

21

LA ABSTRACCIÓN

**DE AGREGACIÓN EN LA MODELACIÓN CONCEPTUAL DE
BASES DE DATOS. CONSIDERACIONES SOBRE SU USO EN LA
DOCENCIA**

LA ABSTRACCIÓN

DE AGREGACIÓN EN LA MODELACIÓN CONCEPTUAL DE BASES DE DATOS. CONSIDERACIONES SOBRE SU USO EN LA DOCENCIA

THE AGGREGATION ABSTRACTION IN DATABASE CONCEPTUAL MODELING. CONSIDERATIONS ON ITS USE IN TEACHING

Carlos Ernesto García González¹

E-mail: cgarcia@umet.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8451-1232>

¹ Convenio Universidad Metropolitana del Ecuador- Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García González, C. E. (2022). La abstracción de agregación en la modelación conceptual de bases de datos. Consideraciones sobre su uso en la docencia. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(3), 184-192.

RESUMEN

Los modelos de datos conceptuales han sido desarrollados para capturar el significado de los datos utilizando mecanismos de abstracción tales como asociación, generalización/especialización, categorización y agregación. El uso de la construcción de agregación en las diversas notaciones del modelo Entidad-Relación ha sido limitado debido a que muchas de las notaciones existentes no la soportan. Lo mismo ocurre actualmente con las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) para el diseño de base de datos. El objetivo de este artículo es resaltar las potencialidades semánticas de la agregación y mostrar cómo su uso contribuye a la riqueza semántica de los esquemas conceptuales. Este resultado puede ser aplicado en la docencia en temas de modelación conceptual en asignaturas relacionadas con las bases de datos.

Palabras clave:

Modelación conceptual, modelo Entidad-Relación, abstracciones, agregación.

ABSTRACT

Conceptual data models have been developed to capture the meaning of data using abstraction mechanisms such as association, generalization/specialization, categorization, and aggregation. The use of the aggregation construct in the various Entity-Relationship model notations has been limited because many of the existing notations do not support it. The same is currently the case with CASE tools (Computer Aided Software Engineering) for database design. The objective of this article is to highlight the semantic potential of aggregation and show how its use contributes to the semantic richness of conceptual schemes. This result can be applied in the teaching of conceptual modeling issues in subjects related to databases.

Keywords:

Conceptual modeling, Entity-Relationship model, abstractions, aggregation.

INTRODUCCIÓN

La modelación conceptual es una disciplina que ha ido ganando importancia en varias áreas de la Ciencia de Computación, entre las que pueden mencionarse la Ingeniería de Software, el diseño de Sistemas de Información, la Ingeniería de Dominio, Ingeniería de Requerimientos, Ingeniería de Conocimiento y el Diseño de Bases de Datos. Su objetivo fundamental radica en identificar, analizar y describir los conceptos esenciales y sus restricciones en un universo de discurso, que con la ayuda de algún lenguaje de modelación basado en un conjunto básico de abstracciones, consigue crear representaciones de los aspectos relevantes de un sistema físico y/o social (Guizzard, et al., 2002).

Una abstracción es un proceso mental que se usa cuando se seleccionan algunas características y propiedades de un conjunto de objetos y se excluyen otras características que no son relevantes (Batini, et al., 1992). En los modelos conceptuales se pueden encontrar una colección de mecanismos de abstracción primitivos. Esta colección de abstracciones está formada por las abstracciones de: clasificación, agregación y generalización. Las abstracciones ayudan al diseñador a comprender, clasificar y modelar la realidad.

Aunque en la actualidad se utilizan otros modelos conceptuales, por ejemplo, UML (Object Management Group, 2017), el modelo conceptual más popular sin lugar a dudas sigue siendo el modelo Entidad-Relación (ER) (Chen, 1976). Para aumentar su poder de expresión, muchos autores han introducido o propuesto numerosas extensiones a este modelo (Elmasri, et al., 1985; Teorey, et al., 1986; Hohenstein & Gogolla, 1988; Czejdo, et al., 1990; Markowitz & Shoshani, 1992; Chen, 2006; Combi, et al., 2008), entre las que se encuentra la agregación.

