

EDITORES:

Ambrosio Toval Álvarez y Joaquín Nicolás Ros

ORGANIZADAS POR:



Departamento de Informática, Lenguajes y Sistemas
UNIVERSIDAD DE MURCIA

EN COLABORACIÓN CON:

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

SUBVENCIONADO POR:

Séneca (Centro de Coordinación de la Investigación de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia)
Instituto de Fomento de la Región de Murcia
RENOIR - Requirements Engineering Network of International Cooperating Research Groups (ESPRIT)
Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Murcia.
InfoMun (Asociación de Estudiantes de la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia)
Dpto. Informática, Lenguajes y Sistemas. Universidad de Murcia.
ADD Servicios Informáticos, S. A.
Facultad de Informática. Universidad de Murcia.
Colegio Profesional de Ingenieros en Informática de la Región de Murcia.

AUSPICIADO POR:

CajaMurcia (Caja de Ahorros de Murcia)

Primera edición, 1998

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *Copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© Los Autores

© DM

Librero-Editor
Merced, 25. 30001-Murcia
Tfnos. 968 24 28 29 / 968 23 75 78

I.S.B.N.: 84-95095-45-9

D.L.: MU-1.840-1998

Edición a cargo de: Diego Marín Librero-Editor, S.L.

COMITÉ DE PROGRAMA:

PRESIDENTE

José María Troya (Univ. Málaga)

MIEMBROS

Miren Idoia Alarcón	(Univ. Autónoma de Madrid)
Antonio de Amescua	(Univ. Carlos III)
Pere Botella	(U. P. Cataluña)
José Manuel Cuevas	(Univ. Oviedo)
Ray Fernández	(Univ. País Vasco)
J. R. Garitagoitia	(U. P. Navarra)
Julio González	(Telefónica)
Juan Hernández	(Univ. Extremadura)
Peter Hodgson	(Procs. UNO - PTA)
Natalia Juristo	(U. P. Madrid)
Gonzalo León	(U. P. Madrid)
José Manuel Marqués	(Univ. Valladolid)
Antoni Olivé	(U. P. de Cataluña)
Oscar Pastor	(U. P. Valencia)
José Parets	(Univ. Granada)
Mario Piattini	(U. C. La Mancha)
Miguel Toro	(Univ. Sevilla)
Milagros Torres	(El Corte Inglés)
Ambrosio Toval	(Univ. Murcia)
Juan Carlos Yelmo	(U. P. Madrid)

COLABORADORES EN EL PROCESO DE REVISIÓN:

Manuel Barrera	Adoración de Miguel
Carlos Canal	Ana M. Moreno
Manuel Díaz	Vicente Pelechano
Amador Durán	Ernesto Pimentel
Lidia Fuentes	Macario Polo
Fco. José Galán	Goiuri Sagarduy
Jaime Gómez	Andrés Silva
Emilio Insfrán	Jesús Torres
Nelson Medinilla	José A. Troyano
Manuel Mejías	Antonio Vallecillo

PRÓLOGO

El presente volumen contiene los trabajos presentados en las III Jornadas de Ingeniería del Software (JIS'98), celebradas en Murcia los días 11, 12 y 13 de noviembre de 1998.

Esta tercera edición supone la consolidación de este foro de encuentro, celebrado en sus ediciones anteriores en Sevilla (1996) y San Sebastián (1997). Sus objetivos principales han sido los de difundir los logros más relevantes en esta disciplina en los ámbitos académicos, empresariales y de la Administración y favorecer al máximo la participación de todos los asistentes.

Las III Jornadas de Ingeniería del Software se organizaron en 10 sesiones técnicas paralelas, una sesión técnica plenaria, tres conferencias invitadas y tres mesas redondas.

Para las sesiones técnicas se recibieron 64 trabajos, de los que se aceptaron 33 después de una ardua labor del Comité de Programa (CP), dado el número y calidad de las contribuciones enviadas. Cada trabajo fue evaluado por al menos dos miembros del CP y los autores tuvieron también la oportunidad de incorporar, en las versiones finales, las modificaciones recomendadas por los revisores. La sesión técnica plenaria, que se realizó por invitación, versó sobre el lenguaje MAUDE y corrió a cargo del Dr. Francisco Durán y del Dr. José Meseguer, investigadores en el SRI (*Stanford Research Institute*) de California.

Para las conferencias invitadas contamos con la presencia de personalidades prestigiosas en sus respectivas especialidades como el Dr. José Meseguer («Arquitecturas de Software desde una perspectiva formal») del SRI, ya citado anteriormente, el Dr. Stefano Ceri («Design Principles for Data-Intensive WEB Applications») del Politécnico de Milán y uno de los creadores de la metodología IDEA y finalmente el Dr. Robert Smith («SPICE and Software Process Improvement: Current Practice») del ESI (*European Software Institute*, con sede en Bilbao). La red europea de ingeniería de requisitos, RENOIR, apoyó la realización de estas conferencias, por lo que quisiera manifestar mi agradecimiento, al igual que al resto de entidades colaboradoras que con su contribución económica o de medios humanos y materiales permitieron la celebración de las jornadas.

Las mesas redondas trataron los temas de «Tesis doctorales en Ingeniería del Software», «La Ingeniería del Software en las empresas españolas» y «Dirección, gestión y planificación de proyectos» y fueron coordinadas respectivamente por los doctores Dr. Pere Botella, Dra. Idoia Alarcón y Dr. Francisco Sanchís. A todos los participantes en las mismas, quisiera desde aquí hacer constar también mi agradecimiento.

