rutinas y complementos

Muchas rutinas existentes en el *SeeA* pueden ampliarse y mejorarse fácilmente, con lo que es posible generar un sistema experto mucho más sofisticado y preciso. Posiblemente la labor de programación más fuerte ya está hecha y lo único que hay que hacer es adaptar subrutinas ya existentes. Lo que se refiere a ampliación, prueba y calibración de reglas expertas, es relativamente simple y no se precisa programar nada, ya que se dan como bases de datos y no en programas (ver sección 1.7).

Algunos módulos o subrutinas que eventualmente convendría agregar al *SeeA* son, por ejemplo:<sup>25</sup>

- Ampliar las rutinas de calificación de índices haciéndolas más especializadas. Hacer un resumen de los indicadores con calificaciones más bajas, agrupados por temática o área de la empresa. Asimismo, dar la posibilidad de listar los índices según su grado de confiabilidad (porcentaje de error implícito en su cálculo).
- Rutina para calcular un *macroíndice* equivalente a una calificación global promedio de la empresa (un simple promedio aritmético o un promedio pesado, según factores de ponderación), partiendo de las rutinas y reglas de calificación ya disponibles. Similarmente, tener calificaciones promedio por tema (institucional, comercial, técnico, atención a clientes, finanzas, etc.). Estas opciones pueden agregarse como parte del menú "3-7".
- Considerar parámetros e índices de auto-evaluación del sistema de información y control de la empresa, especialmente sobre evolución de la confiabilidad de la información. Se pueden generar rutinas que calculen y califiquen un *macroíndice* tal como: "*costo de inversión y mantenimiento del sistema de información*", dividido entre "*porcentaje de aumento global en el grado de confiabilidad de los datos manejados respecto al mes anterior*".<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> y \* Estas ideas fueron anotadas para la versión 2.0 del *SeeA* en diciembre de 1994, sin embargo algunas de ellas ya han sido parcialmente desarrolladas en la versión 2.7 (julio de 1995). Se trata de ideas que en los puntos donde la 2.7 avanzó respecto a la 2.0.

<sup>26</sup> El costo de inversión y mantenimiento debe incluir, desarrollo y ejecución de muestreos, adquisición y reparación de equipos analíticos y de medición, software y hardware; tiempos (salarios) de programación, procesamiento, supervisión y chequeo de datos, y cursos de entrenamiento de personal.

- \*-Hacer rutina de calificación para parámetros, aprovechando la información y metas de archivos *Rb-\_\_\_\_.dbf* y *Ra-\_\_\_\_.dbf*.
- Vaciar información relativa a costos y beneficios de aumentos en la calidad \_confiabilidad\_ del sistema de información (por ejemplo en archivos como *D&equip.dbf*).
- Rutinas especializadas para profundizar en el diagnóstico, propuesta y selección de acciones.
- \*-Evaluación financiera de alternativas de acción, es decir, agregar un módulo financiero al *SeeeA*.
- \*-Módulo predictor de demandas de agua (a mediano y largo plazo). La influencia de los volúmenes de agua demandados es trascendental en la mayoría de los programas que emprenda la empresa de agua, y por otro lado, los datos básicos o adicionales incluidos en el *SeeeA* (tarifas, habitantes servidos y no servidos, presión, habitantes por vivienda, porcentajes de fugas, etc.) seguramente permiten estimaciones apropiadas, lo que faltaría es adaptarles algoritmos y reglas apropiadas.
- \*-Ampliar rutinas para proyectar valores de índices hacia el futuro (rutinas de predicción, por ejemplo secuencia "*\$-4-F-I'*"). También ligar con rutinas expertas de "calificación" a esos índices, y para fijar y/o modificar metas a corto, mediano y largo plazos. Agregar rutinas para determinar las tasas de crecimiento requeridas para alcanzar tales metas, así como estimación de recursos humanos y financieros requeridos (ver comentario sobre "módulo financiero").
- Menú para generar, consultar, imprimir reportes periódicos (ver también sección 6.5).
- \*-Graficación y/o calificación de evolución de confiabilidad global, y por áreas, en la información manejada por el sistema.
- Herramientas para facilitar y mejorar la elaboración de mapas de representación geográfica de parámetros e índices en una región y la ubicación, por coordenadas, de los sitios a que corresponde cada dato. Posible liga con paquetes tipo GIS o CAD.
- Aplicación de "*información sobre sistemas informáticos de la empresa*". Es decir, formar base de datos y sistemas de consulta sobre diferentes paquetes y datos manejados en la empresa.
- Agregar subconjunto de parámetros e índices "adicionales" relativos a la maduración del sistemas de información en la empresa. De manera similar, otros subconjuntos como "nivel de atención a quejas del público", "mantenimiento y operación de equipos electromecánicos", "riesgos en el alcantarillado", "calidad de materiales", etcétera.
- Desarrollo de reglas expertas (tipo "disparos"), por temática específica. Por ejemplo: finanzas, desarrollo institucional, calidad del servicio, sistema de alcantarillado, atención a usuarios, etcétera.
- Hacer rutinas similares a las de priorización de acciones correctivas y programas de trabajo en la empresa que involucren, además del valor de los índices, su confiabilidad (porcentaje de error asociado en su cálculo). De igual forma, tener rutinas expertas, tipo "disparos", que involucren la confiabilidad. Todo esto se puede declarar como nuevas opciones en el menú "*\$-8*".
- Integración automática de estadística y actualización de archivos del tipo *Rb-\_\_\_\_.dbf* o *Ra-\_\_\_\_.dbf*.
- \*-Archivos tipo glosario de términos, especializados (cómputo, gerencia de empresas, infraestructura hidráulica urbana, sistemas informáticos, finanzas, etcétera).
- Directorio de colaboradores para integrar información de la empresa (adscripción, nombre, puesto, domicilio, teléfono, etcétera).
- Rutinas para consultar o actualizar subdirectorios y archivos creados por el operador del sistema (ver sección



### 3.1.2).

- "Macrorutina" para integrar un reporte periódico (mensual o anual). Es decir, que automáticamente, por sí misma, vaya corriendo e imprimiendo la mayoría de los elementos (separadores, textos, cuadros, gráficas) que se incluyen en un informe rutinario (ver sección 6.5 del manual). Sólo se dejarían los huecos o espacios donde es importante algún comentario, diagnóstico o conclusión directa del responsable.

## 6 Elementos de soporte del *SeeeA*

Para facilitar el manejo y enriquecimiento del sistema de información gerencial de la empresa, el *SeeeA* contiene varios elementos de apoyo importantes. Es decir, ofrece opciones que no sólo sirven al paquete mismo, sino que pueden emplearse aun si no se adopta por completo este software o no se usa con la frecuencia (mensual) sugerida en este manual. Entre los elementos de apoyo están:

- Identificación de programas (rutinas) específicos para ciertas tareas
- Definiciones de datos e índices
- Estadísticas "guía" para índices
- Modelos de valores de referencia y metas para parámetros
- Ayudas para cada rutina
- Búsquedas y textos según un listado temático
- Lista de datos básicos
- Lista de índices básicos
- Lista de datos adicionales (sugeridos)
- Lista de índices adicionales (sugeridos)
- Informes periódicos y especiales
- Glosario de términos
- Bibliografía y referencias

En este capítulo se explica como pueden aprovecharse algunos de estos elementos de apoyo. Se incluyen también listados de bases de datos asociadas a ellos.

### 6.1 Lista de rutinas en el *SeeeA* (secuencias de teclas)

La siguiente serie de cuadros presenta listados parciales de las bases de datos *auto-descriptivas* del *SeeeA*, que se alojan en el subdirectorío AYUDAS\ . Esta información, que también puede verse en la computadora con la opción "\$-9/- \*", resulta útil para identificar las rutinas más usuales y la manera corta (secuencia de teclas) para

correrlas, sin tener que leer cada menú o submenú intermediario. Se incluye el nombre del principal archivo de programa (.PRG) usado en cada caso<sup>1</sup>.