La principal contribución de este artículo es la de potenciar el uso de la agregación en esquemas conceptuales Entidad-Relación por la riqueza semántica que ofrece para modelar situaciones del universo de discurso, que de otra manera su semántica no quedaría tan natural. Estas reflexiones, si bien pueden resultar triviales para algunos expertos, es una realidad que la mayoría de las notaciones ER existentes y las herramientas CASE más populares no la soportan, razones por la que se considera oportuno destacar su utilidad, sobre todo en el ámbito académico, en particular en asignaturas donde se abordan temas relacionados con el diseño conceptual de bases de datos.

DESARROLLO

En el modelo Entidad-Relación la construcción de agregación se manifiesta en varios grados de abstracción; en su forma simple, una entidad es una agregación de sus atributos. El concepto de agregación como extensión al modelo ER fue introducido por Markowitz & Shoshani

(1992), y a partir de ese momento ha sido abordado por varios autores (Smith & Smith, 1977; Korth, et al., 1997; Batini, et al., 1992; Thalheim, 2000; Elmasri & Navathe, 2004). Se destaca en este artículo el concepto dado en Smith & Smith (1977) en que se trata la agregación como una abstracción en la cual una interrelación entre varios conjuntos de entidades es considerada como un conjunto entidad de nivel superior.

La agregación también está presente en el modelo Orientado a Objetos y su uso está más dirigido en el sentido de relacionar un todo con sus partes (Object Management Group, 2017), mientras que este trabajo se centra en destacar la utilidad de esta construcción en un sentido más general, cuando de forma natural esa agregación representa un hecho derivado de la interrelación de entidades de diferente naturaleza semántica con una relevancia en el universo de discurso.

En este artículo, al conjunto entidad que resulta de elevar el nivel de abstracción de una asociación mediante una agregación, se le denominará **conjunto entidad agregada**, para diferenciarla de los conjuntos de entidades primitivos, y sólo con el propósito de esclarecer la explicación, pues desde el punto de vista formal tienen un tratamiento similar.

El conjunto de entidad agregada tiene todas las propiedades que son inherentes a un conjunto de entidad (nombre, atributos) por lo que puede participar en otras interrelaciones. Por ejemplo, una entidad agregada puede participar en una interrelación de asociación o en una jerarquía generalización/especialización con otro conjunto de entidad (Ponniah, 2008). Es oportuno señalar que a nivel conceptual sólo tendrán sentido aquellas participaciones que tengan una contrapartida real, es decir, que representen hechos realmente existentes en el universo de discurso.

Soporte de la agregación en una herramienta case

Con el propósito de ilustrar el uso de la agregación en la modelación de diversos hechos, se utilizará una herramienta de diseño de bases de datos, llamada ERECASE, que fue desarrollada como resultado del proyecto doctoral del autor de este artículo (García González, 2010).

ERECASE se basa en el modelo Entidad-Relación Extendido y usa la notación que presenta Elmasri & Navathe (2007) en los diagramas ER. Para la creación de los esquemas conceptuales la herramienta posee un conjunto amplio de construcciones, entre ellas: entidades fuertes y débiles; interrelaciones de asociación recursivas, binarias y ternarias; interrelaciones ISA; interrelaciones débiles; jerarquías de generalización/especialización y agregación. La agregación es algo poco común en herramientas para la creación de diagramas Entidad-Relación, lo que hace que ERECASE sea singular en este sentido.

La herramienta ERECASE posee una interfaz gráfica de usuario que apoya la creación de diagramas y su transformación a esquemas relacionales; en particular, para modelar una agregación se debe seleccionar una interrelación de asociación. En la Figura 1 se muestra la interrelación de asociación “se_evalua” que permite registrar las evaluaciones de un estudiante en cada asignatura, para esto se va asumir que la interrelación “se_evalua” posee dos atributos: la calificación y la fecha de realización del examen.