Estas jornadas no hubieran sido posibles sin el trabajo voluntario y desinteresado de muchas personas. A todos los miembros del comité de programa, a su Presidente, Dr. Jose María Troya y a D. Antonio Vallecillo, de la Universidad de Málaga, quisiera agradecer el esfuerzo realizado en todo el proceso de revisión de los trabajos, y a los miembros del comité organizador mi gratitud más sincera por el buen ánimo y las horas dedicadas a la realización de la multitud de tareas, muchas de ellas inimaginables en un principio, relacionadas con la organización de este tipo de eventos.

Murcia, noviembre 1998

Ambrosio Toval Álvarez
Presidente del Comité Organizador

CONTENIDOS

Mesas redondas

Tesis doctorales en Ingeniería del Software.

Coordina Dr. Pere Botella (Universidad Politécnica de Cataluña).

La Ingeniería del Software en las empresas españolas.

Coordina Dra. Idoia Alarcón (Universidad Autónoma de Madrid).

Dirección, gestión y planificación de proyectos.

Coordina Dr. Francisco Sanchís (Universidad Politécnica de Madrid).

Conferencias invitadas

SPICE and Software Process Improvement: Current Practice

Ponente: Dr. Robert Smith (European Software Institute. Bilbao.)

Arquitecturas de Software desde una perspectiva formal

Ponente: Dr. José Meseguer (Stanford Research Institute. California, USA.)

Design Principles for Data-Intensive WEB Applications

Ponente: Prof. Stefano Ceri (Dipartimento di Elettronica e Informazione. Politecnico di Milano, Italia)

Sesiones técnicas

Sesión técnica 1: Ingeniería de Requisitos

The notion of stimulus in database applications development 15

O. Díaz, J. Iturrioz5

On use case elicitation 27

O. Díaz, J.J. Rodríguez

Revisión de los Métodos de Perspectivas Múltiples para Análisis de Requisitos 37

A. M. Moreno, A. Silva

Sesión técnica 2: Calidad

Calidad del software en el entorno metodológico de MÉTRICA 55

L. Fernández, M. I. Alarcón

Método de evaluación del proceso software	67
<i>J. Andrade, J.M. Ares, O. Dieste, R. García, M. López, S. Rodríguez</i>	

Métricas de calidad y complejidad para bases de datos	79
<i>M. Polo, C. Calero, F. Ruiz, M. Piattini</i>	

Sesión técnica 3: Lenguajes y entornos de desarrollo

¿Desarrollo OO de Software Utilizando Herramientas RAD?	91
<i>R. Corchuelo, A. Durán, J. A. Pérez, M. Toro</i>	

Delegation versus Inheritance: a Mixed Approach in Smalltalk	103
<i>G. Sánchez, J. Parets</i>	

Integración de aserciones y concurrencia en Java	115
<i>M. Katrib, D. Fernández, F. Avila, E. Pimentel</i>	

Is Case Technology Still Alive?	127
<i>C. Ocampo, B. Albizuri, P. Botella</i>	

Propuesta de Interfaz Gráfica de Usuario homogénea para el diseño y la explotación de Sistemas de Información	141
<i>J.A. Carsí, S. Camilleri, J. H. Canós, I. Ramos</i>	

Sesión técnica 4: Reutilización, patrones y componentes

Influencia de las relaciones entre elementos software reutilizables en la generación de Mecanos	155
<i>F.J. García, J.M. Marqués, M.A. Laguna, J.M. Maudes</i>	

Manejando formalmente evolución de contratos de reuso con semántica de comportamiento	167
<i>R. S. Giandini, C.F. Pons, G. A. Baum</i>	

An Approach to Algorithm Design by Patterns	181
<i>J. Galve-Francés, J. García-Martín, J.M. Burgos-Ortiz</i>	

The Notifier: A Pattern solution for event notification	195
<i>J. Mederos, J. García, J. Galve-Francés</i>	

Factores de decisión para la reutilización de componentes software	207
<i>A. Lozano, A. Gómez-Pérez</i>	

Sesión técnica 5: Objetos distribuidos

Una Perspectiva Arquitectónica de la invocación estática en CORBA	219
<i>C.E. Cuesta, P. de la Fuente, M. Barrio</i>	

Roles y Coordinadores de Roles: Componentes de coordinación para objetos activos	231
<i>J. M. Murillo, J. Hernández, F. Sánchez, L.A. Álvarez</i>	