Cuadro 6.1.1 Opciones en menú # 1 (edición y acomodo de datos)

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA1.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Menú para manejo de datos mínimos	5-1	MENUDAT		
2	Crear o actualizar una base de DATOS para ciudad y año	5-1-A	EDITA-D-		
3	Completar un archivo D- con datos de tablas, tipo T-	5-1-A-T	COMP-TDM		
4	Chequeo de nombres y definiciones de parametros de Arch D-	5-1-A-C	ACTUAL-D		
5	Para edicion de datos secuencial, de un archivo existente D-	5-1-A-E	EDITA-D-		
6	Edicion de archivo D- existente, eligiendo antes los paramet	5-1-A-S	SEL-EDIT	AY-5-ed	
7	Borrar un archivo D- existente y generar uno nuevo (vicio)	5-1-A-N	EDITA-D-		
8	Regresar a menu de Preparacion y manejo de datos	5-1-A-X	EDITA-D-		
9	Generar o actualizar un archivo D- aprovechando archs T-	5-1-B	UNELOS		
10	Comparar y completar datos de D- con archivos T-	5-1-B-T	COMP-TDM		tiene FALLAS
11	Seleccionar que datos se quieren aprovechar desde tablas	5-1-B-S	SELEC-T		
12	Checar nombres y definiciones de un archivo D- existente	5-1-B-C	ACTUAL-D		OK
13	generar archivo D- nuevo e insertarle datos tomados de T-s	5-1-B-N	UNELOS		
14	Regresar a menu de Preparacion y manejo de datos	5-1-B-X	UNELOS		
15	Modificar o crear el archivo TABLA (T-xxxx dbf) de un param	5-1-C	ACTU-TAB		
16	Corregir o completar datos de una tabla T- YA existente	5-1-C-C	SELEC-T1		
17	Editar un archivo tabla T- como nuevo	5-1-C-N	SELEC-T1		
18	Regresar a menu de Preparacion y manejo de datos	5-1-C-X	ACTU-TAB		
19	Copiar datos de un archivo D- en otro D- o de un mes a otro	5-1-D	MENUDAT		OK
20	Copiar datos de un archivo D- en otro D- o de un mes a otro	5-1-D-J	COPI-DS		OK
21	REPETIR valores de algunos( a) parametros en otro(s) mes(es)	5-1-D-R	REPI-MES	Ay-S-RE	OK
22	Regresar a menu anterior ( a MENUDAT)	5-1-D-X	MENUDAT		OK
23	Conjuntar tabla tipo EH- (evolucion historica) de una ciudad	5-1-E	UNE-EVOL		OK
24	Conjuntar tabla tipo EH-, aprovechando solo archivos D-	5-1-E-D	UNE-EVOL		
25	Conjuntar tabla tipo EH-, aprovechando solo archivos T-	5-1-E-T	UNE-EVOL		
26	Conjuntar tabla tipo EH-, aprovechando archivos D- y T-	5-1-E-A	UNE-EVOL		
27	Completar o completar archivos T- con datos de un archivo D-	5-1-F	GENERA-T		
28	Completar o capturar CONFIABILIDAD de datos en un arch D-	5-1-G	CAPT_CON		
29	Capturar CONFIABILIDAD de D- Confiab vacias, individualmen	5-1-G-I-(s,x)-1	CAPT_CON		
30	Capturar CONFIABILIDAD de D- Datos no vacios, individualmen	5-1-G-I-(s,x)-2	CAPT_CON		
31	Capturar CONFIABILIDAD de D- Confiab vacias, agrupados	5-1-G-U-(s,x)-1	CAPT_CON		
32	Capturar CONFIABILIDAD de D- Datos no vacios, individualmen	5-1-G-U-(s,x)-2	CAPT_CON		
33	Actualizar archivo de valores Rb para una ciudad	5-1-H	ACTLZ_RX	AYU-ActR	OK
34	Actualizar un dato especifico del archivo Rb_ de una ciudad	5-1-H-D	SELEDAT	Ayu-ActR	
35	Actualizar un grupo de datos del archivo Rb_ de una ciudad	5-1-H-G	ACTLZ_RX	Ayu-ActR	
36	Actualizar todos los datos del archivo Rb_ de una ciudad	5-1-H-T	ACTLZ_RX	Ayu-ActR	
37	Actualizar todos los datos con COMENTARIOS del archivo Rb_	5-1-H-T-S	ACTLZ_RX	Ayu-actR	
38	Actualizar todos los datos VACIOS del archivo Rb_ de una ci	5-1-H-T-V	ACTLZ_RX	Ayu-actR	OK
39	Actualizar todos los datos del archivo Rb_ de una ciudad	5-1-H-T-T	ACTLZ_RX	Ayu-ActR	OK

F I N de archivo: C:RUTINA1.DBF

<sup>1</sup> Los nombre de programas fuente resultan muy útiles a quienes hagan ampliaciones o adaptaciones al *Seea* (ver sección 5.2). La copia normal del sistema no incluye esos programas fuente, sino una versión compilada y unida de los mismos. Para tenerlos deberá hacerse un convenio especial, con el IMTA.

**Cuadro 6.1.2 Opciones en menú para ADICIONALES**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA2.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Llega a menu de datos e indices adicionales	0-2	MENUADIC	Ayu-Men7	OK
2	Ir a menu para preparar DATOS adicionales	0-2-1	MenuDAT	Ayu-Men1	OK
3	Ir a menu para CONSULTAS (a datos e indices adicionales)	0-2-3	MenuCON	Ayu-Men3	OK
4	Ir a menu para CALCULAR INDICES (adicionales)	0-2-4	MenuIND	Ayu-Men4	OK
5	Ir a menu para VALIDAR datos e indices (adicionales)	0-2-5	MenuVAL	Ayu-Men5	OK
6	Ir a menu para GRAFICAR datos e indices (adicionales)	0-2-6	MenuGRAF	Ayu-Men6	OK
7	Cambiar a menu de DIAGNOSTICO y CALIFICACION (indices adici)	0-2-7	MenuDIAG	Ayu-Men7	OK
8	Entrar en menu de PROPUESTA de ACCIONES	0-2-8	MenuEXPE	Ayu-Men8	--- pendiente---
9	Entrar en menu de MANTENIMIENTO para ADICIONALES	0-2-9	MenuALBA	Ayu-men2	OK
10	Opciones de MANTENIMIENTO para ADICIONALES	0-2-2-(A,B,C, etc)	MenuALBA	Ayu-mena	OK
11	Regresar a menu principal del SeesA	0-2-0	MenuCOMP	AyudaMAX	OK
12	Salir al paquete DBASE (o al FOX-PRO)	0-2-0			OK
13	Salir al sistema operativo MS-DOS	0-2-2	MenuADIC		OK
14	Consultar ayuda para menu de datos e indices ADICIONALES	0-2-0	MENUADIC	AYU-MEN4	OK

F I N de archivo: C:RUTINA2.DBF

**Cuadro 6.1.4 Opciones en menú para CALCULOS**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA4.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	Arch_ayuda	avance
1	Menu para CALCULO de indicadores, resumen anual, tendencias	0-1	MENUIND		
2	Version lenta para calcular "indicadores de desempeño"	0-1-A	CALCULA	AYU-CALC	OK
3	Version lenta para calcular y mostrar indicadores	0-1-A-5	VER_INDX	AYU-CALC	OK
4	Version lenta para calcular e imprimir indicadores	0-1-A-P	CALCULA	AYU-CALC	OK
5	Version rápida para calcular indicadores de desempeño	0-1-B	CALC-IND	AYU-CA-I	pendiente
6	Version rápida para calcular y MOSTRAR indices	0-1-B-5	VER-INDX	AYU-CA-I	pendiente
7	Version rápida para calcular e IMPRIMIR indices	0-1-B-P	CALC-IND	AYU-CA-I	pendiente
8	Calcular indice promedio de varios archivos tipo I	0-1-C	PROM-IND	AYU-PR-I	OK
9	Calcular indices promedio de varias ciudades en un periodo	0-1-C-2	PROM-IND	AYU-PR-I	OK
10	Calcular indices promedio de varias ciudades en un periodo	0-1-C-3	VER_IN P	AYU-PR-I	OK
11	Calcular promedio de indices de varios años en un periodo	0-1-C-4	PROM-IND	AYU-PR-I	OK
12	Calcular promedio de indices de todos los archivos	0-1-C-5	PROM-IND	AYU-PR-I	OK
13					
14	Calcular o mostrar TASAS de crecimiento de datos	0-1-E	TASAS-ME		OK
15	Calcular TASAS PROMEDIO anual de datos EN UN PERIODO	0-1-E-2	TASAPROM		OK
16	Calcular tasas de crecimiento AÑO con AÑO para un país	0-1-E-3	TASACICL		OK
17	CONSULTAR tasas de crecimiento de datos en un periodo	0-1-E-4	TASACONS	AYU-TA-C	OK
18	GRAFICAR tasas de crecimiento de datos en un periodo	0-1-E-5	TASACI C	AYU-TA-G	OK
19	Calcular TENDENCIAS de evolucion de DATOS e INDICES	0-1-F	TEND-MEN		OK
20	Prediccion de Parametros a mediano o largo plazo	0-1-F-2	TENDprom		OK
21	Prediccion de valores de parametros a UN AÑO	0-1-F-4	TEND_mes		OK
22	Prediccion "SIMPLE" de INDICES a UN AÑO	0-1-F-5	TEND_SIN		OK
23	Prediccion "COMPLEJA" de INDICES a mediano o largo plazo	0-1-F-1	TEND_CIN		PENDIENTE
24	Regresar a menu anterior (a menu de calculo de indices)	0-1-E-1	TEND-MEN		OK
25	Generar resumen anual para datos mensuales de un archi	0-1-G	RESUM_AN	AYU-RESU	OK