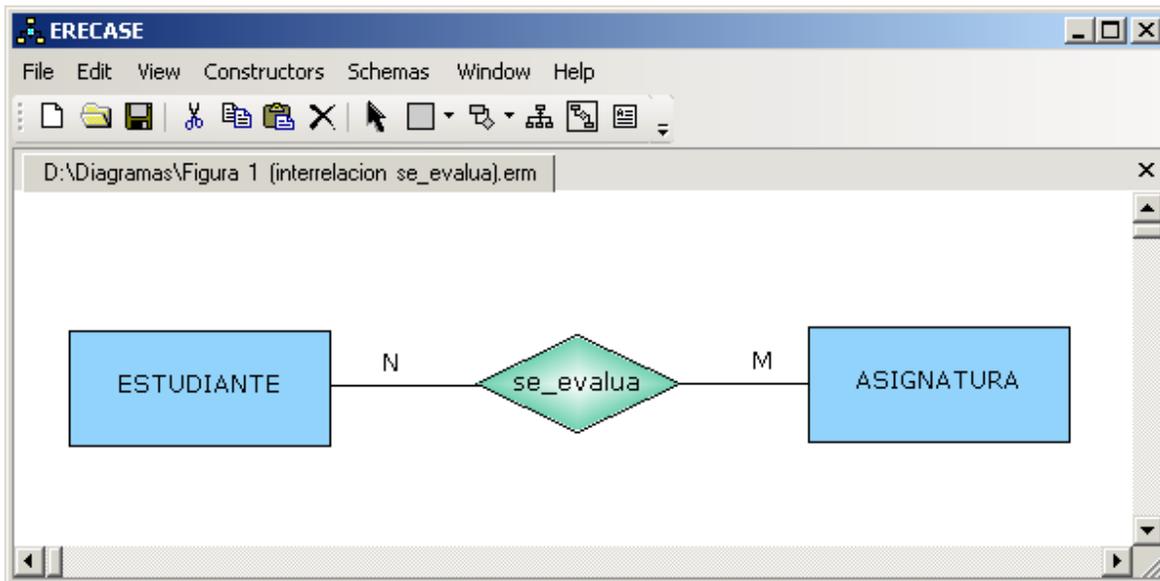


Figura 1. La interrelación de asociación “se_evalua”.

Para crear un conjunto entidad agregada, se selecciona la opción correspondiente en el menú principal (Constructors | Aggregation) y se despliega un rectángulo para indicar la interrelación y los conjuntos de entidades que participan en la misma, y de esta manera la interrelación seleccionada es tratada como un conjunto entidad agregada, la cual ahora representa una nueva abstracción como se muestra en la Figura 2, y además de tener un nombre también pudiera tener atributos propios, como puede ser la calificación obtenida por el estudiante y la fecha de realización del examen.

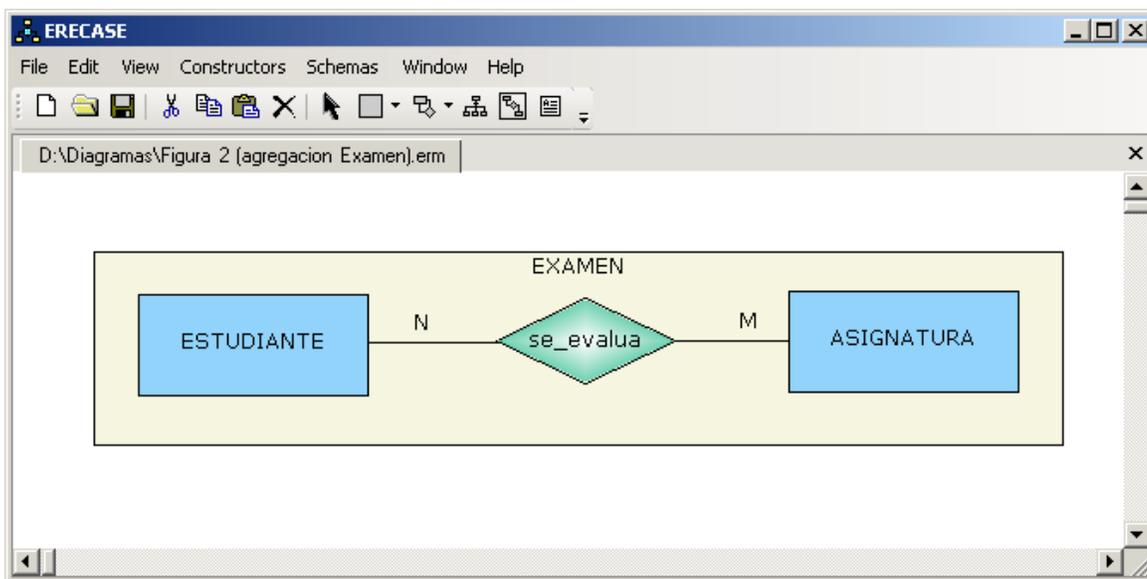


Figura 2. La interrelación de asociación *se_evalua* convertida en la agregación EXAMEN.

