

MODELAMIENTO DIMENSIONAL DE COMPETENCIAS EN TIC

✉ MARTHA MENDOZA^{*}
JAIME MENDOZA^{**}
DEYRO ZÚÑIGA^{***}
JORGE MORENO^{****}
CARLOS COBOS^{*****}

RESUMEN

Algunos países latinoamericanos están desarrollando programas que permiten a sus comunidades educativas tener un mayor acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Para verificar la eficacia de estos programas es necesario medir las competencias en TIC adquiridas por los integrantes de estas comunidades educativas. En este artículo se presenta un modelo dimensional para una bodega de datos que permite el análisis de información relacionada con la apropiación de competencias en TIC por parte de docentes y estudiantes de instituciones educativas. Los casos de diseño toman como referencia los propuestos por Ralph Kimball: relación muchos a muchos, productos heterogéneos, subdimensiones y jerarquías de organización. Además, el artículo plantea un nuevo caso de diseño denominado «Dimensión con medidas» que, junto con una tabla de hechos y el cálculo de medidas basado en funciones MDX, permiten el análisis ponderado de las competencias de los actores de las instituciones educativas. Este nuevo caso de diseño puede ser usado en otros contextos que requieran de cálculos recursivos de atributos numéricos ponderados en dimensiones jerárquicas de organización dentro de una bodega de datos. Por último, presenta los componentes principales de un sistema de soporte a la toma de decisiones desarrollado para el Programa Computadores para Educar (CPE) en alianza con la Universidad del Cauca el cual puede ser replicado en otros programas con objetivos similares.

PALABRAS CLAVES: modelamiento dimensional; bodegas de datos; OLAP; competencias en tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

DIMENSIONAL MODELING OF ICT COMPETENCIES

ABSTRACT

Some Latin American countries are developing programs that allow their educational communities to have greater access to in Information and Communication Technology (ICT). In order to verify the effectiveness of these programs is necessary to measure the ICT skills acquired by the members of these communities. This paper presents a

^{*} Ingeniera de sistemas. Ph.D.(c) en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Profesora Titular, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Investigadora Grupo I+D en Tecnologías de la Información (GTI). Popayán, Colombia.

^{**} Ingeniero de sistemas, Universidad del Cauca. Consultor BI, WM Wireless & Mobile. Bogotá, Colombia

^{***} Ingeniero de sistemas, Universidad del Cauca. Ingeniero Desarrollo, Open Systems. Cali, Colombia.

^{****} Ingeniero de sistemas. Magíster en Informática, Universidad Industrial de Santander. Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. Investigador Grupo I+D en Tecnologías de la Información (GTI). Popayán, Colombia.

^{*****} Ingeniero de sistemas. Ph.D.(c) en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Investigadora Grupo I+D en Tecnologías de la Información (GTI). Popayán, Colombia.

✉ *Autor de correspondencia:* (M. Mendoza). Universidad del Cauca, sector Tulcán, Edificio I (FIET), oficina 450, Popayán, Colombia. Tel: 2-8209800 ext. 2149.
Correo electrónico: mmendoza@unicauca.edu.co.

Historia del artículo:
Artículo recibido: 09-X-2012 / Aprobado: 20-IX-2013
Discusión abierta hasta diciembre de 2014

dimensional model for a data warehouse that enables the analysis of information related to the appropriation of ICT skills by teachers and students of educational institutions. The design cases are based on Ralph Kimball's proposals: many to many relationship, heterogeneous products, subdimension and organizational hierarchy. There is also a new design case called "Dimension with measures", which together with a fact table and calculation of measures based on MDX functions allows weighted analysis of the competences of the actors in the educational institutions. This new design case can be used in other contexts that require recursive calculations of weighted numeric attributes on hierarchical organizational dimensions within a data warehouse. Finally, the main components of a Decision Support System (DSS) developed for the "Computers for Education" (CPE) program in partnership with the University of Cauca are presented. The DSS System can be replicated in other programs with similar objectives.

KEYWORDS: Dimensional Modeling; Data Warehouse; OLAP; Competencies in Information and Communication Technology (ICT).

