

Capítulo 3

Propuesta de prototipo de un sistema hidrometeorológico transaccional que apoye a la toma de decisiones en Comisión Nacional del Agua

Proposal for a Prototype of a Transactional Hydrometeorological System that Supports Decision-Making in the National Water Commission

*Agustín Rodríguez Flores¹
Luis Alejandro Gazca Herrera²*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26001227>



¹ Alumno de la maestría en Gestión de las Tecnologías de Información en las Organizaciones de la Facultad de Contaduría y Administración, zS23000626@estudiantes.uv.mx

² Miembro del Núcleo Académico Básico de la maestría en Gestión de las Tecnologías de Información en las Organizaciones de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Veracruzana. Correo electrónico de contacto: lgazca@uv.mx

Resumen

En esta investigación, se analiza la problemática que se encuentra en el Departamento de Hidrometeorología en la región Golfo Centro, perteneciente a la Comisión Nacional del Agua. Dicha problemática radica en la falta de automatización y sistematización de reportes hidrometeorológicos que facilitan la toma de decisiones a personal directivo de la organización. .

Para esto se realiza la propuesta de diseño y desarrollo de un sistema hidrometeorológico que permita un registro y visualización de información de una manera más ágil, intuitiva y amigable; además coadyuve en la automatización de los diferentes procesos meteorológicos. Esto facilitará la elaboración de reportes en la temporada de lluvias.

La investigación contiene una metodología con enfoque cuantitativo, de tipo descriptiva. El instrumento de investigación para el diagnóstico inicial fue aplicado en el departamento de hidrometeorología, esto para conocer la realidad social del problema, donde se detallan los resultados encontrados. Este instrumento fue validado a través del juicio de expertos y el coeficiente de kappa de fleiss, diseñado bajo la escala de Likert con preguntas cerradas.

Introducción

Esta investigación aborda un panorama general de la problemática y sugiere una propuesta para el diseño y desarrollo de un prototipo de un sistema hidrometeorológico que sirva de apoyo a la toma de decisiones en el departamento de hidrometeorología de la Comisión Nacional del Agua en el Organismo de Cuenca Golfo Centro.

Inicialmente la gestión hidrometeorológica del Organismo de Cuenca Golfo Centro afronta retrasos en la producción de reportes para alertas ante lluvias intensas, ciclones y huracanes, porque existe “falta de automatización y sistematización en los procesos de recopilación, procesamiento y análisis de datos” provenientes de estaciones distribuidas en la región.

En respuesta, se plantea el diseño y desarrollo de un prototipo de un sistema que genere información hidrometeorológica de manera automatizada que sirva de apoyo a la toma de decisiones.

El Sistema Hidrometeorológico Golfo Centro (SHGC) captará lecturas en tiempo real, almacenará la base de datos corporativa y entregará reportes operativos y gerenciales al personal directivo.

La investigación adopta un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo; el diagnóstico inicial se aplicó mediante un cuestionario validado con el coeficiente de kappa de Fleiss y construido con escala Likert, lo que garantiza confiabilidad de los resultados.

El proyecto se alinea con la misión institucional de Conagua: “Administrar y preservar en cantidad y calidad las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes e implementar acciones para enfrentar los fenómenos hidrometeorológicos extremos” (Conagua, 2024), de modo que la automatización propuesta refuerza la capacidad de respuesta y la protección civil en la región.

Esta investigación está dividida en cinco apartados. En el primer apartado se pone en contexto la investigación, el planteamiento del problema, el objetivo de la investigación, el objeto de estudio, el campo de acción, los objetivos específicos y general, así como el motivo para realizar este proyecto de intervención.

En el apartado dos se muestra un estado del arte de la investigación donde se define el marco teórico y conceptual, donde se definen las bases y fundamentos que nos dan un punto de partida para realizar nuestro trabajo de investigación y a su vez una propuesta.

En el apartado tres se describe la metodología que se realizó en esta investigación, la operacionalización de variables, el diseño del instrumento, la validez del instrumento, la confiabilidad, así como la población de estudio y muestreo de esta.