Resulta interesante e instructivo a la vez obtener el esquema lógico a partir de aplicar las reglas de transformación de un esquema entidad-relación a un esquema lógico, las cuales pueden ser encontradas en Date (2001); Batini, et al. (2004); y Elmasri & Navathe (2007).

El esquema de relación que corresponde al conjunto entidad agregada EXAMEN es el siguiente:

Examen (**código_estudiante**, **código_asignatura**, **fecha_examen**, calificación)

Donde los atributos código_estudiante, código_asignatura y fecha_examen son las llaves primarias de este esquema de relación, registrando el hecho de que un estudiante puede examinarse varias veces en una misma asignatura, sólo que en fechas distintas.

Posteriormente este conjunto entidad agregada EXAMEN es considerada un conjunto de entidad más y puede ser utilizada junto con las otras construcciones del modelo tal y como se mostrará en la sección siguiente.

Expresividad semántica de la agregación

Teniendo en cuenta que un conjunto entidad agregada es un conjunto de entidades en sí mismo, puede entonces participar en otras interrelaciones. Para el estudio de la expresividad semántica de la agregación se analizará la participación de los conjuntos entidades agregadas en las siguientes interrelaciones: un conjunto entidad agregada en una interrelación de asociación, un conjunto entidad agregada en una jerarquía de especialización y un conjunto entidad agregada con uno de los conjunto entidad que participa en la propia agregación.

Participación de un conjunto entidad agregada en una interrelación de asociación

El uso más generalizado de un conjunto entidad agregada es la participación en interrelaciones de asociación como puede observarse en la Figura 3, la cual muestra la modelación del hecho de que un juego queda definido en base a un encuentro entre dos equipos en una fecha dada y que los equipos pueden enfrentarse varias veces durante el campeonato. El ejemplo ilustra cómo se ha elevado el nivel de abstracción de la interrelación *juegan* a un conjunto de entidades agregada nombrada JUEGO, y como a partir de esta abstracción se facilita, mediante la interrelación “*se realiza en*”, la modelación del hecho adicional de que un juego tiene que ser efectuado en un determinado estadio.

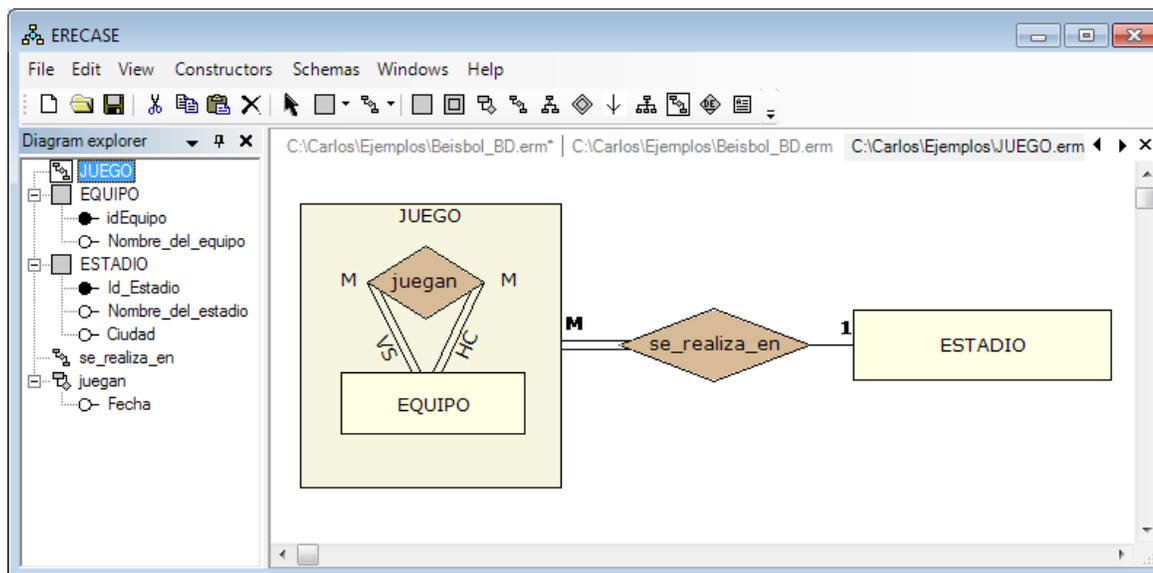


Figura 3. La agregación JUEGO participando en una interrelación de asociación.