MODELACAO DIMENSIONAL DE COMPETÊNCIAS EM TIC

SUMÁRIO

Alguns países latino-americanos estão desenvolvendo programa que permitem às comunidades educativas para ter um maior acesso às Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC). Para verificar a eficácia destes programas é necessário medir as competências em TIC adquiridos pelos membros destas comunidades educativas. Neste artigo se apresenta um modelo dimensional para uma base de dados que permite analisar as informações relacionadas com a apropriação de competências em TIC dos professores e dos estudantes das instituições educativas. Os casos de desenho tomam como referência os modelos propostos por Ralph Kimball: Relação muitos a muitos, produtos heterogêneos, sub-dimensões e hierarquias de organização. Além disso se apresenta outro caso de desenho que foi chamado "Dimensão com medidas", que junto com a tabela de fatos e o cálculo de medidas baseado em funções MDX, permitem a análise ponderada das competências dos atores das instituições educativas. Este novo caso de desenho, pode ser usado em outros contextos que requeiram de cálculos recursivos de atributos numéricos ponderados em dimensões hierárquicas de organização dentro duma base de dados. Finalmente se apresenta os componentes principais de um sistema de apoio à tomada de decisões desenvolvido para o programa computadores para educar (CPE) em aliança com a Universidade do Cauca, o qual, pode ser repetido em outros programas com objetivos similares.

PALAVRAS-CHAVE: Modelação dimensional; Base de dados; OLAP; Competências em Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC).

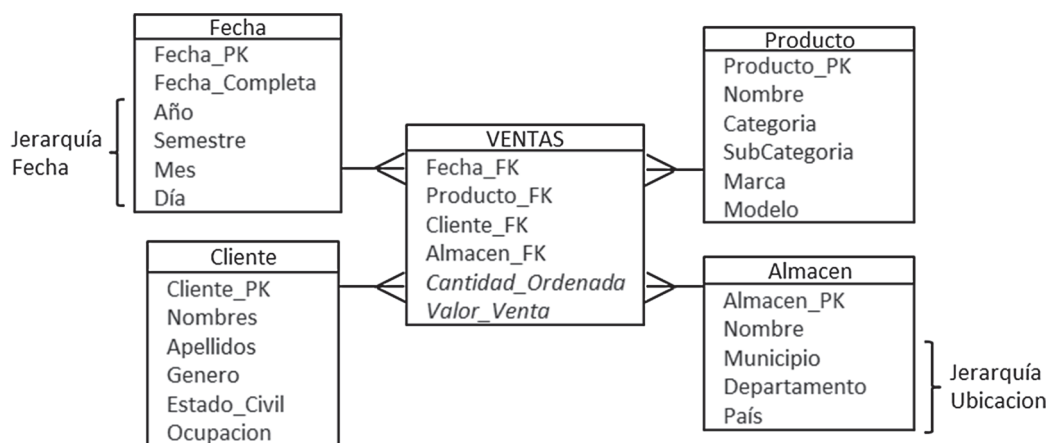
1. INTRODUCCIÓN

Las bodegas de datos fueron concebidas para soportar la toma de decisiones en las organizaciones. Estos sistemas permiten homogeneizar e integrar los datos de las organizaciones desde diferentes fuentes o repositorios (internos o externos) y están basados en una representación simple y detallada de la organización, permitiendo extraer conocimiento relevante para la toma de las decisiones (Romero and Abelló 2009; Kimball, *et al.*, 1998).

Aunque no existe un estándar para la terminología del modelo multidimensional, a continuación se presentan algunas nociones clave y compartidas por la mayoría de investigadores del área. Los principales conceptos de este modelado son los *hechos* y las *dimensiones*, los cuales deben estar claramente separados para facilitar la comprensión y análisis del modelo *n*-dimensional (Romero and Abelló 2009); (Kimball, *et al.*, 1998). Al tomar un *hecho* con sus *dimensiones* relacionadas se obtiene lo que se conoce como un esquema multidimensional o esquema estrella. Una dimensión es un concepto que se usa como una perspectiva de análisis de los hechos, los