En el apartado cuatro se relatan los resultados obtenidos de la investigación, con base en el instrumento aplicado.

En el apartado cinco se trata de nuestra investigación; en él se realiza un análisis, diseño y propuesta del prototipo del sistema hidrometeorológico, la forma en que se realizó el sistema, conclusiones y los trabajos futuros por realizar.

Marco teórico

Esta investigación se apoya en la Teoría General de Sistemas, cuyo principio central afirma que “un sistema está compuesto de varios elementos que se encuentran interrelacionados”. De acuerdo con Farrand Rogers (2005), esa interacción crea “una totalidad cuyas propiedades no son atribuibles a la simple adición de las propiedades de sus partes o componentes” (Arnold y Osorio, 1998), noción que respalda la integración de sensores, bases de datos y módulos de reporte dentro del SHGC.

La TGS distingue sistemas abiertos y cerrados; el SHGC corresponde a los primeros porque “integra intercambios permanentes con su entorno” mediante el flujo continuo de datos y la emisión automática de reportes (Arnold y Osorio, 1998). Esta cualidad sostiene la actualización constante requerida para emitir alertas oportunas.

La teoría de la información aporta el fundamento de confiabilidad. Su postulado indica que “el problema fundamental de la comunicación es reproducir en algún punto, ya sea exacta o aproximadamente, un mensaje seleccionado en otro punto” (Shannon y Weaver, 1949). El diseño del SHGC incorpora una interfaz que reduce distorsiones durante la transmisión de registros hidrometeorológicos.

Dentro de esa misma teoría, el transmisor “transforma o codifica esta información en una forma apropiada al canal”, mientras que el receptor “decodifica la señal transmitida en el mensaje original” (Baecker, 2017; López et al., 1995). Las estaciones automáticas ejecutan la primera función y el servidor central la segunda, con filtros que atenúan el ruido descrito por López et al. (1995).

La perspectiva climática otorga relevancia social a la automatización. El fenómeno se resume en la premisa: “existe un calentamiento global de la Tierra” causado por gases de efecto invernadero (Madrid Casado, 2021). La circulación general desplaza calor entre ecuador y polos y evita extremos inhabitables Jáuregui Ostos (2003), capturar esas variaciones regionales refuerza la gestión de riesgos en la cuenca Golfo Centro.

Marco conceptual

Las tecnologías de la información y la comunicación constituyen un eje estructural dentro de las organizaciones. A nivel interno, facilitan la conexión entre personas, procesos y procedimientos mediante “un sistema de comunicación interactiva que permite compartir recursos, información y servicios” (Aportela Rodríguez, 2007).

La noción de sistema de información se vincula con “un conjunto formal de procesos que, operado sobre una colección de datos estructurados de acuerdo con las necesidades de la organización, recopila, elabora y distribuye selectivamente la información necesaria para la operación y para las actividades de dirección y control” (Hernández, 2003). Esta definición sienta la base conceptual del SHGC, cuyo fin radica en suministrar lecturas hidrometeorológicas clasificadas y accesibles para la toma de decisiones.

En palabras de Johansen, “la cantidad de información que permanece en el sistema es igual a la información que existe más la que entra” (Johansen, 1975). Esta perspectiva confirma la necesidad de mantener flujos constantes y fiables entre estaciones y servidor meteorológico.

Organizar esos flujos requiere sistematización: “La sistematización de datos es necesaria para confirmar la calidad y confiabilidad de los datos” (Aranda et al., 2018). El proceso implica orden y clasificación con criterios estables, condición indispensable para que los algoritmos del sistema de información hidrometeorológica entreguen resultados coherentes.

La automatización complementa esa tarea al transferir “las tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos” (Saldíña, 2016). En el contexto del SHGC, la automatización reduce riesgos de error humano durante periodos de tormenta y eleva la velocidad de generación de reportes.