Transformando los esquemas conceptuales de la Figura 3, se obtienen los siguientes esquemas de relación:

Equipo (**idEquipo**, Nombre_del_equipo)

Estadio (**idEstadio**, Nombre_del_estadio, Ciudad)

Juego (**idEquipoHC**, **idEquipoVS**, **fecha**, idEstadio)

Obsérvese que al definir el conjunto entidad agregada JUEGO se facilita la modelación de otros hechos como, por ejemplo: 1) los jugadores que participaron en un juego dado, 2) cuál es el equipo ganador de un juego, entre otros. Estos dos ejemplos, podrían ser utilizados desde el punto de vista docente para ilustrar las potencialidades semánticas de este tipo de construcción.

El ejemplo mostrado en la Figura 3 ha sido el uso más generalizado que ha tenido la agregación (Korth, et al., 1997; Dey, et al., 1999; Teorey, 1999; Thalheim, 2000; Elmasri & Navathe, 2007) y se puede afirmar que su utilización ayuda a un reforzamiento de la semántica de las construcciones utilizadas en los diagramas Entidad-Relación.

Como contribución desde el punto de vista académico, se mostrarán a continuación algunos de los usos menos comunes de la agregación.

Participación de un conjunto entidad agregada en una jerarquía de generalización/especialización

La utilización de un conjunto entidad agregada en una jerarquía de generalización/especialización se verá a partir del siguiente ejemplo: supóngase un sistema para el control docente de una Universidad en que las calificaciones se otorgan en una escala de 2 a 5; 2 significa desaprobado, 3 aprobado, 4 bien y 5 excelente, que es la calificación máxima. En este universo de discurso los estudiantes realizan un examen final en cada una de las asignaturas, si el estudiante no aprueba en este examen puede hacer un examen extraordinario que en caso de aprobarlo la calificación sólo puede ser 3. Se permite hacer un examen de mejora de nota sólo para aquellos estudiantes que han obtenido una calificación de 3 ó 4 en el examen final, y en este caso la calificación que se otorga es la más alta entre la calificación anterior y la que se obtenga en el examen de mejora de nota. Además, para aquellos estudiantes que obtuvieron 5 en el examen final se permite realizar un examen de premio y los ganadores de los tres primeros lugares obtendrán una bonificación que se agrega a la calificación obtenida, y que varía para el primero, segundo y tercer premio. Es oportuno señalar que en este problema se desean registrar todas las calificaciones obtenidas por el estudiante en cada tipo de examen. La Figura 4 muestra un diagrama Entidad-Relación que modela esta problemática.