Figura 1. Diagrama estrella para ventas



cuales normalmente se componen de *jerarquías*, *niveles* y *descriptores*. Las jerarquías de dimensiones son gradaciones de niveles que representan diferentes «granularidades» (niveles de detalle) de los datos. Los descriptores son atributos de cada uno de los niveles de la dimensión. En la **Figura 1** se aprecia un esquema estrella para el hecho de ventas, cuyas dimensiones son: *fecha*, *cliente*, *producto* y *almacén*. Además, la dimensión fecha presenta una jerarquía compuesta por los niveles: *año*, *semestre*, *mes* y *día*; y un atributo descriptor que es la fecha completa. Los hechos también contienen medidas de análisis, (Romero and Abelló 2009; Kimball, *et al.*, 1998). En la tabla de hechos de Ventas, se muestran las claves foráneas de las dimensiones y medidas relacionadas con la venta: *Cantidad_Ordenada* y *Valor_Venta*.

Un aspecto muy importante en el desarrollo de una bodega de datos es el proceso de extracción, transformación y carga (ETL, por sus siglas en inglés, *Extraction, Transform and Load*) (Kimball, *et al.*, 1998); que busca extraer los datos relevantes desde las fuentes de datos (archivos planos, bases de datos relacionales, etc.), aplicarles un proceso de transformación para homogeneizarlos (también se pueden generar nuevos datos calculados) y finalmente cargarlos o almacenarlos en la bodega de datos. Este proceso se presenta en dos tiempos: una carga inicial que permite que los datos sean cargados desde las fuentes de datos, y posteriormente, cargues incrementales que toman solo los datos nuevos desde el último cargue.

Las herramientas de procesamiento analítico en línea (OLAP, por sus siglas en inglés, *Online Analytical Processing*) se han utilizado por años para consultar las bodegas y han mostrado ser apropiadas para que los usuarios exploren en forma adecuada los datos almacenados en ellas. Las herramientas OLAP se basan en una vista multidimensional de los datos, definiendo un modelo «sencillo» de diseño comprensible y fácil de usar por parte de los usuarios que toman las decisiones en las organizaciones (Romero and Abelló 2009; Kimball, *et al.*, 1998). Entre las operaciones básicas de OLAP se encuentran: (i) *slice*, selección de las dimensiones para generar una vista del cubo; (ii) *dice*, selección de valores sobre una dimensión; (iii) *drill-down*, que disminuye el nivel de agregación a través de una o más jerarquías de dimensión; (iv) *roll-up*, que permite incrementar el nivel de agregación; y (v) *pivot*, rota las dimensiones para proveer una presentación alternativa de los datos.

Las bodegas de datos, como parte de un sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS, por sus siglas en inglés *Decision Support Systems*), han sido utilizadas principalmente como apoyo al análisis de grandes cantidades de datos históricos en entidades comerciales y financieras (Kimball, *et al.*, 1998). Por ejemplo, para definir estrategias de mercadeo, identificar patrones del comportamiento de los clientes y definir el impacto de algún producto novedoso. Actualmente, las bodegas se están empleando con más frecuencia en contextos diferentes a los negocios, que también necesitan el análisis de gran cantidad de datos, como, en la gestión

de información geográfica (Kyung, *et al.*, 2012; Glorio, *et al.*, 2012), la investigación bioinformática (Bustos, *et al.*, 2011), las misiones espaciales (Liu, *et al.*, 2012), problemas de diseño en agricultura (Nilakanta, *et al.*, 2008), información clínica de cuidado intensivo (De Mul, *et al.*, 2012), análisis de la interacción de los estudiantes en un sistema gestor de aprendizaje (Mendoza, *et al.*, 2006) y en la gestión de las competencias requeridas por profesionales en el mercado laboral (Georgescu and Sbughea, 2012).

Debido al auge de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), cada vez es más importante su incorporación al sistema educativo, permitiendo el acceso a los recursos digitales (UNESCO, 2004). Por esto, los gobiernos, entre ellos los países latinoamericanos, están desarrollando programas que permitan que los niños y jóvenes que asisten a escuelas y colegios tengan acceso a las TIC. Para verificar la eficacia de estos programas es necesario medir y analizar las competencias en TIC adquiridas por los integrantes de estas comunidades educativas. En este artículo se presenta un modelo dimensional de bodega de datos para competencias en TIC de docentes y estudiantes de instituciones educativas que permite apoyar el proceso de toma de decisiones de los encargados de estos programas del gobierno.