F I N de archivo: C:RUTINA4.DBF

Cuadro 6.1.3 Opciones en menú para CONSULTAS

CONTENIDO del archivo: C:\RUTINA3.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Ir a menu de opciones para consultas	S-3-A	MENUCON	AYU-MENJ	OK (mensual)
2	Consultar o conocer archivos T- (tablas) existentes	S-3-B	SUBSIST	Ay-S-TA	OK
3	Tr a submenu para consultar indicadores, formulas, y guias	S-3-B-D	MENUCON	AYU-menj	OK
4	Ver lista de indicadores basicos, definiciones y val GUIA	S-3-B-F	SUBS-IND		
5	Ver formulas de cada indice, y la de error asociado	S-3-B-I	CONS-IND		
6	Imprimir el contenido del archivo I&Segmes	S-3-C	MENUCON		
7	Consultas a diversos elementos de apoyo y claves del SEEEA	S-3-C-C	CONS-CLA		
8	Consulta a claves de ciudades declaradas en el SEEEA	S-3-C-D	CONS-CLA		
9	Listar nombres, simbolos y unidades de parametros activos	S-3-C-E	CONS-CLA	AY-SeIDA	OK
10	Consulta a parametros, sus definiciones y tips de obtencion	S-3-C-E (1, 2 o 3)	SELEDAT	AY-SeIDA	
11	Consulta a parametros, sus definiciones y tips de obtencion	S-3-C-E	SELEDAT		
12	Consultar claves de CONFIABILIDAD (exactitud) de los datos	S-3-C-K	CONS-CLA		
13	Consultar claves de PRIORIDAD en las reglas de validacion	S-3-C-L	CONS-CLA		
14	Regresar a menu de CONSULTAS	S-3-C-X	CONS-CLA		OK
15	Salir del SEEEA y regresar a DBASE	S-3-C-Y	CONS-CLA		OK
16	Consultar o imprimir definicion de parámetros, uso en formul	S-3-D	IMP-DFR		
17	Imprimir las definiciones de los parametros (datos) base	S-3-D-D	IMP-DFR		OK
18	Imprime lista de los indicadores y formulas correspondientes	S-3-D-F	IMP-DFR		
19	Ver valores de referencia (GUIA) para INDICES	S-3-D-G	CONS-GUI	AYU-CO-G	ok
20	Ver valores GUIA para UN INDICE en particular	S-3-D-G-I	CONS-GUI	AYU-CO-G	ok
21	Ver todos los INDICES tengan o no explicacion extra	S-3-D-G-T-N	CONS-GUI	AYU-CO-G	ok
22	Ver valores guia que disponen de archivo de explicaciones	S-3-D-G-T-S	CONS-GUI	AYU-CO-G	ok
23	Entrar a menu para seleccionar REGLA experta a consultar	S-3-D-R	IMP-DFR		OK
24	Consultar archivo de SUGERENCIAS (valores, metas) de DATOS	S-3-D-S	CONS-RC	AYU-Co-R	OK
25	Imprimir lista de los parametros y formulas donde se usan	S-3-D-U	IMP-DFR		OK
26	Regresar a menu de CONSULTAS	S-3-D-X	IMP-DFR		OK
27	Consultar o imprimir VALORES CAPTURADOS o CALCULADOS	S-3-E	IMP-TDI		OK
28	Consultar datos _parametros_ complementarios (ADICIONALES)	S-3-E-C-C	VER-D-		OK
29	Imprimir datos _parametros_ complementarios (ADICIONALES)	S-3-E-C-1	VER-D-1		OK
30	Listar valores de un archivo tipo D- DBF (datos minimos)	S-3-E-D-C	VER-D-		OK ya es mensua.
31	Imprimir valores de un archivo tipo D- DBF (datos minimos)	S-3-E-D-1	VER-D-1		OK
32	Imprimir mes por mes los valores (indices) de un arch. I-	S-3-E-I-p	IMP-INDX		OK
33	Consultar indices y errores en arch "BASICOS\1"	S-3-E-I-g	VER-INDX		OK ya es mensua.
34	Imprimir valores (indices, errores) de arch "ADICIONA\1"	S-3-E-K-p	IMP-INDX		OK
35	Consultar valores (indices, errores) de arch "ADICIONA\1"	S-3-E-K-s	VER-INDX		OK
36	Consultar estadistica y metas (arch "Parametr\RD" o "RA")	S-3-E-M	CONS-RX	AYU-coRX	OK
37	Consulta a notas aclaratorias en un archivo "BASICOS\D-"	S-3-E-N	VER-N-		OK
38	Consulta a NOTA de un parametro ELEGIDO de un arch. D-	S-3-E-N-b-e	SELRC-D1		OK
39	Consulta a nota de UN parametro de arch "BASICOS\D-"	S-3-E-N-b-n	VER-N-		OK
40	Consulta a notas ACLARATORIAS en un arch "ADICIONA\D-"	S-3-E-J	VER-N-		OK
41	Consulta a nota de UN parametro de un arch "ADICIONA\D-"	S-3-E-J-b-n	VER-N-		OK
42	Consultar valores en un archivo tipo T- DBF ("Tabla")	S-3-E-T	IMP-TDI		OK
43	Regresar a menu de CONSULTAS	S-3-E-X	IMP-TDI		OK
44	Ver sugerencias de MODELOS de GRAFICAS	S-3-F	MODEGRAF		OK
45	Ver sugerencias de MODELOS de GRAFICAS para DATOS	S-3-F-D	SELGRAD		OK
46	Ver sugerencias de MODELOS de GRAFICAS	S-3-F-G	MODEGRAF		OK
47	Ver sugerencias de MODELOS de GRAFICAS para INDICES	S-3-F-I	SeleGraI		OK
48	Regresar a menu de CONSULTAS	S-3-F-X	MODEGRAF		OK
49	Conocer sugerencias de equipos y tecnicas para medir datos	S-3-G	COMOMEDI		OK
50	Conocer sugerencias de equipos y tecnicas para medir datos	S-3-G (1,2,3)	COMOMEDI		OK
51	Consultar evoluciones, tendencias, tasas de crecimiento	S-3-H	TASAS M2		incompleto
52	Ver simultaneamente datos anuales y tasas de crecimiento	S-3-H-C	TASACONS	AYU-TA-C	OK
53	Ver evolucion ANUAL de datos basicos en forma de TABLA	S-3-H-E	EH_CONS	AYU-EH-C	OK
54	Ver evolucion ANUAL de UN DATO basico en forma GRAFICA	S-3-H-G	PLOT EVD	Ayu-graE	OK
55	Consultar grafica con tasas anuales de crecimiento de DATOS	S-3-H-I	TasaCIC	AYU-TA-G	OK
56	Consultar grafica de evolucion MENSUAL de un INDICE	S-3-H-M	PLOT-IN1	AYU-GraI	OK
57	Regresar a menu de CONSULTAS	S-3-H-X	TASAS M2		OK
58	Submenu para elegir algun archivo de reglas para consulta	S-3-R	ELIJO_RE		OK
59	Imprime reglas en DAT-LOGI.DBF (para validar resumen anual)	S-3-R-1	ELIJO_RE		OK
60	Imprime reglas de validacion anual en archivo DAT-LOGI.DBF	S-3-R-1 (a,1,p,s)	ELIJO_RE		OK
61	Imprime reglas para revisar DATOS MENSUALES en MES-LOGI.DBF	S-3-R-2	ELIJO_RE		OK
62	Imprime reglas para revisar DATOS MENSUALES en MES-LOGI.DBF	S-3-R-2 (a,1,p,s)	ELIJO_RE		OK
63	Imprime reglas de revision de CAMBIO (evolucion) MENSUAL	S-3-R-3	ELIJO_RE		OK
64	Imprime reglas de revision de CAMBIO (evolucion) MENSUAL	S-3-R-3 (a,1,p,s)	ELIJO_RE		OK
65	Imprime reglas de validacion en revision "historica" de dats	S-3-R-4	ELIJO_RE		OK
66	Imprime reglas de validacion en revision "historica" de dats	S-3-R-4 (a,1,p,s)	ELIJO_RE		OK
67	Imprime reglas de validacion en revision "logica" de INDICES	S-3-R-5	ELIJO_RE		OK
68	Imprime reglas de validacion en revision "logica" de INDICES	S-3-R-5 (a,1,p,s)	ELIJO_RE		OK
69	Consultar REGLAS para PRIORIZAR ACCIONES CORRECTIVAS	S-3-R-6	CONS-R-P		ok
70	No consultar REGLAS para PRIORIZAR ACCIONES CORRECTIVAS	S-3-R-6-x	CONS-R-P		ok
71	Consultar REGLAS para PRIORIZAR ACCIONES CORRECTIVAS	S-3-R-6 (1,2, 9)	CONS-R-P		ok
72	Consultar REGLAS para PRIORIZAR ACCIONES segun 1 INDICADOR	S-3-R-6 (8)-1	CONS-R-P		ok
73	Consultar REGLAS --ACTIVAS-- para PRIORIZAR acc	S-3-R-6 (8)-T-N	CONS-R-P		ok
74	Consultar REGLAS --ACTIVAS-- para PRIORIZAR una ACCION	S-3-R-6 (8)-T-S	CONS-R-P		ok
75	Consultar REGLAS de CALIFICACION de indices con expert\1&gui	S-3-R-7	CONS-R-C		ok
76	Consultar REGLAS de CALIFICACION de indices con expert\1&ran	S-3-R-8	CONS-R-C		ok
77	Consultar REGLAS diversas tipo Expert\REG dbf	S-3-R-9	CONS-REX		ok
78	Consultar REGLAS de CALIFICACION de indices con expert\1&gui	S-3-R-X	CONS-R-C		ok
79	Regresar a menu PRINCIPAL del SEEEA	S-1-X	MenuCON		OK
80	Ayuda general para el menu de consultas	S-1-Y	AYU-GRAL	AYU-MENJ	desactualizado