ActiveJava, un modelo de programación concurrente orientada a objetos	243
<i>L.A. Álvarez, J. M. Murillo, F. Sánchez, J. Hernández</i>	
 Sesión técnica 6: Métodos formales: aplicaciones y herramientas I	
Una aproximación a las pautas de representación de OASIS en un formalismo gráfico	255
<i>P. Sánchez, P. Letelier, I. Ramos</i>	
Una aproximación a la representación de OASIS gráfico en Redes de Petri Orientadas a Objetos	267
<i>P. Sánchez, P. Letelier, I. Ramos</i>	
Especificaciones de proceso para objetos y su representación en Lógica Dinámica	281
<i>P. Letelier, P. Sánchez, I. Ramos</i>	
 Sesión técnica 7: Experiencias reales en Ingeniería del Software	
Desarrollo de un sistema de venta en Internet	293
<i>A. Goitia, J. García, A. Cano, E. Blanco, J. Tuya, J.A. Corrales.</i>	
Marco de Trabajo Composicional para la Derivación de Servicios Multimedia	303
<i>M. Amor, M. Pinto, L. Fuentes</i>	
Proceso software simbiótico: validación y refinación	315
<i>S. Acuña, C. Lasserre, V. Quincoces, C. Afranille, F. Castillo, P. Gálvez</i>	
 Sesión técnica 8: Métodos formales: aplicaciones y herramientas II	
Verificación formal de especificaciones en UML	327
<i>J. L. Fernández, J. A. Toval</i>	
AlgChart: Una notación gráfica para especificaciones algebraicas modulares	339
<i>J. M. Cepeda, J. A. Toval</i>	
Especificación y deducción de propiedades temporales factibles. El sistema FDUX.	351
<i>J. Borrego, A. Fernández, M. Pérez</i>	
 Sesión técnica 9: Metodologías	
Invocación explícita vs invocación implícita: análisis comparativo de dos enfoques de diseño de S.I.	363
<i>J.R. López, C. Gómez, L.F. Fernández, A. Olivé</i>	
Actividades de gestión documental para la metodología MÉTRICA	375
<i>J.R. Hilera, L.A. González, J. M. Martínez, J. A. Gutiérrez</i>	
Obtención de reglas de gestión para proyectos de desarrollo de software (PDS)	387
<i>I. Ramos, J.C. Riquelme</i>	

Sesión técnica 10: Generación automática de código

Generación Automática de Código Java desde Especificaciones UML/OCL	399
<i>J.M. Cañete, F.J. Galán, M. Toro</i>	
Automatizando el paso de Diseño OO a Codificación mediante el uso de Metainformación basada en facets	411
<i>F.J. Zarazaga, S. Comella, J. Nogueras, J.Valiño</i>	

MÉTRICAS DE CALIDAD Y COMPLEJIDAD PARA BASES DE DATOS

Macario Polo, Coral Calero, Francisco Ruiz, Mario Piattini
{mpolo, ccalero, fruiz, mpiattin}@inf-cr.uclm.es

Grupo ALARCOS
Departamento de Informática
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ronda de Calatrava, 5
13071 Ciudad Real
ESPAÑA

tel: + 34 926 29 53 00 Ext 3715
fax: + 34 926 29 53 54

RESUMEN

Aunque las bases de datos son actualmente uno de los componentes más importantes de los sistemas de información, el estudio de medidas para controlar su calidad ha sido un área olvidada de investigación. La mayoría de los trabajos realizados sobre métricas se enfocan sobre todo a productos software "dinámicos" (programas). En este artículo, proponemos un conjunto de métricas para controlar la calidad y complejidad de bases de datos durante su ciclo de vida.

Palabras clave: Ingeniería del Software, Métricas, Calidad, Bases de Datos.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de métricas para bases de datos es un área olvidada de investigación (Sneed y Foshag, 1998). La mayoría de las métricas propuestas desde el famoso número ciclomático de McCabe (1976) hasta nuestros días se han centrado en la medida de la complejidad, calidad o mantenibilidad de programas. Sin embargo, en los sistemas de información actuales, la base de datos constituye un componente crucial, por lo cual consideramos que es necesario proponer y estudiar medidas de calidad para bases de datos.

En este sentido, Batini, Ceri y Navathe (1992) proponen un conjunto de atributos de calidad (compleción, corrección, minimalidad, expresividad, legibilidad, autoexplicación,

¹ Trabajo financiado parcialmente por el proyecto MANTEMA, desarrollado en colaboración con ATOS-ODS, S.A. (ATYCA-Dirección General de Tecnología y Seguridad del Ministerio de Industria y Energía) y el proyecto MANTICA (CICYT).

extensibilidad y normalidad), pero no proporcionan para ellos ninguna medida numérica. Del mismo modo, Reingruber y Gregory (1994) dan ciertas normas para construir diseños de bases de datos de alta calidad, pero sin referencias cuantitativas. Kesch (1991) constituye una excepción en este campo, ya que propone una serie de métricas para evaluar la calidad de esquemas conceptuales de bases de datos, pero a través de largos procesos manuales difícilmente automatizables. Gray et al. (1991), por otra parte, proponen un índice de normalización. Muy recientemente, Sneed y Foshag (1998) han propuesto factores cuantitativos, cualitativos y de complejidad para bases de datos heredadas (*legacy*).

En este artículo presentamos un marco completo y original para la medición de atributos de calidad en las etapas de diseño conceptual y diseño lógico, de manera que las métricas que proponemos siguen la filosofía de la norma ISO 9126 (ISO, 1994), en la que, por otra parte, se considera que la calidad depende de varios factores. El conjunto de factores de calidad que empleamos en este trabajo utiliza los propuestos por Batini et al. (1992) complementados por otros que nosotros proponemos, todos ellos enfocados hacia la mantenibilidad de bases de datos. Como es bien sabido la calidad, complejidad y mantenibilidad de los programas depende en gran medida del diseño de la base de datos que manejan, por lo que resulta muy útil disponer de métodos para estimar la calidad de éstas, sobre todo si tenemos en cuenta que el mantenimiento de software es el problema más importante de los departamentos de informática de las organizaciones y que requiere gran atención por parte de la comunidad de la ingeniería del software (Pigosky, 1997)

Este artículo está organizado como sigue: en la sección 2 exponemos un conjunto de métricas para esquemas conceptuales. En la sección 3 proponemos otra serie de métricas para esquemas lógicos. Las métricas son aplicadas a un ejemplo en la sección 4. Por último, resumimos el artículo y exponemos nuestras conclusiones.