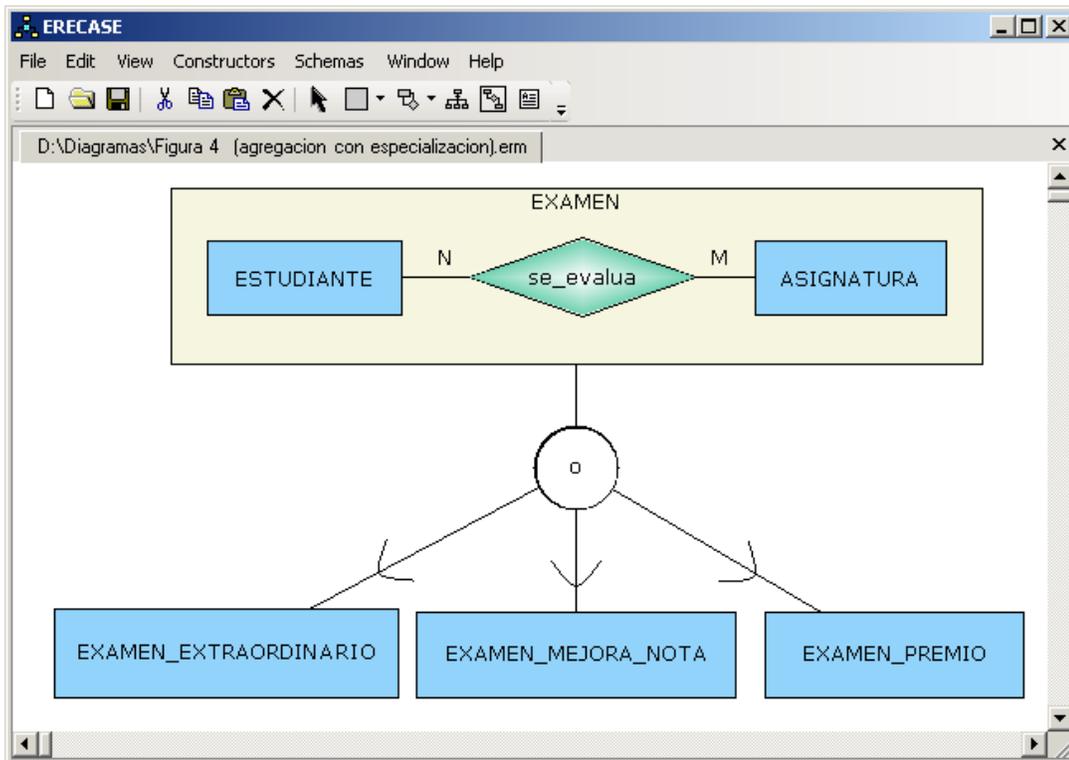


Figura 4. Una agregación participando en una jerarquía de generalización/especialización.

Como se puede observar los conjuntos de entidad EXAMEN_EXTRAORDINARIO, EXAMEN_MEJORA_NOTA y EXAMEN_PREMIO son especializaciones del conjunto entidad agregada EXAMEN. Para registrar las calificaciones finales en los diferentes exámenes se utilizan los siguientes atributos:

- **Calificación:** en el conjunto entidad EXAMEN registra la calificación obtenida en el examen final.
- **Calificación_Extraordinario:** en el conjunto entidad EXAMEN_EXTRAORDINARIO registra la calificación obtenida en el examen extraordinario si el atributo **Calificación** tiene el valor 2.
- **Calificación_Mejor:** en el conjunto entidad EXAMEN_MEJORA_NOTA registra la calificación obtenida en el examen de mejora de nota si el atributo **Calificación** tiene el valor 3 ó 4.
- **Calificación_Bononificada:** en el conjunto entidad EXAMEN_PREMIO es el valor de la calificación bonificada obtenida en el examen de premio si el valor de **Calificación** es 5.

Los esquemas de relaciones correspondientes al diagrama de la Figura 4 es el siguiente:

Estudiante(código_estudiante, Nombre, otros atributos)

Asignatura(**código_asignatura**, NombreAsignatura, otros atributos)

Examen(**código_estudiante**, **código_asignatura**, Calificacion)

Examen_Extraordinario(**código_estudiante**, **código_asignatura**, Calificacion_Extraordinario)

Examen_Mejora_Nota(**código_estudiante**, **código_asignatura**, Calificacion_Mejor)

Examen_Premio(**código_estudiante**, **código_asignatura**, LugarObtenido, Calificacion_Bonificada)

El cálculo de la calificación definitiva de un estudiante en una asignatura está basado en reglas de negocios que dependen del tipo de examen:

1. Si el valor del atributo **Calificación** en el esquema Examen es 2 entonces se tomaría como calificación definitiva el valor almacenado en el esquema Examen_Extraordinario.
2. Si valor del atributo **Calificación** es 3 ó 4 entonces la calificación definitiva sería ésta si el estudiante no realiza un examen de mejora de nota, en caso contrario se tomaría el valor más alto entre los atributos **Calificación** y el atributo **Calificación_Mejor** del esquema Examen_Mejora_Nota.
3. Si el valor del atributo **Calificación** es 5 y el estudiante no realiza examen de premio entonces esta sería su calificación definitiva; en caso de haberse presentado al examen de premio se tomaría el lugar obtenido en este examen para hacer el cálculo de la calificación final con bonificación cuyo valor se almacenará en el atributo **Calificación_Bonificada**.

Del análisis de este ejemplo se puede concluir que la especialización del conjunto de entidad agregada EXAMEN facilita la modelación de los requerimientos descritos y enriquece la modelación desde el punto de vista semántico; de esta forma se ha facilitado la modelación de aspectos no estáticos mediante reglas de negocio para cada especialización.