Para realizar el modelamiento de la bodega de datos, se tomó como referente el conjunto de casos de diseño propuestos por Ralph Kimball, (Kimball, *et al.*, 1998). Sin embargo, cuando se realizó el modelamiento dimensional en el contexto específico (competencias en educación), se encontraron retos en la adaptación de los casos de diseño y apareció un nuevo caso no contemplado previamente en la literatura. De otra parte, la investigación que modela las competencias requeridas por profesionales en el mercado laboral en una bodega (Georgescu and Sbughea, 2012), presenta casos de diseño muy sencillos y, por lo tanto, no aporta significativamente al desarrollo del proyecto en este aspecto.

Además, en este artículo se presenta un escenario de ejemplo, mostrando los componentes principales de un sistema de soporte a la toma de decisiones desarrollado para el Programa Computadores para Educar (CPE) (MINTIC, 2012) en alianza con la Universidad del Cauca, el cual puede ser replicado en otros programas con objetivos similares. Este sistema busca medir el desarrollo de habilidades y

desempeños, expresados en competencias adquiridas por estudiantes y docentes en las TIC, soportado por una bodega de datos.

A continuación, en la sección 2 se presentan los casos de diseño identificados en el modelado dimensional de competencias en TIC y el nuevo caso de diseño encontrado. En la sección 3 se presenta el sistema de soporte a la toma de decisiones para el programa CPE-UniCauca y, finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones de la investigación y el trabajo futuro.

2. MODELADO DIMENSIONAL DE COMPETENCIAS EN TIC

A continuación se presentan los casos de diseño identificados durante el proceso de modelado dimensional, incluyendo uno nuevo no contemplado en la literatura. Para cada caso, se exponen las situaciones encontradas, su respectiva solución y, finalmente, su aplicación o adaptación.

2.1 Relación muchos a muchos (M-M)

Cuando se realizan modelos dimensionales se pueden presentar dos tipos de relaciones de muchos a muchos (M-M): entre dimensiones, y entre la tabla de hechos y una dimensión. A continuación se presentan este tipo de relaciones en el contexto de la investigación realizada.

Relación muchos a muchos entre dimensiones. Cuando se modelan dimensiones, se pueden presentar relaciones de M-M entre ellas, como ocurre con las cuentas de banco y los clientes. Un cliente puede tener varias cuentas bancarias, y una cuenta puede pertenecer a varios clientes. Para este caso, (Kimball, *et al.*, 1998) recomienda crear una tabla puente entre las dimensiones. La **Tabla 1** muestra los casos de M-M entre dimensiones presentados en el modelado realizado.

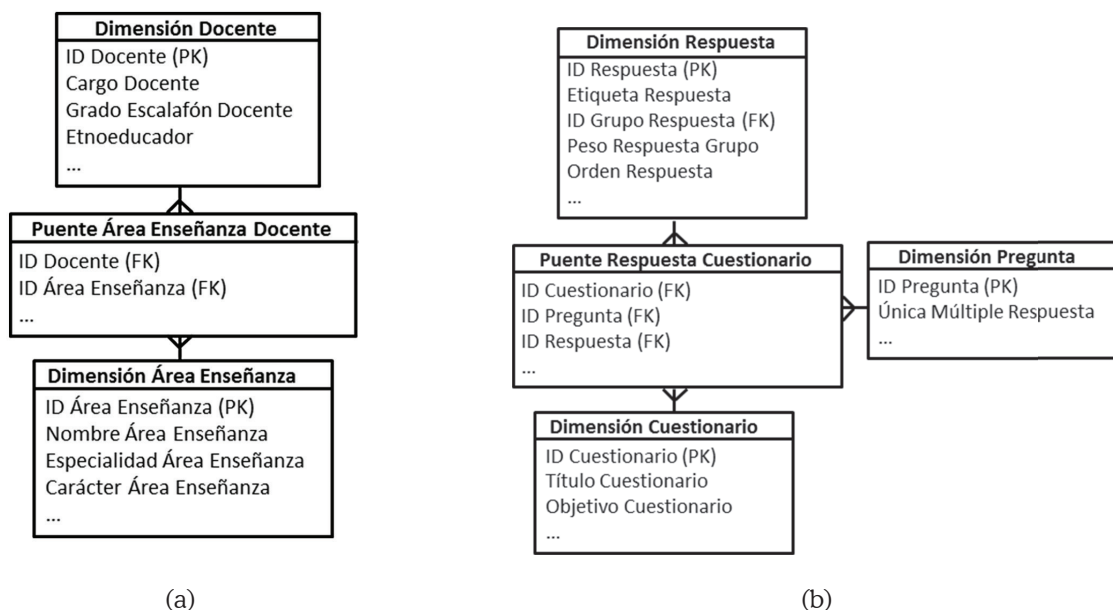
Relación muchos a muchos entre tabla de hechos-dimensión. Cuando se modela una tabla de hechos, por lo general, cada hecho se relaciona con un único miembro de una dimensión, y esta puede estar relacionada con diferentes hechos (relación estándar de 1-M). Sin embargo, existen otros casos en