F I N de archivo: C:\RUTINA3.DBF

**Cuadro 6.1.5 Opciones en menu para VALIDAR INFORMACION**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA5.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Ver menu de validacion y revision de datos e indices	5-5	MENUVAL		
2	Validar congruencia de datos mensuales o anuales	5-5-A	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
3	Revisar datos mensuales o anuales, con filtro en reglas	5-5-A-(5,6,7)	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
4	Revisar UN dato mensual o anual, filtro en reglas, sin altos	5-5-A-#-U-N	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
5	Revisar UN dato mensual o anual, filtro en reglas, con altos	5-5-A-#-U-S	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
6	Validar congruencia de datos, con filtros en reglas y Conf	5-5-A-#-T-(L,M,N)	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
7	Validar TODOS los datos, con 2 filtros y sin interrupciones	5-5-A-#-T-(1)-N	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
8	Validar TODOS los datos, con 2 filtros y con altos	5-5-A-#-T-(1)-S	VALID-LOG	AYU-VA-L	OK
9	Revision de evolucion mensual de datos de un archivo D- DBF	5-5-B	VALID_AÑO	AYU-VA-N	OK
10	Revision de datos mensuales de D- DBF, con filtro en reglas	5-5-B-(5,6,7)	VALID_AÑO	AYU-VA-N	OK
11	Revision de evolucion mensual de datos de un archivo D- DBF	5-5-B-#-T	VALID_AÑO	AYU-VA-N	OK
12	Revision de evolucion mensual de datos de un archivo D- DBF	5-5-B-#-U	VALID_AÑO	AYU-VA-N	OK
13	Revision de evolucion mensual de datos de un archivo D- DBF	5-5-B-#-T-(S,N)	VALID_AÑO	AYU-VA-N	OK
14	Validar evolucion historica de datos (varios años)	5-5-C	VALID_HIS	AYU-VA-H	OK
15	Validar evolucion historica de datos (varios años), filtros	5-5-C-#-T-(S,N)	VALID_HIS	AYU-VA-H	OK
16	Validar evolucion historica de UN dato (varios años), filtro	5-5-C-#-U-(S,N)	VALID_HIS	AYU-VA-H	OK
17	Validacion logica de indices calculados	5-5-D	VALID_IND	AYU-VA-I	OK
18	Validacion logica de Todos los indices calculados, con filtr	5-5-D-#-T-(S,N)	VALID_IND	AYU-VA-I	OK
19	Validacion logica de UN solo indicador, con filtros y altos	5-5-D-#-U-(S,N)	VALID_IND	AYU-VA-I	OK
20	Regresar al menu principal del SEEA	5-5-X	MENUVAL		OK
21	Ayuda para el menu de validacion	5-5-?	AYU-GRAL	AYU-MENS	requiere ajustes

F I N de archivo: C:RUTINA5.DBF

**Cuadro 6.1.6 Opciones en menu para GRAFICACIÓN**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA6.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Record#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Entra a menu de GRAFICACION y PRESENTACIONES	5-6	MenuGRAF	AYU-MENS	OK
2	Presentar (sugerir) diferentes modelos de graficas	5-6-A	MODEGRAF		OK
3	Presentar (sugerir) diferentes modelos de graficas	5-6-A-G	CATAL-g		OK
4	Presentar (sugerir) modelo de grafica para un DATO	5-6-A-D	SeleGrad		OK
5	Presentar (sugerir) modelo de grafica para un INDICE	5-6-A-I	SeleGraI		OK
6	Preparar datos para graficas en HARVARD GRA (1 ciudad, anual)	5-6-B	GrafDix		OK
7	Preparar datos para graficas en HARVARD GRA (varios años)	5-6-C	--pend-G		--pendiente ----
8	Preparar INDICES para grafica en HARVARD GRA (1 ciudad, anual)	5-6-D	GrafIixI		OK
9	Preparar INDICES para grafica en HARVARD GRA (varios años)	5-6-E	GrafIixV		----pendiente
10	REPRESENTACION GEOGRAFICA de INDICES en una REGION	5-6-F	GEO_INDI	AYU-Geof	OK
11	Graficar indices de varias ciudades	5-6-G			--- pendiente
12	Generar varias graficas de barras (simples) para DATOS	5-6-H	PLOT-DAT		OK
13	Generar varias graficas de barras (simples) para INDICES	5-6-I	PLOT-IND		OK
14	Acceder a 2° MENU de graficacion (mas opciones)	5-6-J	MAS-GRAP		OK
15	Listar MACROS disponibles para usarse en HARVARD GRAPHICS	5-6-J-A	LIS-MACK		OK
16	Graficar TASAS de crecimiento de DATOS en un periodo	5-6-J-C	TASACI_C	AYU-TA-G	OK
17	Graficar EVOLUCION HISTORICA de DATOS en un periodo	5-6-J-D	PLOT_Evd	AYU-gras	OK
18	Graficar barras mensuales para un PARAMETRO (dato)	5-6-J-H	PLOT_DAI	AYU-grad	OK
19	Graficar barras mensuales para un INDICE (banco o adicional)	5-6-J-I	PLOT_InI	AYU-grai	OK
20	Regresar al menu si de graficacion	5-6-J-X	MAS GRAP		OK
21	Ayuda para el menu de graficacion	5-6-?	MENUGRAF	AYU_menG	OK

F I N de archivo: C:RUTINA6.DBF

**Cuadro 6.1.7 Opciones en menú de DIAGNÓSTICO**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA7.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 14/12/94

Records#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Menu para tareas de DIAGNOSTICO de la empresa de agua	5-7	MENUDIAG	AYU-MEN7	OK
2	Calcular CALIFICACION GENERAL de la empresa	5-7-A	CALI-GR	AYU-calG	OK
3	Menu especifico para Priorizacion de acciones correctivas	5-7-C	SUMB PRI	AYU-	OK
4	Calculo de prioridad para algun tipo de accion	5-7-C-A	PRIO-ACC	AYU-	OK
5	Ajustes a reglas de priorizacion de acciones	5-7-C-B	ALJIS-REG	AYU-	OK
6	Consultas a reglas de priorizacion de acciones	5-7-C-D	CONS-R-P	AYU-	OK
7	Calcular y comparar prioridades de accion en varias empresas	5-7-C-F	CALC-VAR	---	PENDIENTE-----
8	Consultar GUIA de parametros y rangos para indices	5-7-E	CONS-GUI	---	OK
9	Submenú para generar o comparar CALIFICACIONES de INDICES	5-7-G	SUBM CAL	AYU-CO-G	OK
10	Calificar indices por su rango de valor Metas propias empr	5-7-G-R	EXP CLAS	AYU-EX-C	OK
11	Calificar indices contra valores GUIA (estadistica Otros)	5-7-G-S	EXP GUIA	AYU-EX-g	OK
12	Comparar dos archivos de calificacion de indices	5-7-G-T	EXP COMP	---	OK
13	Ayudas para el menu de diagnostico	5-7-?	MENUDIAG	AYU-MEN7	--pendiente
14	Regresar a menu principal (MENUCOMP o MENUADIC)	5-7-X	MENUDIAG	AYU-MEN7	OK