Participación de un conjunto entidad agregada en una interrelación de asociación con uno de los conjuntos entidades que participa en la agregación

El diagrama de la Figura 5, muestra la modelación del equipo ganador en cada juego, para esto se establece una interrelación de asociación entre el conjunto entidad agregada JUEGO y el conjunto de entidad EQUIPO, que a su vez es uno de los componentes del conjunto de entidad agregada JUEGO.

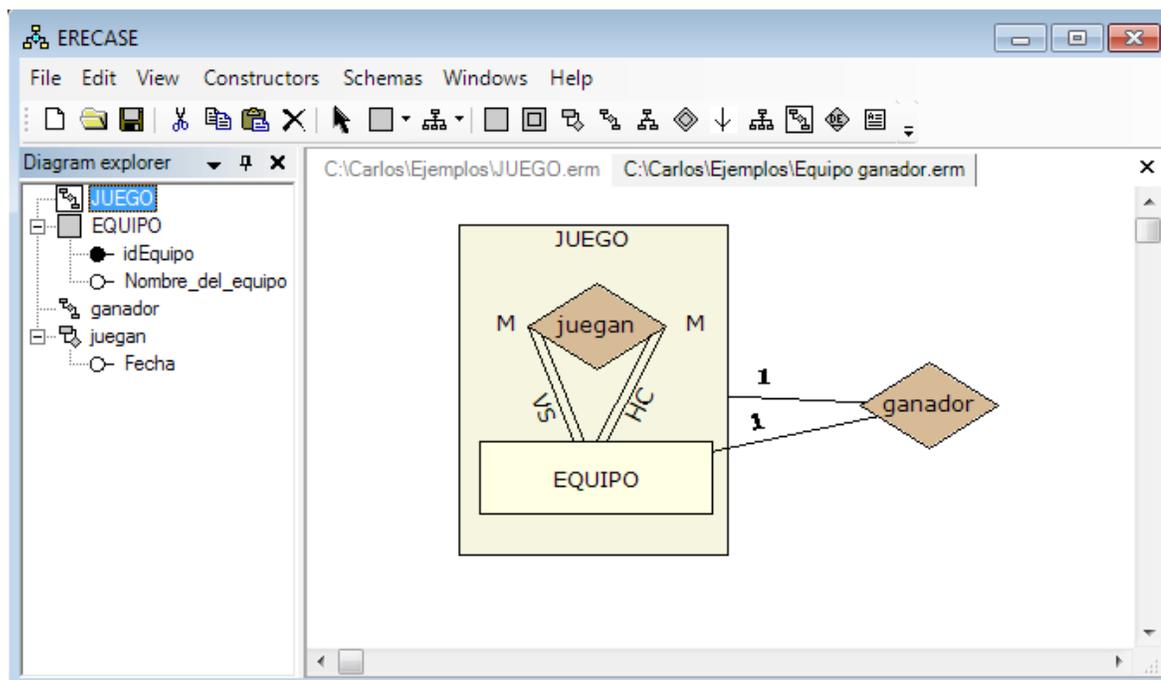


Figura 5. Una agregación participando en una interrelación de asociación con uno de los conjuntos de entidad (EQUIPO) que participan en la agregación.

Transformando los esquemas conceptuales de la Figura 5, se obtienen los siguientes esquemas de relación:

Equipo (**idEquipo**, Nombre_del_equipo)

Juego (**idEquipoHC**, **idEquipoVS**, **fecha**, idEquipoGanador)

El esquema de relación *Juego* permite conocer cuál fue el equipo ganador entre dos equipos, el equipo visitador (VS, *Visitor*) y el equipo de casa (HC, *Home Club*) que se enfrentan en una fecha determinada. De esta forma se garantiza que un hecho se complete con información, como es el de un juego realizado sobre el equipo ganador; de forma que el equipo ganador solo se adiciona a juegos realmente existentes.

El diagrama mostrado en la Figura 5 es uno de los usos no tan comunes de la agregación y que contribuye a resaltar la utilidad de la misma para la modelación natural de los hechos que se describen.