Desde la óptica funcional, Encarnación (2016) indica que un sistema de información “recolecta, procesa, almacena y luego distribuye la información” (Encarnación, 2016). Esa lógica se materializa en varios tipos: gerencial, estratégico y transaccional. El último resulta prioritario, ya que un sistema transaccional “mantiene un alto grado de exactitud” al capturar y procesar transacciones sin errores (Orion, 2025).

Método

El estudio adopta un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo que se implementa bajo un diseño no experimental para explorar el registro y elaboración de reportes en el departamento de hidrometeorología de la región Golfo Centro de Conagua. Esta metodología permite observar los procesos vigentes sin intervenirlos ni modificarlos. El fundamento cuantitativo se apoya en la premisa de Sampieri (2014): “el enfoque cuantitativo maneja la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”.

La estructura no experimental se justifica porque “se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza” (Sampieri, 2014).

La operacionalización de variables condujo al diseño de un cuestionario de seis dimensiones: tecnologías de la información, sistemas de información, registro, precisión, frecuencia de uso y reportes, con veinte ítems en escala Likert, cuyo objetivo es medir el registro y elaboración de reportes hidrometeorológicos.

El instrumento se estructuró tras un análisis conceptual que definió indicadores y descriptores para cada dimensión.

Previo a su aplicación, el cuestionario fue sometido a juicio de expertos. Esta técnica, descrita por Sampieri (2014) como “validez de expertos o face validity”, evalúa la coherencia, suficiencia, relevancia y claridad de cada ítem.

Para cuantificar la concordancia, se utilizó el coeficiente Kappa de Fleiss; para Sampieri (2014) es una práctica recomendada cuando “se requiere medir el grado de concordancia entre jueces expertos”.

Los resultados arrojaron valores de $K=.47$ en suficiencia, $K=.81$ en coherencia, $K=.76$ en relevancia y $K=.77$ en claridad, como se muestran en la ilustración 2, rango que indica desde concordancia moderada hasta muy buena, ilustración 1, lo que califica el instrumento como aceptable.

Ilustración 1. Interpretación del coeficiente de kappa de fleis

Tabla Interpretación del índice de Kappa de Fleiss

Interpretación del Índice Kappa (Torres, 2009)	
Valor de K	Fuerza de concordancia
< 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 – 1,00	Muy buena

Fuente: Fleiss, Torres y Pereda (2009).

Ilustración 2. Coeficiente de Kappa de Fleiss obtenido

Suficiencia	Coherencia	Relevancia	Claridad
K= .47	K=.81	K=.76	K=.77

Fuente: Elaboración propia.

La población objetivo comprende sesenta empleados operativos y ocho directivos del departamento de hidrometeorología. De acuerdo con la fórmula para población finita:

Ilustración 3. Cálculo de tamaño muestral obtenido

Parámetro	Insertar Valor	Tamaño de la Muestra	
N	68	"n"=	
Z	1.96	57.9016	
p	50%		
q	50%		
e	5%		
		$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$	
	65.3072		
	1.1279		
Tamaño de Muestra Buscado		Nivel de Confianza	Z alfa
Tamaño de la Población o Universo		99.70%	3
Parámetro estadístico que depende de N		99%	2.575
Probabilidad de que ocurra el evento		98%	2.33
Probabilidad de que no ocurra el evento		96%	2.05
Error de estimación máximo aceptado		95%	1.96
(1-p) Probabilidad de que no ocurra el evento		90%	1.645
		80%	1.28
		50%	0.674
		93%	1.81
		92%	1.75
		91%	1.663
		96%	2.06
		94%	1.71

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño muestral queda en cincuenta y ocho sujetos, tal como se muestra en la ilustración 3, manteniendo un nivel de confianza de 95 % y un margen de error del 5 %. Anderson et al. (1999) nos comenta que la validez y la confiabilidad del instrumento se afianzaron con los principios de Sampieri (2014): “La confiabilidad implica que el instrumento produzca resultados consistentes ante su aplicación repetida”.