F I N de archivo: C:RUTINA7.DBF

**Cuadro 6.1.8 Opciones en menú ASESOR EXPERTO**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA8.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 02/01/95

Records#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Entrada al menu "asesor experto" (eval acciones correctivas)	5-8	MENUEXPE	---	OK
2	Consulta a estructura de archivos "Expert\reg" dbf	5-8-J	Ayu-EXP2	---	OK
3	Consultar algun archivo "Expert\reg" dbf	5-8-K	CONS-REX	---	OK
4	Consultar un archivo de resultados "Expert\DIS-ciud dbf"	5-8-L	CONS-DIS	---	OK
5	Consultas a claves usadas en archivos "expertos"	5-8-M	CONS-EXP	---	OK
6	Consultar claves GENERALES del SeeEA	5-8-M-G	CONS-EXP	---	OK
7	Consultar tipos de ACCIONES que puede proponer el sis	5-8-M-A	CONS-EXP	---	OK
8	Consultar claves de SUBSISTEMAS o AREAS de la EMPRESA	5-8-M-S	CONS-EXP	---	OK
9	Consultar claves de PRIORIDAD de las REGLAS	5-8-M-P	CONS-EXP	---	OK
10	Consultar claves de CONFIABILIDAD de las REGLAS	5-8-M-C	CONS-EXP	---	OK
11	Regresar a menu anterior	5-8-M-X	CONS-EXP	---	OK
12	Correr sistema experto y guardar resultados en Expert\DIS-	5-8-G	SIS-EXP2	-dentro-	OK

F I N de archivo: C:RUTINA8.DBF

**Cuadro 6.1.10 Opciones en menú para MANTENIMIENTO de ARCHIVOS**

CONTENIDO del archivo: C:RUTINA9.DBF

Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 03/01/95

Records#	rutina	secuencia	programa	arch_ayuda	avance
1	Menu para tareas de MANTENIMIENTO de archivos BASICOS	5-9	MENUDIVE	---	OK
2	Listar archivos base que deben estar disponibles	5-9-A	DIV-LIST	---	hay alternos ---
3	Actualizar indexaciones de archivos elementales	5-9-B	DIV-INDX	---	OK
4	Revisar CONGRUENCIA de Arch. PARAMETROS BASICOS esenciales	5-9-C	DIV-ACED	---	OK
5	Revisar CONGRUENCIA de Arch. INDICRS BASICOS esenciales	5-9-D	DIV-ACTI	---	OK
6	Copia de archivos importantes del SeeEA a disco duro	5-9-E	DIV-COPI	---	hay alternos
7	Alta a NUEVA ZONA o Copia de inf de ciudades a disco duro	5-9-F	MERUDIVE	---	OK
8	Declarar una NUEVA ciudad o zona	5-9-F-N	ALTACIUD	---	OK
9	Copia de informacion de ciudades a disco duro	5-9-F-C	DIV-RECO	---	pendiente--
10	Ajustar (hacer compatibles) unidades de datos recibidos	5-9-G	DIV-UNIT	---	pendiente--
11	Actualizar informacion (estadistica) de archivo GUIA dbf	5-9-H	ACT-GUIA	---	OK
12	Menu con MAS tareas de MANTENIMIENTO	5-9-I	MANTENIM	---	OK
13	Listar (imprimir) SECUENCIA (arbol) de rutinas del SeeEA	5-9-I-1	RUT_IMPR	---	OK
14	Reordenar alfabeticamente el archivo Alfabeti\TEMAS DBF	5-9-I-J	ALFA-ARR	---	OK
15	Regenerar el archivo Tablas\LIST-TAB dbf	5-9-I-Y	HNZ-AUXT	---	OK
16	Revisar parametros en RAZA BAS dbf o RAZA AD dbf	5-9-I-L	VERIP_RC	---	OK
17	Editar valores en archivo RAZA BAS dbf o RAZA AD dbf	5-9-I-M	ACTLE_RC	---	OK
18	Busqueda en base de datos sobre bibliografía de apoyo	5-9-I-N	BUSCADOR	---	OK
19	Cuantificación de cualquier formula, incluyendo imprecision	5-9-I-O	PRUE_ERR	---	OK
20	Comparar igualdad de campos MEMO de dos archivos diferentes	5-9-I-P	Mem_COMP	---	OK
21	Generar clave de seguridad de usuario	5-9-I-S	HAZCLAVE	---	OK
22	Regresar a menu anterior	5-9-I-X	MANTENIM	---	OK
23	Ayuda para el menu de mantenimiento	5-9-?	AYU-GRAL	AYU-MEN9	OK
24	Regresar a menu anterior	5-9-X	MENUDIVE	---	OK

F I N de archivo: C:RUTINA9.DBF

Cuadro 6.1.10 Opciones en menú de MANTENIMIENTO a archivos ADICIONALES

CONTENIDO del archivo: C:\...\AYUDAS\RUTINAA.DBF  
 Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 10/01/95

Record#	Rutina	Secuencia	Programa	arch_ayuda	avance
1	Entrar a menu de MANTENIMIENTO de ADICIONALES	S-2-#	MANUALBA		
2	DAR de ALTA a un nuevo parametro "dato adicional"	S-2-#-A	ALTA_D	AYU-AL-D	OK
3	DAR de BAJA a un parametro "dato adicional" existente	S-2-#-B	BAJA_D	AYU-BA-D	OK
4	DAR de ALTA a un INDICE ADICIONAL (nuevo indicador)	S-2-#-C	ALTA_I		---- pendiente
5	DAR de BAJA a un INDICE ADICIONAL (declarado anteriormente)	S-2-#-D	BAJA_I		---- pendiente
6	Revisar un dato o indice, ADICIONAL o BASICO	S-2-#-E	MANUALBA		OK
7	Revisar un dato (parametro) BASICO	S-2-#-E-D-B	CHECA_D		OK
8	Revisar un dato (parametro) ADICIONAL	S-2-#-E-D-A	CHECA_D		OK
9	Revisar un INDICE BASICO	S-2-#-E-I-B	CHECA_I		OK
10	Revisar un INDICE ADICIONAL	S-2-#-E-I-A	CHECA_I		OK
11	Cambiar de SUBDIRECTORIO un PARAMETRO o INDICE	S-2-#-F	MANUALBA		OK
12	Cambiar un PARAMETRO de ser BASICO a ser ADICIONAL	S-2-#-F-D-B-A	TRASLA_D		OK
13	Cambiar un PARAMETRO de ser ADICIONAL a ser BASICO	S-2-#-F-D-A-B	TRASLA_D		OK
14	Cambiar un INDICE de ser BASICO a ser ADICIONAL	S-2-#-F-I-B-A	TRASLA_I		OK
15	Cambiar un INDICE de ser ADICIONAL a ser BASICO	S-2-#-F-I-A-B	TRASLA_I		OK
16	Revisar congruencia de archivos esenciales sobre DATOS ADIC	S-2-#-G	DIV_D_A		OK
17	Revisar congruencia de archivos esenciales de INDICES ADICI	S-2-#-H	DIV_I_A		OK
18	Revisar congruencia de Archivos D-1: de una ciudad elegida	S-2-#-I	DIV_CIU_D		OK
19	Reindexa archivos de apoyo importantes para ADICIONALES	S-2-#-J	ADI-INDX		OK
20	ACTUALIZA la GUIA de valores para INDICES ADICIONALES	S-2-#-K	ACT-GUIA		OK
21	Ver texto de AYUDA para el menu de ALTAS y BAJAS (MANUALBA)	S-2-#-?	AYU-GRAL	AYU-MEN#	OK
22	Regresar a menu anterior	S-2-#-X	MANUALBA		OK