CONCLUSIONES

Es este artículo se ha hecho énfasis en la utilidad de la agregación en esquemas Entidad-Relación, mostrándose la conveniencia de su uso para lograr una mayor expresividad semántica en la modelación conceptual. La agregación constituye una construcción útil como se acaba de mostrar en los ejemplos anteriores, y que un conjunto entidad agregada constituye un conjunto entidad por derecho propio como cualquier conjunto de entidades.

Utilizando una herramienta de diseño de bases de datos que soporta a la agregación como una de sus construcciones, ha permitido mostrar algunos usos no tan comunes de esta construcción en diagramas Entidad-Relación.

Desde el punto vista académico los ejemplos mostrados pueden ser utilizados como complemento en el tema de modelación conceptual de bases de datos en asignaturas de Bases de Datos. Se sugiere que para la impartición de temas relacionados con la modelación de datos, se consulte la sistematización que se hace de la modelación conceptual de bases de datos en García González, et al. (2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Batini, C., Ceri, S., & Navathe, S. B. (1992). *Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach*. Benjamin/Cummings.

Batini, C., Navathe, S. B., Ceri, S., Martín García, A. V., & Romero Ibanco, D. (2004). *Diseño Conceptual de Bases de Datos: Un enfoque de entidades-interrelaciones*. Addison-Wesley/Díaz de Santos.

Chen, P. (1976). The entity-relationship model: Toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1), 9-36.

Chen, P. P. (2006). Suggested Research Directions for a New Frontier – Active Conceptual Modeling. ER 2006. Springer.

Combi, C., Degani, S., & Jensen, C. S. (2008). Capturing Temporal Constraints in Temporal ER Models. ER 2008. Springer.

Czejdo, B., Elmasri, R., Rusinkiewicz, M., & Embley, D. (1990). A graphical data manipulation language for an extended entity-relationship model. *IEEE Computer*, 23(3), 26-35.

Date, C. J. (2001). *Introducción a los Sistemas de Bases de Datos* (7ma ed.). Pearson Educación.

Dey, D., Storey, V. C., & Barron, T. M. (1999). Improving Database Design through the Analysis of Relationships. *ACM Transactions on Database Systems*, 24(4), 453-483.

Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2004). *Fundamentals of Database Systems* (4th ed.). Pearson Addison-Wesley.

Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2007). *Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos* (5ta ed.). Pearson Educación S.A.

Elmasri, R., Weeldreyer, J., & Hevner, A. (1985). The Category Concept: An Extension to the Entity-Relationship Model. *Data & Knowledge Engineering*, 1(1), 75-116.

García González, C. E. (2010). *Enfoque sistémico a la modelación de datos, base para el desarrollo de una herramienta CASE*. (Tesis doctoral). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

García González, C. E., González González, L. M., Rodríguez Morffi, A., & López Porrero, B. E. (2017). *Modelación de datos. Un enfoque sistémico*. Universo Sur.

Guizzard, G., Herre, H., & Wagner, G. (2002). On the General Ontological Foundations of Conceptual Modeling. ER 2002. Springer.

Hohenstein, U., & Gogolla, M. (1988). A calculus for an extended entity-relationship model incorporating arbitrary data operations and aggregate functions. ER 1988. Springer.

Korth, H. F., Silberschatz, A., & Sudarshan, S. (1997). *Database System Concepts* (3rd Ed. ed.). McGraw-Hill.

Markowitz, V., & Shoshani, A. (1992). Representing extended entity-relationship structures in relational databases: A modular approach. *ACM Transactions On Database Systems*, 17(3), 423-464.

Object Management Group. (2017). *Unified Modeling Language* (formal/2017-12-05). <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/About-UML/>

Ponniah, P. (2008). *Database Design and Development: A Practical Guide for IT Professionals* (1st ed.). Wiley-Interscience.

- Smith, J., & Smith, D. (1977). Database abstractions: Aggregation and generalization. *ACM Transactions On Database Systems*, 2(2), 105-133.
- Teorey, T. (1999). *Database Modeling & Design* (3rd ed.). Morgan Kaufmann Publishers.
- Teorey, T., Yang, D., & Fry, J. (1986). A logical design methodology for relational databases using the extended E-R model. *ACM Computing Surveys*, 18(2), 197-222.
- Thalheim, B. (2000). *Entity-Relationship Modeling. Foundations of Database Technology*. Springer-Verlag.