Tabla 1. Relaciones M-M entre dimensiones

<p>Área enseñanza–docente: un docente puede orientar clases en más de un área de enseñanza (ciencias naturales, matemáticas, etc.) y un área de enseñanza puede ser orientada por más de un docente, lo cual representa una relación M-M, que se modela con una tabla puente <i>puente área enseñanza docente</i> como se presenta en la Figura 2.a.</p>
<p>Área Enseñanza–Estudiante: esta relación también se modeló con una tabla puente denominada <i>puente área enseñanza estudiante</i>, entre estudiante y área de enseñanza.</p>
<p>Grado enseñanza–docente: los docentes pueden impartir clases en diferentes grados de enseñanza (primero, noveno, etc.), y en un mismo grado pueden impartir clases varios docentes, esta relación se modela con una tabla puente <i>puente grado enseñanza docente</i>.</p>
<p>Respuesta, pregunta y cuestionario: el modelo contempla el almacenamiento de diferentes cuestionarios para ser aplicados a los diferentes actores, y varias versiones de dichos cuestionarios (modificaciones a preguntas y respuestas). Generándose una relación M-M entre las dimensiones: cuestionario, pregunta y respuesta. Como en los casos anteriores esta relación se modela con una tabla puente <i>puente respuesta cuestionario</i> (ver Figura 2.b), para almacenar las relaciones históricas entre estas dimensiones, y registrar las preguntas de un cuestionario y sus respectivas respuestas, permitiendo identificar todas las posibles respuestas definidas para una pregunta.</p>

Figura 2. Puentes entre área enseñanza–docente (a) y respuesta–cuestionario (b)



el que un hecho puede estar relacionado con varios miembros de una dimensión (relación M-M) (Kimball, *et al.*, 1998). Por ejemplo, en una consulta médica un paciente puede tener varios diagnósticos, y un mismo diagnóstico puede ser dictaminado a varios pacientes.

Kimball propone crear una tabla puente que reúna los diagnósticos en distintos grupos, relacionando de esta manera un grupo de diagnósticos a un paciente en particular en la tabla de hechos. La **Tabla 2** muestra algunos casos que se presentaron en la investigación.

Tabla 2. Relaciones M-M entre tabla de hechos evaluación y las dimensiones

Pregunta y Respuesta: la información necesaria para la medición de las competencias de los actores es recolectada por medio de evaluaciones. Éstas permiten relacionar el cuestionario aplicado, las preguntas y respuestas del mismo, con el actor que diligenció dicha evaluación. La tabla de hechos *evaluación actor* relaciona una evaluación específica diligenciada por un actor en particular. Para registrar las respuestas marcadas por un actor, es necesario modelar una relación entre las dimensiones *pregunta* y *respuesta*, con la tabla de Hechos *evaluación actor*, encontrando una relación M-M, ya que las respuestas se encuentran asociadas a las preguntas de una evaluación. Esta relación se modela con una tabla puente entre la tabla de hechos y estas dos dimensiones, donde *ID grupo pregunta respuesta* agrupa las preguntas y las respuestas seleccionadas en una evaluación diligenciada por un actor en particular (ver **Figura 3**). En este contexto, la tabla *respuesta evaluación actor* actúa como puente entre las dimensiones *respuesta*, *pregunta* y la tabla de hechos *evaluación actor*.