2. MÉTRICAS PARA EL ESQUEMA CONCEPTUAL

El objetivo del diseño conceptual es la obtención de una correcta representación de la organización de la información. Tal representación se realiza mediante un esquema conceptual, usando habitualmente el modelo entidad-interrelación.

2.1 Compleción

La compleción es una métrica nominal que puede ser *alta*, *media*, *baja* o *muy baja*.

2.2. Corrección

Esta métrica puede ser también *alta*, *media*, *baja* o *muy baja*.

2.3 Minimalidad

La minimalidad se mide en función del número de atributos “sobrantes” (repetidos o calculables mediante operaciones matemáticas o inferencia lógica) presentes en el esquema.

El ratio de minimalidad² se define como:

$$MR = 1 - \frac{NDA}{NAS}$$

...donde: NDA es el número de atributos repetidos, deducibles mediante operaciones o derivables por inferencia lógica del esquema
NAS es el número de atributos del esquema

2.4 Expresividad

Proponemos los siguientes tres ratios:

$$SFAR = \frac{SFA}{NAS}$$

...donde SFA es el número de atributos del esquema con pleno contenido semántico y NAS es, como ya hemos mencionado, el número de atributos del esquema conceptual.

$$SFER = \frac{SFE}{NES}$$

...donde SFE es el número de entidades con pleno contenido semántico y NES es el número de entidades del esquema.

$$SFRR = \frac{SFR}{NRS}$$

...donde SFR es el número de interrelaciones cuyos nombres tienen pleno contenido semántico y NRS es el número de interrelaciones del esquema.

De acuerdo con Reingruber y Gregory (1994), un atributo, entidad o interrelación tiene pleno contenido semántico cuando su nombre es descriptivo y cumple las reglas de la organización.

2.5 Legibilidad y autoexplicación

Aunque esta métrica es la más subjetiva de las propuestas, no debemos olvidar a Fenton y Pfleeger (1996), que afirman: “es importante reconocer la utilidad de las métricas subjetivas, desde el momento en que entendemos su imprecisión”. Esta métrica es, como la compleción y la corrección, una métrica nominal que será *alta*, *baja* o *muy baja*.

² Las siglas utilizadas para nombrar las métricas son las correspondientes a sus nombres en inglés.

2.6 Extensibilidad y normalidad

Ya que la tercera forma normal es la más natural para representar el universo del discurso, proponemos usar la siguiente métrica, debida a Gray (1991):

$$N = \frac{A_e \times E_e + R_e \times A_e + R_e \times E_e}{A_3 \times E_3 + R_3 \times A_3 + R_3 \times E_3}$$

...donde el numerador es calculado en función del número de atributos, entidades y relaciones del esquema real, y el denominador lo es en función del mismo esquema en tercera forma normal.

“A” representa el número de atributos, E el de entidades y R el de interrelaciones.

2.7 Cohesión del esquema

Proponemos el uso del “Ratio de cohesión del esquema” para medir esta propiedad:

$$COSR = \frac{\sum_{i=1}^{IUSI} NEUS_i^2}{NES^2}$$

IUSI es el número de componentes conexas del grafo representado por el esquema conceptual.

NEUS_i es el número de entidades en la componente conexa i-ésima.

NES es el número de entidades del esquema.

2.8 Complejidad intra-entidad

La definimos como el número de interrelaciones de una entidad consigo misma (IEC). Ésta es una métrica para cada entidad; no obstante, siguiendo a Melton (1995), podemos proporcionar una métrica válida para el esquema completo de esta manera:

$$IEC_{ESQUEMA} = (\text{media aritmética de IEC, desviación típica de IEC})$$

2.9 Complejidad del esquema

La complejidad del esquema se mide con el siguiente ratio:

$$SCR = \frac{SC}{MNR}$$

...donde: SC es el número de interrelaciones en el esquema y MNR es el número máximo teórico de interrelaciones en el esquema. Este “máximo teórico” viene dado por la siguiente expresión, en la que NES es el número de entidades del esquema:

$$MNR = \frac{NES \times (NES - 1)}{2}$$

2.10 Longitud interrelacional

Es la longitud del camino interrelacional más largo que podemos encontrar en el esquema, excluyendo las interrelaciones reflexivas.

2.11 Tamaño

Lo medimos como la siguiente tripleta, formada por el número de entidades, el número de interrelaciones y el número de atributos del esquema:

$$S=(NES, NRS, NAS)$$

3. MÉTRICAS PARA EL ESQUEMA LÓGICO

El objetivo del diseño lógico es la transformación del esquema conceptual en un esquema lógico en el que la información se organiza según el modelo lógico soportado por el sistema gestor de bases de datos. En este artículo nos centramos, por razones obvias, en el modelo relacional, y proponemos las siguientes métricas:

3.1. Compleción

La compleción, igual que ocurría para los esquemas conceptuales, es una métrica nominal que será *alta, media, baja* o *muy baja*.

3.2. Corrección

La corrección también es *alta, media, baja* o *muy baja*.