Resultados

El principal objetivo de los resultados del análisis del instrumento de investigación es identificar y conocer el proceso de registro y elaboración de reportes meteorológicos. El cuestionario con seis dimensiones y veinte ítems se aplicó a 58 integrantes del departamento de hidrometeorología; los datos confirman que un prototipo de sistema hidrometeorológico solventa la lentitud actual.

En las variables demográficas, tal como se muestra en la ilustración 4, el grupo de 46 años en adelante representa 38 % de la plantilla del departamento, seguido por los rangos 26-35 años (29 %) y 36-45 años

(28 %). La participación femenina alcanza 41 % del total, mientras la formación académica se concentra en licenciatura (52 %) y posgrado (24 %).

Ilustración 4. Resultados variable categórica edad

Edad	Cantidad de respuestas	Porcentaje
18 a 25 años	3	5.17 %
26 a 35 años	17	29.31 %
36 a 45 años	16	27.58 %
46 en adelante	22	37.93 %
Total	58	100 %

Fuente: Elaboración propia.

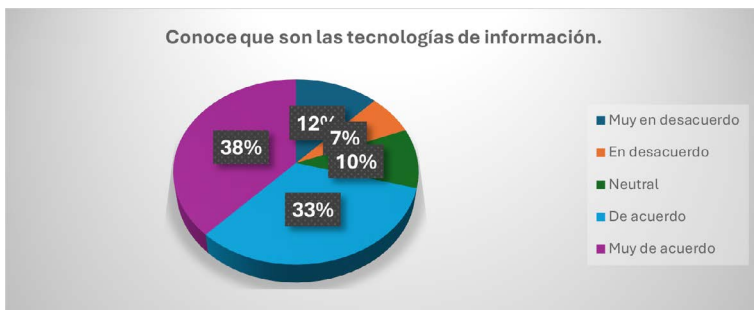
Tal como se muestra en la ilustración 5, la dimensión 1, Sistemas de información, muestra alta familiaridad: Sabe la importancia de tener un sistema de información hidrometeorológico que recolecte, almacene y procese los datos; 24 % se declara muy de acuerdo y 46 % de acuerdo.

Ilustración 5. Dimensión 1



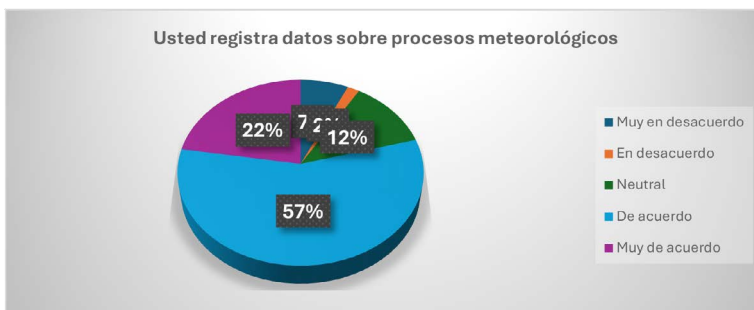
Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 6 se muestra que la dimensión 2, tecnologías de la información, conoce qué son las tecnologías de información; obtiene 38 % muy de acuerdo y 33 % de acuerdo; el 44.8 % manifiesta deseo de capacitación adicional.

Ilustración 6. Dimensión 2

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 7, la dimensión 3 Registro revela que 57 % declara registrar datos sobre procesos meteorológicos.

Ilustración 7. Dimensión 3

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a Precisión, dimensión 4, en la ilustración 8 podemos ver que 48 % afirma conocer en qué medida es preciso un reporte y 43 % valora la exactitud como requisito esencial.

Ilustración 8. Dimensión 4

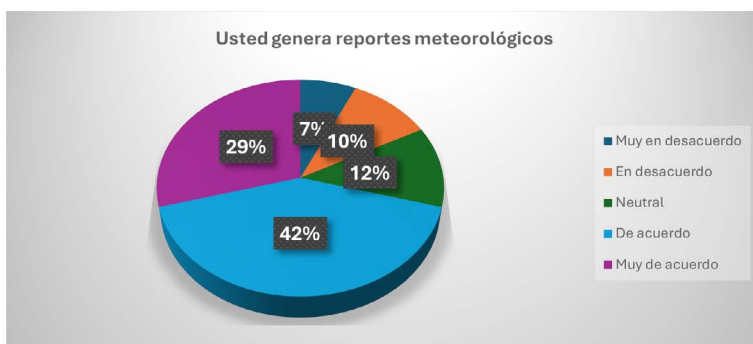
Fuente: Elaboración propia.