F I N de archivo: C:\...\AYUDAS\RUTINAA.DBF

Cuadro 6.1.11 Opciones en menú de AYUDAS PRINCIPALES

CONTENIDO del archivo: C:\RUTINAY.DBF  
 Impreso con programa: RUT\_IMPR.PRG fecha: 05/01/95

Record#	Rutina	Secuencia	Programa	arch_ayuda	avance
1	Presenta MENU GENERAL de AYUDAS	S-?	AYUDAMAX		OK
2	Consultar Objetivo de PLANEAR y de INDICES de GESTION	S-?-1	AYUDMA1	AY-PROY	OK
3	Consultar SUGERENCIAS de CONTENIDO para un informe tipo	S-?-S	AYU-GRAL	AYU-CONT	OK
4	Consultar descripcion del sistema de computo SeseA	S-?-2	AYUDMA2	AYU-SIST	OK
5	Consultar secuencia de uso del SeseA y menus componentes	S-?-3	AYUDMAJ		OK
6	Explicacion de secuencia (pasos) para emplear el SeseA	S-?-3-A	AYUDMAJ	AYU-SECU	OK
7	Consultar opciones y uso del menu DATOS del SeseA	S-?-3-1	AYUDMAJ	AYU-MEN1	OK
8	Consultar opciones y uso de menu ADICIONALES del SeseA	S-?-3-2	AYUDMAJ	AYU-MEN2	OK
9	Consultar opciones y uso de menu CONSULTAS del SeseA	S-?-3-3	AYUDMAJ	AYU-MEN3	OK
10	Consultar opciones y uso de menu de CALCULOS	S-?-3-4	AYUDMAJ	AYU-MEN4	OK
11	Consultar opciones y uso de menu de VALIDACION	S-?-3-5	AYUDMAJ	AYU-MEN5	OK
12	Consultar opciones y uso de menu de GRAFICACION	S-?-3-6	AYUDMAJ	AYU-MEN6	OK
13	Consultar opciones y uso de menu de DIAGNOSTICO	S-?-3-7	AYUDMAJ	AYU-MEN7	OK
14	Consultar opciones y uso de menu de PROPUESTAS de ACCION	S-?-3-8	AYUDMAJ	AYU-MEN8	OK
15	Consultar opciones y uso de menu de MANTENIMIENTO a BASICOS	S-?-3-9	AYUDMAJ	AYU-MEN9	OK
16	Consultar opciones de menu de MANTENIMIENTO a ADICIONALES	S-?-3-#	AYUDMAJ	AYU-MEN#	OK
17	Consultar opciones de menu de AYUDAS PRINCIPALES del SeseA	S-?-3-?	AYUDMA1	AYU-MEN#	OK
18	Ver figura de diagrama de flujo para utilizar el SeseA	S-?-4	AYUDAMAX	--- exe	OK
19	Opciones para consultar secuencias de teclas / programas	S-?-?	RUT_CONS		OK
20	Consulta a una secuencia del menu de DATOS	S-?-?-1	RUT_CONS		OK
21	Consulta a una secuencia del menu de ADICIONALES	S-?-?-2	RUT_CONS		OK
22	Consulta a una secuencia del menu de CONSULTAS	S-?-?-1	RUT_CONS		OK
23	Consulta a una secuencia del menu de CALCULOS	S-?-?-4	RUT_CONS		OK
24	Consulta a una secuencia del menu de VALIDACION	S-?-?-5	RUT_CONS		OK
25	Consulta a una secuencia del menu de GRAFICACION	S-?-?-6	RUT_CONS		OK
26	Consulta a una secuencia del menu de DIAGNOSTICO	S-?-?-7	RUT_CONS		OK
27	Consulta a una secuencia del menu de PROPUESTA de ACCIONES	S-?-?-8	RUT_CONS		OK
28	Consultar una secuencia de menu de MANTENIMIENTO a BASICOS	S-?-?-9	RUT_CONS		OK
29	Consultar una secuencia de menu de MANTENIMIENTO a ADICIONAL	S-?-?-A	RUT_CONS		OK
30	Consultar una secuencia de menu de AYUDAS PRINCIPALES	S-?-?-Y	RUT_CONS		OK
31	Presenta otro menu, para buscar palabras o ver temas	S-?-5	AYUDMA1		OK
32	Ver indice tematico (alfabetico de materias) y manual usuar	S-?-5-A	ALFA1		OK
33	Busquedas de Archivos de texto para ayudas	S-?-5-B	BUSCATXT		OK
34	Busquedas de temas (palabras) y rutinas que tratan sobre eso	S-?-5-C	BUSCALFA		OK
35	Identificacion de uso y proposito de algun programa	S-?-5-D	BUSCAPRG		OK
36	Busquedas de palabras en el MANUAL de USUARIO del SeseA	S-?-5-E	BUSCAMAN		OK
37	Busqueda en GLOSARIO de terminos	S-?-5	GLOSARIO		OK
38	AutoDemostracion de algunas rutinas del SeseA	S-?-A	DEMOSTRA		OK
39	Regresar al menu principal del SeseA (salir de AYUDAMAX)	S-?-X	AYUDAMAX		OK
40	Auto-descripcion del menu de ayudas	S-?-?	AYU-GRAL	Ayu-menY	OK

F I N de archivo: C:\RUTINAY.DBF



## 6.2 Definiciones, listados y estadísticas

### 6.2.1 Definiciones de datos e índices

Los parámetros ("datos") *básicos o adicionales* incluidos en el *SeeeA*, son manejados eventual o rutinariamente por la mayoría de empresas de agua, sin embargo, la concepción de algunos de ellos pudiera variar de una persona a otra. Por lo cual es fundamental entender claramente la definición de cada dato que se vaya a capturar y manejar.

De igual forma, cada índice se genera a partir de una fórmula en función de los datos capturados, por lo que es recomendable comprender bien la definición de cada índice y su significado matemático. Algunas rutinas de consulta (por ejemplo "\$-3-C-E"), permiten ver las definiciones. Además, cada que se elige algún parámetro o índice en algunas tareas, aparecerá en primer término su definición y unidad de medida, como recordatorio de la importancia de apegarse a ellas.

### 6.2.2 Lista de datos básicos

En la siguiente tabla aparecen los *datos (parámetros) básicos* considerados en el *SeeeA* (versión 1994), a partir de los cuales se calculan los "indicadores" de eficiencia de la empresa de agua.

Cuadro 6.2.2 Parámetros básicos incluidos en el *SeeeA*

Identificación del DATO	UNIDAD de medida
<b>GENERALES</b>	
g1 Año *	.....
g2 Nombre ciudad *	.....
g3 Nombre empresa **	.....
g4 Siglas **	.....
g5 Notas y aclaraciones ***	.....
g6 Salario mínimo en la zona	N\$/mes-empleado
<b>COMERCIALES</b>	
c1 Facturación media mensual por vivienda	N\$/mes-casa
c2 Cargo medio por alcantarillado	N\$/mes-vivienda
c3 Cargo medio por tratamiento	N\$/mes-vivienda
c4 Facturación total anual	miles N\$/año
c5 Ingresos operacionales	miles N\$/año
c6 Ingresos por agua potable	miles N\$/año
c7 Recaudación total anual	miles N\$/año
c8 Cuentas de deudores por servicio	miles N\$/año
c9 Volumen consumido medido	hm <sup>3</sup> /año
c10 Volumen facturado	hm <sup>3</sup> /año
c11 Tomas con medidor	tomas
c12 Tomas con medidor operando	tomas
c13 Tomas domésticas con medición	tomas
c14 Tomas domésticas totales	tomas
c15 Estructura tarifaria tipo	clave %, %

\* El año y el nombre de la ciudad quedan bien identificados en el archivo de apoyo "D", además de que el nombre de la ciudad (o algún sector de ella), se establece en el archivo de apoyo *CLAV CIU.dbf*. Por lo tanto, deberían eliminarse de los archivos de datos "básicos" sin embargo, la actual versión del *SeeeA* los conserva, como medida de seguridad.

\*\* Este dato sólo es importante para organismos reguladores (como el organismo de agua y saneamiento, CNA, etc.), que controlen a varias empresas. Para la misma empresa este dato dejaría de ser "básico". En la estructura de la base de datos *CLAV-CIU.dbf* hay campos para anotar esta información, así como siglas de la empresa, los datos de la ciudad y su delimitación.

\*\*\* Este registro, aunque no contendrá valores propiamente dichos, sirve para especificar (mediante claves, pues tampoco los campos son grandes), el origen, método, etc., de los datos en el *MES* en consigna. Por ejemplo, quién recopiló, capturó, procesó o validó. Así como criterios genéricos para algunas claves de confiabilidad.