3.3 Minimalidad

Una base de datos tiene minimalidad cuando cada aspecto de los requisitos aparece una sola vez en el esquema relacional. Medimos la minimalidad en función del número de campos sobrantes en las diferentes tablas de la base de datos, de forma análoga a lo visto para los esquemas conceptuales (véase 2.3).

3.4 Expresividad

La expresividad se calcula mediante los siguientes ratios:

$$SFRR = \frac{SFF}{NFS} \quad \dots \text{donde SFF es el número de campos con pleno contenido semántico y NFS es el número de campos del esquema relacional.}$$

$$SFTR = \frac{SFT}{NTS} \quad \dots \text{donde SFT es el número de tablas del esquema con pleno contenido semántico y NTS es el número de tablas del esquema.}$$

$$FPCR = \frac{FPC}{FKS} \quad \dots \text{donde FPC es el número de claves ajenas cuyos nombres coinciden con sus correspondientes claves primarias, excepto las claves ajenas cuyas respectivas claves primarias se encuentran en la misma tabla. FKS es el número de claves ajenas del esquema.}$$

3.5 Legibilidad y autoexplicación

Definimos la legibilidad como el siguiente ratio, propuesto por Fenton y Pfleeger (1996) y conocido como “densidad de comentarios”:

$$LR = \frac{CLOC}{LOC + CLOC} \quad \dots \text{donde:} \quad \begin{array}{l} LR \text{ es el ratio de legibilidad} \\ CLOC \text{ es el número de líneas de comentario.} \\ LOC \text{ es el número de líneas de código.} \end{array}$$

De acuerdo con Fenton y Pfleeger (1996), la definición más extendida de “Línea de Código” es la propuesta por Hewlett-Packard: cualquier sentencia, salvo las de comentario y las líneas en blanco. Adoptamos esta definición, válida también para bases de datos en general, y para el lenguaje SQL en particular.

3.6. Extensibilidad y normalidad

Definimos la normalidad como el número de tablas en tercera forma normal (3NF) o superior dividido por el número de tablas del esquema:

$$NR = \frac{NT3NF}{NTS} \quad \dots \text{donde:} \quad \begin{array}{l} NT3NF \text{ es el número de tablas en 3FN} \\ NTS \text{ es el número de tablas del esquema} \end{array}$$

Cada tabla en una forma normal superior a la tercera está también en tercera forma normal, de tal manera que las tablas en BCNF, 4NF y 5NF son también contadas en esta categoría.

3.7 Cohesión del esquema

La cohesión del esquema se define como el número de componentes conexas que podemos encontrar en el grafo relacional que representa a la base de datos. A partir de este valor, proponemos el uso del ratio de cohesión del esquema:

$$COSR = \frac{\sum_{i=1}^{IUS} NTUS_i^2}{NTS^2} \quad \begin{array}{l} IUS \text{ es el número de componentes conexas.} \\ NTUS_i \text{ es el número de tablas en la componente conexas} \\ \text{i-ésima.} \end{array}$$

3.8 Complejidad intra-tabla

Para esta propiedad proponemos el ratio de complejidad intra-tabla, definido de este modo:

$$ITCR = \frac{ITC}{NFT} \quad \dots \text{donde:} \quad \begin{array}{l} ITC \text{ es el número de claves ajenas cuyas respectivas} \\ \text{claves primarias se encuentran en la propia tabla} \\ NFT \text{ es el número de campos de la tabla considerada} \end{array}$$

De acuerdo con Melton (1995), proporcionamos una métrica válida para el esquema dando la media aritmética y la desviación típica de ITC para cada tabla, de esta manera:

$$ITCR_{SCHEMA} = (\text{Media de ITCR}, \text{Desviación típica de ITCR})$$

3.9 Complejidad del esquema

La complejidad del esquema se mide mediante el ratio de complejidad del esquema:

$$SCR = SC/NFS \quad \dots \text{donde: } SC \text{ (complejidad del esquema) es el número de claves ajenas del esquema y NFS es el número de campos del esquema.}$$

3.10. Longitud referencial

Es la longitud del camino referencial más largo del esquema.

3.11 Tamaño

Lo medimos como el número de tablas del esquema (NTS).

4. EJEMPLO

A continuación, aplicamos las métricas propuestas a un ejemplo, tomado de De Miguel y Piattini (1997), relativo a la base de datos de una biblioteca. Mostramos en la figura 1 el esquema entidad-interrelación y, a continuación, el código SQL correspondiente a su paso al modelo relacional.