En Frecuencia de uso, dimensión 5, 47 % conoce los ciclos de generación de reportes, y 40 % declara visualizarlos o elaborarlos habitualmente, tal como se muestra en la ilustración 9.

Ilustración 9. Dimensión 5

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la ilustración 10, la dimensión 6 Reportes, 41 %, respalda la producción de reportes gerenciales para decisiones estratégicas, lo cual impacta en el desarrollo de este proyecto de intervención.

Ilustración 10. Dimensión 6

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones acerca de la contribución de la encuesta aplicada en la metodología

De acuerdo con la encuesta aplicada y los resultados obtenidos en la metodología, podemos inferir que la propuesta de un prototipo de un sistema de información puede impactar en mejores prácticas y uso de la información hidrometeorológica.

Los hallazgos permiten orientar el proyecto hacia la elaboración de un prototipo que funcione como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. La sistematización y automatización de los procesos impactarían directamente en la reducción de tiempos de respuesta, en la calidad de los reportes y en la capacidad del área para emitir alertas oportunas.

Los resultados confirman una clara oportunidad de mejora, donde existe la motivación y el capital humano necesarios, pero se requiere una herramienta que convierta los datos hidrometeorológicos en información precisa y oportuna.

La tendencia general indica aceptación del cambio: la mayoría valora la automatización, reconoce la necesidad de precisión y espera reducir los tiempos de emisión. Tales hallazgos sustentan la implementación del SHGC como respuesta viable y pertinente.

Propuesta

En este apartado se formula la solución tecnológica y de gestión del proyecto. El planteamiento descansa en que un sistema transaccional garantice captura, almacenamiento y procesamiento ágiles para generar reportes útiles en escenarios de riesgo.

El prototipo se construirá mediante el método de prototipado evolutivo, con la finalidad de realimentarlo y convertirlo en plataforma de futuras extensiones.

Los procesos hidrometeorológicos por sistematizar son:

- Registros de información en estaciones no automáticas.
- Reportes de niveles de río, de precipitación y temperaturas.
- Reporte general por estación.

Dentro del registro de interesados, se identifica a la Dirección General de Conagua, la Dirección Técnica y la Jefatura de Hidrometeorología como usuarios clave que brindarán dirección y validación continua durante el proyecto.

El objetivo del proyecto resume cuatro metas:

- Definir procesos meteorológicos a sistematizar
- Definir metodología de desarrollo
- Diseño de un prototipo de sistema hidrometeorológico
- Desarrollo de un prototipo de un sistema hidrometeorológico transaccional.

Estas metas se alinean institucionalmente con la protección de la población ante fenómenos hidrometeorológicos.

Para la gestión del proyecto se detallan alcance, cronograma, requisitos, entregables, exclusiones, restricciones, supuestos, riesgos iniciales, niveles de autoridad, catálogo de roles, ciclo de vida y estimación de costos. Este marco administrativo rige la ejecución y previene desviaciones.

El análisis técnico evalúa la hidrometeorología regional, el flujo de datos desde estaciones automáticas y manuales, y los procesos que requieren automatización, entre ellos la limpieza y preparación de registros hidrológicos antes de su visualización.

Respecto a la estrategia de desarrollo, se seleccionó un enfoque híbrido usando el modelo de prototipado evolutivo y la metodología ágil Scrum; esta combinación introduce iteraciones breves, mejora continua y participación del usuario en cada ciclo de trabajo. Según Grimson (2012), Scrum se sustenta en que “es un enfoque iterativo e incremental que estructura el desarrollo en ciclos cortos llamados sprints y se basa en la autoorganización del equipo”.