<p><b>FINANCIEROS</b></p> <p>f1 Erogación total anual  f2 Gastos en energía eléctrica  f3 Gastos en sobrecargos de energía eléctrica  f4 Gastos exclusivos para agua potable  f4 Gastos operacionales  f5 Subsidios para inversiones</p>	<p>miles N\$/año  miles N\$/año  miles N\$/año  miles N\$/año  miles N\$/año  miles N\$/año</p>
<p><b>INSTITUCIONALES</b></p> <p>i1 Antigüedad media de jefes  i2 Número de mandos gerenciales  i3 Personal administrativo y técnico  i4 Profesionistas  i5 Recursos humanos</p>	<p>años  empleados  empleados  empleados  empleados</p>
<p><b>TÉCNICOS</b></p> <p>t1 Energía eléctrica usada  t2 Ingreso medio mensual por vivienda  t2 Número de acciones de mantenimiento alcantarillado</p> <p>t3 Número de reportes de alcantarillado  t4 Conexiones de alcantarillado  t5 Habitantes por vivienda  t6 Horas de servicio regular  t7 Operación de plantas de tratamiento  t8 Presión media en la red de agua potable  t9 Consumo medio por vivienda  t10 Población beneficiada con inversiones  t11 Población con saneamiento alterno  t12 Población servida con agua potable</p> <p>t13 Población servida con alcantarillado  t14 Población total  t15 Producción de agua  t16 Suministros realmente medidos  t17 Volumen tratado de agua residual  t18 Volumen de agua desinfectada  t19 Tomas de agua potable</p>	<p>KWhr/año  N\$/mes-casa  Nº acciones/año</p> <p>Nº rep/año  descargas  hab/casa  horas/año  horas/año  m de col. agua  m3/mes-casa  miles habitantes  miles habitantes  miles habitantes</p> <p>miles habitantes  miles habitantes  hm<sup>3</sup>/año (10<sup>6</sup> m3)  hm<sup>3</sup>/año  hm<sup>3</sup>/año  hm<sup>3</sup>/año  tomas</p>

### 6.2.3 Lista de índices básicos

El siguiente cuadro presenta los *índices básicos* propuestos por el *SeeaA*. Cada uno se calcula con los datos básicos, según la expresión aritmética de la segunda columna. Se presentan clasificados —no rigurosamente— por el área o materia en que mejor reflejan el desempeño de la empresa de agua.

Cuadro 6.2.3 Relación de índices básicos incluidos en el *SeeaA*

CALIDAD del SERVICIO	
s1 Cobertura de agua potable	$(\text{pobl. atendida con toma de A P} / \text{pobl. total}) * 100$
s2 Cobertura de alcantarillado	$(\text{pobl. atendida con Alc.} / \text{pobl. total}) * 100$
s3 Cobertura de saneamiento alternativo	$(\text{pobl. atendida con otros sist.} / \text{pobl. total}) * 100$
s4 Atención municipal	$(\text{localidades atendidas} / \text{total loc. en el mpio}) * 100$
s5 Dotación	$(\text{vol. agua producido} / \text{No. hab. servidos}) / 0.365$
s6 Peso de la tarifa	$(\text{facturación media por vivienda} / \text{salario mínimo}) * 100$
s7 Tarifa media por m <sup>3</sup>	$\text{facturación total} / \text{volumen facturado}$
s8 Costo medio por m <sup>3</sup> facturado	$\text{gastos operacionales} / \text{volumen facturado}$
s9 Costo medio por m <sup>3</sup> producido	$\text{gastos operacionales} / \text{volumen producido}$
Aspectos de OPERACIÓN	
o1 Nivel de medición de suministros	$(\text{volumen medido en fuentes} / \text{volumen producido}) * 100$
o2 Capacidad de suministro actual*	$(\text{Volumen producido} / \text{demanda teórica actual}) * 100$
o3 Continuidad del servicio "a"	$(\text{horas del servicio regular diario de A. P.} / 24) * 100$
o4 Presión de servicio	$(\text{presión media en la red} / 15.1) * 100$
o5 Desinfección	$(\text{Vol. de agua desinfectado} / \text{Vol. producido}) * 100$
o6 Mantenimiento de alcantarillado	$\text{número de acc. manito} / \text{conexiones de alcantarillado}$
o7 Regularidad de tratamiento de ag. Negr.	$(\text{horas operación anual plantas de trat.} / 8760) * 100$
o8 Nivel de tratamiento	$(\text{volumen tratado} / \text{volumen facturado} * 0.85) * 100$
o9 Energía usada	$\text{energía eléctrica usada} / \text{vol. producido}$
o10 Eficiencia de uso de energía eléctrica	$(1 - \text{gastos sobrecargos} / \text{gastos energía eléctrica}) * 100$
Aspectos COMERCIALES	
c1 Agua no contabilizada	$(1 - \text{total m}^3 \text{ facturado} / \text{total m}^3 \text{ producido}) * 100$
c2 Cobertura de micromedición	$\text{tomas con medidor} / \text{total de tomas} * 100$
c3 Eficiencia de la micromedición	$(\text{medidores en función} / \text{medidores instalados}) * 100$
c4 Cobertura de medición doméstica	$(\text{medidores domést. instalados} / \text{usuarios domést.}) * 100$
c5 Nivel de medición de consumos	$(\text{vol. consumido medido} / \text{vol. facturado}) * 100$
Aspectos FINANCIEROS	
f1 Relación de operación	$(\text{gastos operacionales} / \text{ingresos operacionales}) * 100$
f2 Eficiencia en la cobranza	$(\text{recaudación} / \text{facturación anual}) * 100$
f3 Meses de facturación pendiente	$(\text{cuentas de deudores por servicio} / \text{facturación} \text{ anual}) / 12$
f4 Beneficio del subsidio para operación	$(\text{total de subsidios recibidos} / \text{gastos operacionales totales}) * 100$
f5 Subsidio para inversión	$\text{monto del subsidio para inver.} / \text{pobl. beneficiada}$
f6 Subsidio para operación de agua potable	$(\text{gastos en A. P.} - \text{ingresos por A. P.}) / \text{pobl. servida con A. P.}$
f7 Ingresos operacionales por agua potable	$\text{ingresos por agua potable} / \text{ingresos operac.} * 100$
f8 Ingresos operacionales por alcantarillado	$\text{ingresos por alcantarillado} / \text{ingresos operac.} * 100$
f9 Ingresos operacionales por saneamiento	$\text{ingresos por saneamiento} / \text{ingresos operac.} * 100$
f10 Incidencia de la energía eléctrica	$(\text{gastos en energía eléct.} / \text{gastos operacionales totales}) * 100$
Aspectos INSTITUCIONALES	
i1 Nivel gerencial	$\text{Número de gerentes} * \text{antigüedad promedio} / \text{población total}$
i2 Relación de profesionales	$(\text{no. de profesionales} / \text{no. total de empleados}) * 100$
i3 Relación de personal administrativo	$(\text{no. personal administrativo} / \text{total de tomas}) * 1000$
i4 Empleados por cada 1,000 tomas	$(\text{total de empleados} / \text{total de tomas}) * 1000$

#### 6.2.4 Lista de datos adicionales (sugeridos)

Las definiciones de estos elementos y otra información (símbolo, subsistema, unidad) consultarla dentro del paquete de cómputo *SeeA*.

Cuadro 6.2.4 Relación de parámetros adicionales sugeridos

Nombre del dato <u>adicional</u>	Unidad de medida
<b>GENERALES</b> g1 Notas o aclaraciones <sup>1</sup>	
<b>ATENCIÓN A CLIENTES</b> a1 Días de respuesta promedio a2 Días de respuesta máxima (media 20% casos difíciles) a3 Tiempo para atención de cambio de dirección a4 Tiempo para dar copia de boleta o balance de cuenta	días días min/cliente min/cliente
<b>DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS</b> f1 Fugas reparadas al año	fugas/año
<b>MEDICIÓN Y COBRANZA</b> m1 Lecturas totales en el año m2 Personal lectorista m3 Aclaraciones en lecturas en el año m4 Boletas para cobro emitidas en el año	lecturas/año empeados lecturas/año boletas/año
<b>INSTITUCIONALES</b> i1 Personal del área comercial i2 Personal del área de mantenimiento y operación i3 Personal del área técnica	empleados empleados empleados
<b>TÉCNICOS</b> t1 Población atendida de clase muy pobre t2 Población atendida de clase baja t3 Población atendida de clase media t4 Población atendida de clase alta t5 Longitud de la red de tuberías de distribución t6 Superficie cubierta por la red de distribución de agua t7 Número de equipos de bombeo en el sistema	% de Pap % de Pap % de Pap % de Pap km km2 equipos

<sup>1</sup> Este registro, aunque no contendrá valores propiamente dichos, servirá para explicar (mediante claves, pues tampoco los campos son grandes), el origen, método, etc. de los datos en el MES en consideración. Por ejemplo quién recopiló, capturó, procesó o validó. Así como criterios genéricos para algunas claves de confiabilidad.