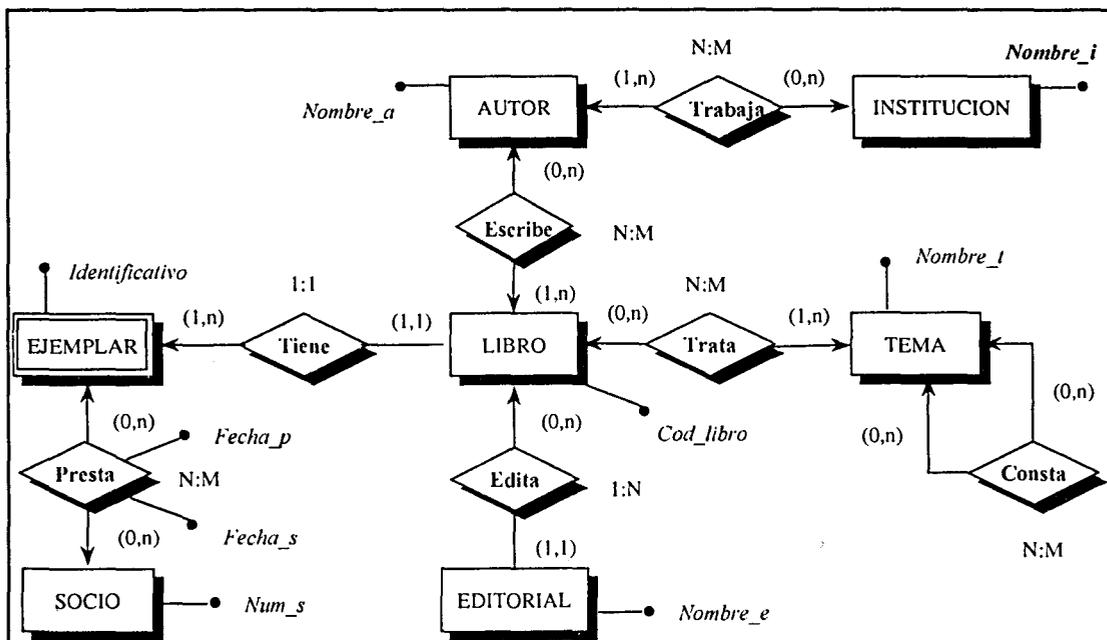


Figura 1. Esquema conceptual para el ejemplo.

```

CREATE SCHEMA BIBLIOTECA
***** DOMINIOS *****
.....
***** TABLAS *****
CREATE TABLE autor
(nombre_a nombres,
nacionalidad nacionalidades,
PRIMARY KEY (nombre_a) )

CREATE TABLE trabaja
(nombre_a nombres,
nombre_i instituciones,
PRIMARY KEY (nombre_a, nombre_i),
FOREIGN KEY (nombre_a) REFERENCES autor
ON UPDATE CASCADE)

CREATE TABLE institucion
(nombre_i instituciones,
Dir lugares,
Tel telefonos,
PRIMARY KEY (nombre_i))

CREATE TABLE libro
(cod_libro códigos,
título título NOT NULL,
idioma idiomas NOT NULL,
num_copias número_ejemplar NOT NULL,
nombre_e nombres NOT NULL,
año año,
PRIMARY KEY (cod_libro),
FOREIGN KEY (nombre_e) REFERENCES editorial
ON UPDATE CASCADE,

CREATE TABLE escribe
(nombre_a nombres,
cod_libro códigos,
PRIMARY KEY (nombre_a, cod_libro),
FOREIGN KEY (nombre_a) REFERENCES autor
ON UPDATE CASCADE,
FOREIGN KEY (cod_libro) REFERENCES libro
ON DELETE CASCADE
ON UPDATE CASCADE)

CREATE TABLE ejemplar
(cod_libro códigos,
identificativo número_ejemplares,
PRIMARY KEY (cod_libro, identificativo),
FOREIGN KEY (cod_libro) REFERENCES libro
ON DELETE CASCADE
ON UPDATE CASCADE)

CREATE TABLE socio
(num_s nums_socio
dni dnis NOT NULL,

nombre nombres NOT NULL,
domicilio lugares NOT NULL,
tel teléfonos,
tipo_s tipos_socio NOT NULL,
PRIMARY KEY (num_s),
UNIQUE (dni) )

CREATE TABLE presta
(cod_libro códigos,
identificativo número_ejemplar,
num_s nums_socio,
fecha_p fechas,
fecha_s fechas,
CHECK (fecha_s >= fecha_p),
PRIMARY KEY (cod_libro, identificativo, num_s,
fecha_p),
FOREIGN KEY (cod_libro, identificativo)
REFERENCES ejemplar,
FOREIGN KEY (num_s) REFERENCES socio
ON DELETE CASCADE
ON UPDATE CASCADE)

CREATE TABLE tema
(nombre_t temas,
desc_t descripciones,
PRIMARY KEY (nombre_t) )

CREATE TABLE consta
(tema_p temas,
tema_s temas,
PRIMARY KEY (tema_p, tema_s),
FOREIGN KEY (tema_p) REFERENCES tema
ON DELETE CASCADE
ON UPDATE CASCADE,
FOREIGN KEY (tema_s) REFERENCES tema
ON DELETE CASCADE
ON UPDATE CASCADE)

CREATE TABLE editorial
(nombre_e nombre,
dirección lugares NOT NULL,
ciudad lugares NOT NULL,
país lugares NOT NULL,
PRIMARY KEY (nombre_e) )

CREATE TABLE trata
(cod_libro códigos,
nombre_t temas,
PRIMARY KEY (cod_libro, nombre_t),
FOREIGN KEY (nombre_t) REFERENCES tema,
FOREIGN KEY (cod_libro) REFERENCES libro,
ON UPDATE CASCADE
ON DELETE CASCADE)

```

4.1 Métricas para el esquema conceptual

a) Compleción: *alta*, ya que suponemos que los requisitos se encuentran completamente recogidos en el esquema entidad-interrelación.

b) Corrección: es, evidentemente, *alta*.