Indicador: para la medición de las competencias en TIC de un actor, se inicia con la ponderación de las respuestas seleccionadas por éste en su evaluación, luego se calculan los respectivos pesos ponderados para cada una de las preguntas del cuestionario. Después se realiza el cálculo correspondiente a los indicadores, desempeños y finalmente el peso ponderado de las competencias del actor específico. En la **Figura 4.a** se muestra un ejemplo de este proceso, las celdas resaltadas representan las respuestas del cuestionario seleccionadas por el actor, al lado de cada uno de los elementos (C1, I2, P4, etc.) se encuentra su valor calculado (D2 = 0,250), los demás valores representan los pesos ponderados de cada elemento con respecto a su nivel superior. Esta figura muestra la relación existente entre la evaluación y la jerarquía de las competencias (Competencia -> Desempeño -> Indicador), identificando una relación de tipo M-M entre la dimensión *indicador* y la tabla de hechos *evaluación actor*, ya que un Indicador puede estar relacionado con varias evaluaciones, y una evaluación puede relacionarse con varios indicadores. Esta relación fue modelada con la tabla puente *indicador actor*, para almacenar el valor de cada elemento de la jerarquía de Competencias (ver **Figura 4.b**).

Figura 3. Puente Respuesta Evaluación Actor (según Kimball)

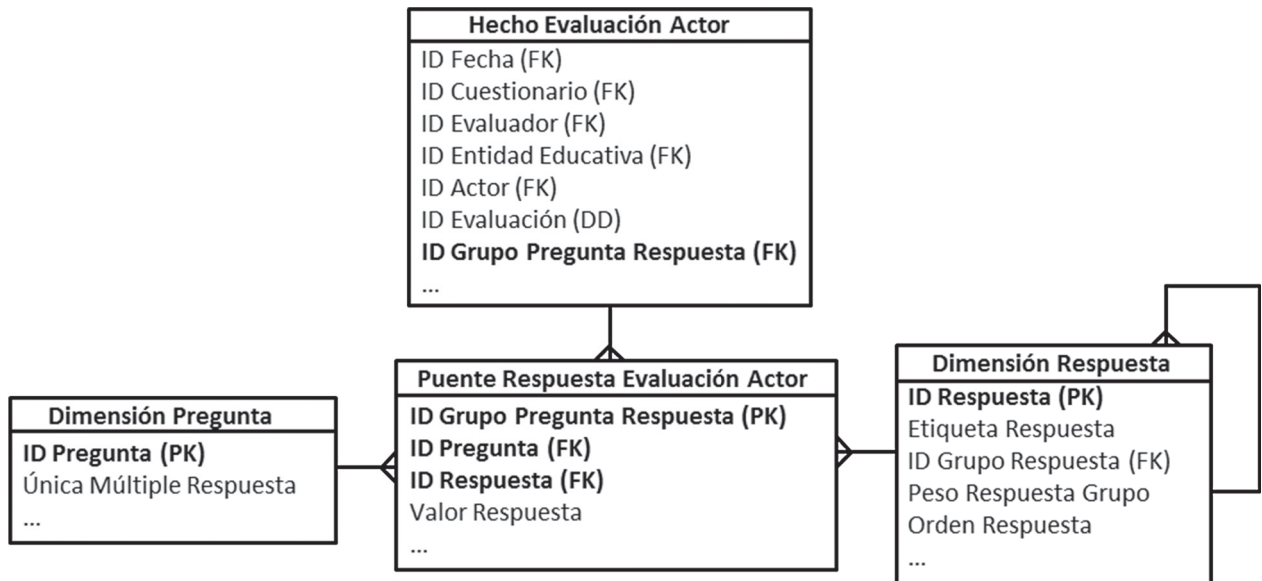
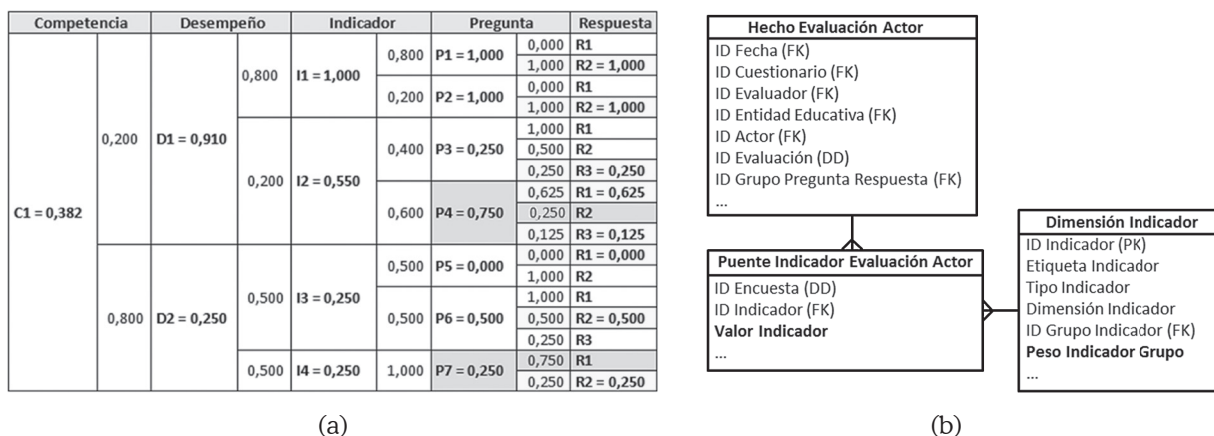