Las fases del proyecto abarcan ingeniería de requerimientos, diseño arquitectónico, diseño de componentes, prototipos de interfaz, diseño de base de datos, codificación, implementación, pruebas y despliegue. Según Pressman (2011), “El diseño arquitectónico representa la estructura general del sistema, identificando componentes de alto nivel y sus relaciones”.

El prototipo empleará un sistema transaccional, ya que “los sistemas de procesamiento de transacciones recopilan, almacenan, modifican y recuperan las transacciones de una organización”, de acuerdo con Pressman (2011). Esta naturaleza asegura integridad y exactitud, principios vitales para la emisión de reportes con valor operativo y estratégico.

Conclusiones

La investigación confirmó que la falta de automatización y sistematización en los procesos de recopilación, procesamiento y análisis de datos limita la capacidad de Conagua para emitir alertas hidrometeorológicas con la velocidad requerida. Se empleó un diseño cuantitativo descriptivo con un cuestionario de veinte ítems validados por juicios de expertos; el coeficiente Kappa de Fleiss registró concordancia entre moderada y muy buena, lo que aseguró confiabilidad de los resultados.

El análisis estadístico mostró aceptación amplia hacia la adopción de un sistema automatizado. La solución propuesta contempla un prototipo evolutivo construido con un marco híbrido que combina prototipado y Scrum, enfoque que facilita iteraciones cortas y la participación constante del usuario.

Los resultados proyectados indican que la generación de reportes y el aumento en la precisión de los datos son factores que fortalecen la toma

de decisiones en temporadas de lluvia; el 64 % del personal valora la función gerencial de los nuevos reportes y el 71 % ya elabora reportes operativos con frecuencia.

La ampliación del sistema hacia análisis predictivo con aprendizaje automático y la integración de modelos de calidad del agua son temas sugeridos para trabajos futuros. Este estudio demuestra la viabilidad técnica, organizacional y metodológica del sistema que automatiza procesos críticos, mejora la eficiencia operativa y contribuye a la protección de comunidades propensas a inundaciones.

Referencias

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (1999). *Introduction to statistics for business and economics* (5th ed.). South-Western.
- Aranda, N. G., González, C., & López, M. (2018). *Validación de datos hidrometeorológicos para modelos de predicción*. Instituto Nacional de Recursos Hídricos.
- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). *Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Baecker, D. (2017). *Teorías sistémicas de la comunicación*. Fondo de Cultura Económica.
- Comisión Nacional del Agua. (2024). *Funciones y objetivos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Encarnación, P. (2016). *Introducción a los sistemas de información*. Editorial Alfaomega.
- Farrand Rogers, C. (2005). *La teoría general de sistemas y su aplicación interdisciplinaria*. Editorial Trillas.
- Grimson, J. (2012). *Scrum y otras metodologías ágiles*. Alfaomega.
- IBM. (2024). *Guía de infraestructura tecnológica empresarial*. International Business Machines Corporation.
- Johansen, R. (1975). *Information systems theory*. Addison-Wesley.
- López, A., Martínez, P., & Reyes, S. (1995). *Fundamentos de la teoría de la información*. McGraw-Hill.

- Madrid Casado, C. M. (2021). Filosofía de la ciencia del cambio climático: Modelos, problemas e incertidumbres. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 20(41), 201-234. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3208>
- Orion. (2025). Transaction processing systems manual. Orion Press.
- Pressman, R. S. (2011). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación: Rutas cuantitativas y cualitativas* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Saldiña, J. (2016). *Automatización de procesos y gestión de datos*. Ediciones Tecnológicas.
- SciELO. (2007). *Las tecnologías de información y comunicación en función de la organización*. <https://www.scielo.org>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- TICS. (2021). Definiciones de TIC según diversos autores. *Revista TICS*.
- Thompson, A., & Strickland, A. (2004). *Gestión de tecnologías de la información en las organizaciones*. McGraw-Hill.
- Waterfield, J. (1998). *Management information systems: Concepts and practice*. Prentice Hall.