c) Minimalidad: si en la entidad "Libro" aparece como atributo el número de copias, éste sería un atributo derivado, se deduce del número de ejemplares que tiene un libro, En este caso, encontraríamos un atributo derivado (repetidos, deducibles o derivables) en el modelo entidad-interrelación, por lo cual:

$$MR = 1 - \frac{NDA}{NAS} = 1 - \frac{0}{9} = 1$$

d) Expresividad: supongamos que, según las reglas de la organización, todos los nombres utilizados en los diseños deben coincidir con los nombres reales utilizando, por ejemplo, notación húngara (palabras concatenadas en minúsculas con la inicial de cada una en mayúsculas), excepto en el caso de los atributos clave, que deben ir precedidos del prefijo "Id". Por tanto:

$$SFAR = \frac{SFA}{NAS} = \frac{1}{9} = 0.11 \quad \dots \text{ningún atributo cumple las reglas que hemos supuesto para la organización}$$

$$SFER = \frac{SFE}{NES} = \frac{7}{7} = 1$$

$$SFRR = \frac{SFR}{NRS} = \frac{7}{7} = 1 \quad \dots \text{todas las entidades e interrelaciones tienen nombres reales y significativos}$$

e) Legibilidad y autoexplicación: es *alta*.

f) Extensibilidad y normalidad: como el esquema ER está en 3FN, su valor es 1.

g) Cohesión del esquema:

$$COSR = \frac{\sum_{i=1}^1 NEUS_i^2}{NES^2} = \frac{7^2}{7^2} = 1 \quad \dots \text{porque el grafo ER tiene sólo una componente conexa, formada por 7 entidades.}$$

h) Complejidad intra-entidad: como sólo tenemos una entidad con interrelaciones reflexivas, el valor de esta métrica es:

$$IEC_{\text{SCHEMA}} = (0.14, 0.38)$$

i) Complejidad del esquema:

$$SCR = \frac{SC}{MNR} = \frac{SC}{\frac{NES \times (NES - 1)}{2}} = \frac{7}{\frac{7 \times 6}{2}} = \frac{7}{21} = 0.33 \quad \dots \text{porque hay 7 interrelaciones (SC) y 7 entidades (NES).}$$

j) Longitud interrelacional: su valor es 4, que podemos obtener al recorrer por el esquema las siguientes entidades: Institución → Autor → Libro → Ejemplar → Socio

k) Tamaño: S=(7, 7, 9), correspondiente al número de entidades, interrelaciones y atributos del esquema.

4.2 Métricas para el esquema lógico

a) Compleción: hemos supuesto compleción *alta* para el esquema conceptual, pero en el esquema lógico mostrado no se ha reflejado la interrelación existente en el esquema conceptual entre *Institución* y *Trabaja*: a pesar de que el diseñador ha reservado en esta tabla el campo *nombre_i* para hacerlo clave ajena de *Institución*, ha olvidado la cláusula “FOREIGN KEY (nombre_i) REFERENCES institucion” en *Trabaja*. Por tanto, el valor de esta métrica es *medio*.

b) Corrección: el esquema representa fielmente la realidad que quiere modelarse, por lo que la corrección es *alta*.

c) Minimalidad:

$$MR = 1 - \frac{NFE}{NFS} = 1 - \frac{1}{38} = 0.97$$

...porque *num_copias* de la tabla *Libro* puede ser calculado mediante una consulta a la tabla *Ejemplares*, por lo que hay un campo sobrante entre los 38 que forman el esquema lógico.

d) Expresividad:

$$SFFR = \frac{SFF}{NFS} = \frac{1+0+0+3+0+1+3+1+0+0+3+0}{38} = \frac{12}{38} = 0.31$$

...si suponemos las mismas reglas mencionadas en el ejemplo del esquema conceptual, en el esquema lógico nos encontramos con 12 campos cuyos nombres cumplen las reglas de la organización, frente a los 38 campos del esquema.

$$SFTR = \frac{SFT}{NTS} = \frac{12}{12} = 1$$

...porque los nombres de todas las tablas cumplen las reglas de la organización.

$$FPCR = \frac{FPC}{FKS} = \frac{12}{12} = 1$$

...porque los nombres de todos los campos que son claves ajenas concuerdan con sus respectivas claves primarias.

e) Legibilidad y autoexplicación:

$$LR = \frac{CLOC}{LOC + CLOC} = \frac{4}{92 + 4} = 0.041$$

...ya que hay 4 líneas de comentario entre las 96 líneas totales.

f) Extensibilidad y normalidad:

N=1 ...porque todas las tablas están en 3FN.

g) Cohesión del esquema:

$$COSR = \frac{\sum_{i=1}^{I/NI} NTUS_i^2}{NTS^2} = \frac{1^2 + 11^2}{12^2} = \frac{122}{144} = 0.85$$

...porque hay dos componentes conexas: una con una sola tabla (*Institución*), y otra con las once restantes.

h) Complejidad intra-tabla:

ITCR_{SCHEMA}=(0, 0) ...porque no hay claves ajenas cuya correspondiente clave primaria se encuentre en la misma tabla.

i) Complejidad del esquema:

$$SCR = \frac{SC}{NFS} = \frac{11}{38} = 0.29$$

...ya que hay 11 claves ajenas y 38 campos.

j) Longitud referencial: su valor es 3, que podemos obtener a partir de las relaciones de integridad referencial siguientes: Presta → Ejemplar → Libro → Editorial.

k) Tamaño: es 12 porque hay doce tablas.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hemos propuesto un conjunto de métricas para el control de la calidad y complejidad de los esquemas conceptual y lógico de bases de datos, que son los productos finales de las dos etapas más importantes de su desarrollo. Para ello hemos utilizado la métrica de normalidad de esquemas conceptuales de Gray (1991) y la de densidad de comentarios de Fenton y Pfleeger (1996), elaborando nuevas métricas para el resto de factores que influyen en la calidad y complejidad de una base de datos.