Figura 4 Medición de Competencias (a) y Puente Indicador Actor (b)



2.2 Productos heterogéneos

El caso de diseño de productos heterogéneos (Kimball, *et al.*, 1998) permite modelar diferentes líneas de negocio de una organización. Por ejemplo, un banco que ofrece a sus clientes diferentes productos, los cuales comparten atributos comunes, pero también cada producto presenta características particulares. Para este caso, Kimball propone crear una dimensión producto central que contiene solo los atributos comunes, y crear extensiones de esta dimensión por cada producto específico. Para el contexto de la investigación, los docentes y estudiantes, comparten información común: nombre, género, etnia, fecha nacimiento, etc.; pero tanto docentes como estudiantes presentan información particular. Por lo tanto, se creó la dimensión actor, que contiene todos los atributos compartidos por las dimensiones docente y estudiante, y estas últimas para realizar análisis independientes para docentes y estudiantes. En la **Figura 5** se puede apreciar que en la dimensión actor se encuentra el atributo *tipo actor*, para identificar si un registro pertenece a un docente o a un estudiante.

2.3 Subdimensiones

La mayoría de las dimensiones se relacionan directamente con la tabla de hechos, pero en algunos casos es necesario relacionar una dimensión A (subdimensión) con la tabla de hechos por medio de una dimensión intermedia B, para navegar los hechos a través de la dimensión A. Por ejemplo: en la tabla de

hechos ventas, la dimensión distribuidor puede incluir la subdimensión *geografía*, que se relaciona con la tabla de hechos por medio de la dimensión *distribuidor*, permitiendo dimensionar las ventas del distribuidor por geografía (Kimball, *et al.*, 1998). Para el contexto de la investigación es importante conocer la localización de la entidad educativa, de la residencia y del lugar de nacimiento de los actores. Por lo tanto se modeló una subdimensión *localización* relacionada con las dimensiones *entidad educativa* y *actor* (ver **Figura 6**).

Figura 5. Productos heterogéneos a nivel dimensión-subdimensiones docente y estudiante