### 6.2.5 Lista de índices adicionales (sugeridos)

(Ver mayores datos sobre estos elementos, con del sistema de cómputo *SeeA*).

Cuadro 6.2.5 Relación de índices adicionales sugeridos

Índices adicionales	Fórmula	Descripción
<b>CALIDAD del SERVICIO</b> s1 Porcentaje de lecturas con verificación	$NecA/Nect * 100$	% Adimensional
<b>CONTROL de FUGAS</b> f1 Agua no medida por persona f2 Agua no medida por vivienda f3 Fugas por 100 km al año f5 % Pérdidas por fugas en la red f6 % Pérdidas por fugas en tomas domiciliarias	$\frac{(Vpa - Vcmed) * (10^6 / 365)}{(Pap * 1000)}$ $\frac{(Vpa - Vcmed) * (10^6 / 365)}{(Tap)}$ $Nlug / (Lred / 100)$ $subst(Efug, att("C", upperlefug)) / 3) * \% * \%$ $subst(Efug, att("D", upperlefug)) / 3) * \% * \%$	lt/hab/día lt/casavida fugas/100km/año % adimensional % adimensional
<b>Aspectos de OPERACIÓN</b> o1 Operac. y Mantto. por m3 entregado o2 Operac. y Mantto. por km de tubería o3 Operac. y Mantto. por propiedad	$Gope / Ventr * (1000 / 10^6)$ $Gope / Lred$ $Gope / Tap$	n\$/m3 año n\$/km-año n\$/propiedad-año
<b>Aspectos INSTITUCIONALES</b> i1 Contratos por empleado de área comercial i2 Equipos bombeo por empleado i3 Facturas emitidas por empleado área comercial i4 Lecturas por empleado al año i5 Medidores por lectorista al año i6 Personal operativo por 1,000 km de red i7 Personal técnico por 1,000 km2 de red	$Tap / Rcome$ $Neab / Ravm$ $Nbole / Rcome$ $Nlect$ $Imop / Rlect$ $Ravm / (Lred / 1000)$ $Rtecn / (Sred / 1000)$	tomas/empleado equipos/empleado boletas/empleado año lecturas/empleado año tomas/empleado/año empl/1000 km empl/1000 km2
<b>Aspectos FINANCIEROS</b> f1 Recaudación por propiedad	$Rape * 1000 / Tap$	n\$/contrato

### 6.2.6 Estadísticas "guía" para índices

El sistema contiene algunos valores estadísticos para indicadores nacionales e internacionales recopilados de diversas fuentes, que permiten tener una "guía" de comparación imparcial de cada índice obtenido por la empresa. Tales estadísticas "guía" son también utilizadas por el sistema en sus rutinas expertas para calificación y diagnóstico del desempeño de la empresa. La opción "\$-3-D-G" permite consultar tal estadística. La sección 3.3.8 explica esos archivos, sin embargo, aquí conviene enfatizar que las principales *decisiones* y *programas gubernamentales* en el estado, el país o internacionalmente, relacionadas con salud y servicios de abastecimiento y saneamiento urbano, se basan en integrar estadísticas, traducidas en *índices*, de muchos sitios y empresas de agua distintas. Por ello la importancia de que los *organismos cúpula* (instituciones del gobierno central), al igual que los miles de *empresas locales de servicio de agua* (que integran el "*cimiento de la pirámide informativa*"), se adapten a definiciones estándar, y valoren y comparen su desempeño o necesidades dentro de contextos homogéneos.

### 6.3 Ayudas para cada rutina

Los textos de comentarios y ayudas para cada rutina contribuyen a usar mejor del *SeeA*, al alentar el conocimiento y comprensión de cada tarea que hace el sistema. Algunas ayudas muestran la secuencia de teclas requerida para determinada actividad, y otras ofrecen ejemplos de los procedimientos, mediante *shows*. Los cuadros de la sección 6.1 incluyen los nombres de los archivos de ayuda relacionados a cada rutina. Con la rutina "\$-?-5-B" se puede buscar a qué programa está ligado determinado archivo ".TXT".

## 6.4 Búsquedas y textos por temas

Un elemento de apoyo importante, en el *SeeA*, es su opción para localizar y consultar desde la computadora algún párrafo del presente manual, relacionada a algún tema: palabra que el usuario elija. Las opciones "S-2-5-E" y la "S-2-5-A" permiten tales búsquedas, aunque de diferente forma (ver explicaciones en sección 4.1.1). La segunda modalidad puede, además, mostrar textos complementarios para algún tema, incluidos en el archivo "Alfabeti\TEMAS.dbf" (adicionales a los textos del subdirectorio Ayudas\ y a los de este manual).

N°	CAMPO	Tipo	longitud
1	TEMA	C	30
2	DESCRIPTOR	C	40
3	CONTROL	L	1
4	ARCHIVO TX	C	8
5	REFERENCIA	C	50
6	MENU	C	10
7	SECUENCIA	C	20
8	PAG-MANUAL	C	5
9	EXPLICACION	M	10

estructura de base de datos: C:\Alfabeti\TEMAS.dbf

La base de datos *TEMAS.dbf* tiene una ambiciosa estructura, como se ve en el cuadro adjunto. Actualmente tiene muchos huecos (falta de información), y más bien, se incluye como una facilidad para que el propio usuario la desarrolle paulatinamente, agregando ahí los temas que le interesen, sus comentarios, referencias y explicaciones. El *SeeA* simplemente le facilitará consultarla. Eventualmente, el IMTA creará una versión mejorada de la misma al integrar las aportaciones de diferentes usuarios.

## 6.5 Informes periódicos y especiales

El contenido de esta sección equivale a lo que mostrará el *SeeA* con su opción "S-2-S" (texto de ayuda "AYU-CONT.txt").

Los reportes verbales, pero principalmente los escritos, son la manera de mantener informadas a diferentes personas interesadas en los avances, erogaciones, problemas, metas, etc., que afectan a la empresa de agua y a la ciudadanía servida por ella.

Un informe no es un simple conjunto de datos. Debe aportar información que amplíe el conocimiento sobre algo, permita formar una opinión, y eventualmente apoye o justifique alguna decisión o acción. La utilidad del reporte estriba en la manera en que se organizan, presentan y sintetizan los datos. Los "índices" son una buena estrategia, sin embargo su presentación también requiere orden y método.

Para una empresa de agua y alcantarillado, son muchas las instancias a quienes las interesa recibir información, por ejemplo: su propio consejo administrativo, asociación de usuarios (grupo ciudadano), gobierno municipal, gobierno estatal, comisión estatal de agua y saneamiento, banco crediticio, así como diferentes instituciones federales o hasta internacionales (ver comentario sobre flujo y pirámide informativa en sección 6.2.6). El tipo de reportes para cada una puede variar, sin embargo siempre deberá mantenerse la ética de aportar datos reales y completos, aunque en un momento dado no favorezcan a la empresa ante alguna de esas instancias. Es decir, los datos siempre deben ser consistentes (los mismos para igual espacio geográfico, y de tiempo a que se referan). Es decir, nunca debe maquillarse u ocultarse la información a quien la solicite; simplemente debe presentarse en forma objetiva y fácil de entender, en dado caso argumentando las razones del incumplimiento de metas.

El *SeeA* facilita preparar, quizá, las más laboriosas partes de algunos reportes e incluso pudieran agregarse "macrorutinas" (ver sección 5.1.10) para integrar, con alguna facilidad, algunos de los tipos de reportes más frecuentes. Sin embargo, no sería deseable que la computadora genere un reporte al 100%; pues es importante que haya analistas que estén conscientes de su contenido y sientan la información, pues son ellos quienes deben a su vez transmitir la importancia de algún asunto para que se tomen las decisiones pertinentes. Asimismo, cada reporte debe ser discutido y analizado (por ejemplo, por la oficina de planeación y luego el consejo administrativo) con el fin de retroalimentarlo y enriquecerlo. Las partes más importantes de cualquier reporte serán siempre su resumen, sus conclusiones, avances y fallas más significativas, el planteamiento o reajuste de metas y las