Estas métricas pueden ayudar: 1º) a los diseñadores, para elegir entre diversas alternativas de diseño, 2) a los ingenieros del software y auditores, para cuantificar la calidad de bases de datos [Piattini y Del Peso, 1998a] y 3) a los directores de proyecto, para estimar costes de mantenimiento.

La validez de estas métricas está siendo comprobada mediante una serie de experimentos, realizados tanto con estudiantes como con personal de diferentes organizaciones. Además, intentamos obtener valores límite que nos permitan juzgar esquemas conceptuales y lógicos.

Igualmente, estamos también trabajando en la obtención de métricas para bases de datos objeto-relacional (Piattini et al., 1998).

REFERENCIAS

1. Batini, C., Ceri, S. y Navathe, S. (1992). *Conceptual database design. An entity relationship approach*. Benjamin Cummings Publishing Company.
2. Batra, D. (1993). A framework for studying human error behavior in conceptual database modeling. *Information & Management*, No. 25, pp. 121-131.
3. De Miguel, A. y Piattini, M. (1997). *Fundamentos y modelos de Bases de Datos*. Madrid, Ed. Ra-Ma.
4. Fenton, N. E. y Pfleeger, S. L. (1997). *Software metrics. A rigorous & practical approach*. International Thomson Computer Press.
5. Gray et al. (1991). *Design metrics for database systems*. BT Technology, Vol. 9.
6. ISO (1994). *Software Product Evaluation-Quality Characteristics and Guidelines for their Use*. ISO/IEC Standard 9126, Geneva.
7. Kesh, S. (1991). Evaluating the quality of entity relationship models. *Information and Software Technology*, vol. 37, no. 12, pp. 681-689
8. McCabe, T. (1976). A complexity measure. *IEEE Trans. Software Engineering* Vol 2, no. 5, pp. 308-320.
9. Melton, A. (ed.) (1995). *Software Measurement*. International Thompson Computer Press.
10. Piattini, M., Calero, C., Polo, M. y Ruiz, F. (1998). Maintainability in object-relational databases. *Proc. of The European Software Measurement Conference FESMA '98*, Coombes, Hooft and Peeters (eds.), pp. 223-229.
11. Pigoski, T.M. (1996). *Practical Software Maintenance. Best Practices for Managing Your Investment*. John Wiley & Sons. USA, 1996.
12. Reingruber, M. C. and Gregory, W. W. (1994). *The Data Modeling Handbook. A best-practice approach to building quality data models*. John wiley & sons, Inc.
13. Sneed, H.M. y Foshag, O. (1998). Measuring Legacy Database Structures. *Proc. of The European Software Measurement Conference FESMA '98*, Coombes, Hooft and Peeters (eds.), pp. 199-210.

Macario Polo Usaola, 15:00 9/09/98 +02, RV:

>From mpolo@caos.inf-cr.uclm.es Wed Sep 9 15:04 MET 1998
>Return-Path: <mpolo@caos.inf-cr.uclm.es>
>From: "Macario Polo Usaola" <mpolo@caos.inf-cr.uclm.es>
>To: "Mario" <mpiattin@inf-cr.uclm.es>
>Subject: RV:
>Date: Wed, 9 Sep 1998 15:00:19 +0200
>X-Msmail-Priority: Normal
>X-Mimeole: Produced By Microsoft MimeOLE V4.72.2106.4
>Content-Length: 1602

-----Mensaje original-----

De: Jose Saez Martinez <jsaez@dif.um.es>
Fecha: martes 28 de julio de 1998 17:12

>Estimado Autor/a:

>

>Como Presidente del Comité Organizador de las III Jornadas de Ingeniería
>del Software, tengo el placer de comunicarle que, entre los 64 trabajos
>recibidos, el suyo titulado:

>

>Titulo: Metricas de calidad y complejidad para bases de datos

>Numero: 43

>Autor: Polo Usaola, Macario (mpolo@inf-cr.uclm.es)

>

>ha sido ACEPTADO por el Comité de Programa de las jornadas para su
>presentación en las mismas. El trabajo deberá ser modificado, si así
>fuese exigido por las indicaciones de los evaluadores, cuyos informes
>se le enviarán en breve.

>

>Sentimos el retraso en la notificación del resultado de la selección,
>pero el elevado número de ponencias recibidas, así como la calidad de
>las mismas, ha supuesto una mayor carga de trabajo para los miembros
>del Comité de Programa.

>

>Le comunico que el tiempo estimado para la presentación de la ponencia
>será de 20 minutos para exposición y 10 minutos más para preguntas.

>

>Le recuerdo también que la fecha límite para la recepción de las ponencias
>en

>su formato definitivo es el día 11 de septiembre próximo. Si el trabajo
>llegase después de esta fecha, es posible que no pudiera ser incluido en
>las

>actas de las jornadas. En el caso de existir algún problema al respecto por
>favor contacte con la secretaria de las jornadas.

>

>Espero poder saludarle personalmente en Murcia, el próximo mes de
>noviembre.

>

>Atentamente,

>

>Fdo. Ambrosio Toval

>Presidente del Comité Organizador

>

>

>