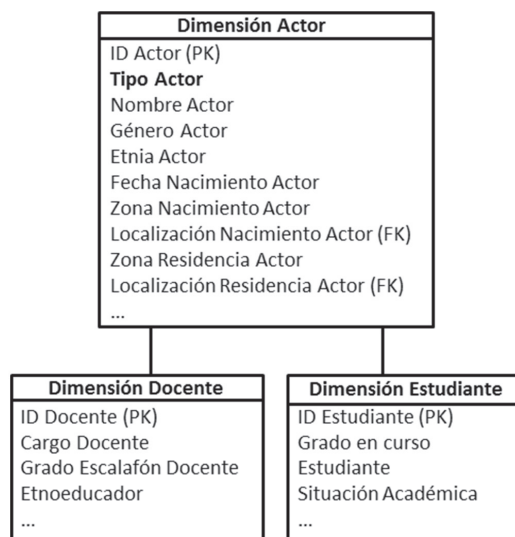
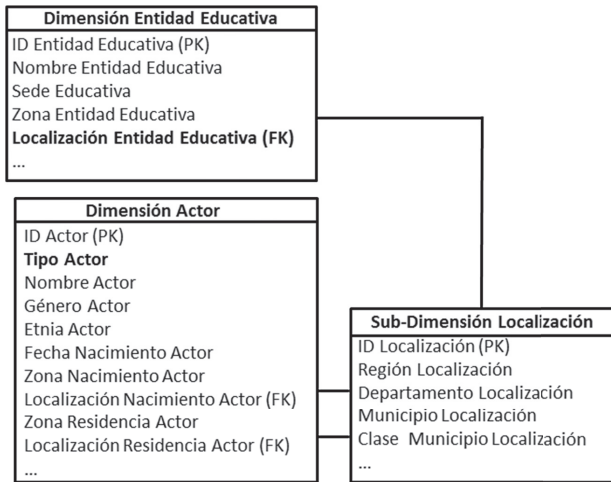


Figura 6. Subdimensión Localización



2.4 Jerarquías de organización

Las jerarquías de organización para dimensiones se definen mediante un atributo especial, que hace referencia al registro padre dentro de la estructura de organización, para determinar cómo se relacionan entre sí cada uno de los integrantes de la jerarquía. Estas jerarquías se construyen a partir de un único miembro y a partir del mismo se extraen las relaciones de los elementos de la jerarquía de organización entre los miembros asociados a su atributo clave (Kimball, *et al.*, 1998). Este tipo de jerarquía se utiliza generalmente para representar los datos de entidad de la organización, como la estructura de administración de los empleados de un departamento. A diferencia de las jerarquías definidas por el usuario (jerarquías de dimensión), donde el número de niveles de la jerarquía es fijo y no varía según los datos, una jerarquía de organización se define con un único nivel de una jerarquía y los valores de este único nivel generan los diversos niveles que ven los usuarios finales (Kimball, *et al.*, 1998; Mundy, *et al.*, 2006; MSDN 2010). La **Tabla 3** muestra las jerarquías de organización para este proyecto.

2.5 Dimensión con medidas

En el modelamiento de las dimensiones, se pueden presentar la necesidad de hacer cálculos con atributos de tipo numérico que se encuentran en la dimensión. A este caso de diseño que no existe en

Tabla 3. Dimensiones con jerarquías de organización

Indicador: para modelar las competencias en TIC se usa una jerarquía de organización, por medio de la relación recursiva que existe en la dimensión *indicador*, estableciendo las relaciones entre los diferentes niveles de la jerarquía (*competencia, desempeño, indicador, pregunta*). En la **Figura 7.a**, se observa la jerarquía de la dimensión *indicador*, donde el atributo *tipo indicador*, identifica el nivel de la jerarquía actual o si el indicador actual se refiere a una *competencia*, un *desempeño*, un *indicador* o una *pregunta*.

Respuesta: para agrupar las respuestas que seleccione un docente o estudiante evaluado, se utiliza una jerarquía de organización formada por la relación recursiva que existe en esta dimensión (Ver **Figura 7.b**), estableciendo las relaciones entre los diferentes niveles de la jerarquía (grupo respuesta, respuesta y respuesta 1). Un ejemplo de datos en los niveles de esta jerarquía se aprecia en la **Figura 8**.

la literatura, lo hemos denominado *dimensión con medidas*, y consiste en definir una dimensión basada en un elemento (valores, atributos o medidas) que necesita ser utilizado como una medida aunque no esté en la tabla de hechos. El diseñador debe tener cuidado de no confundirlo con una dimensión de hechos (Mundy, *et al.*, 2006) o una dimensión degenerada según Kimball (número de factura o número de pedido), este atributo de la dimensión se traslada a la tabla de hechos. A continuación en la **Tabla 4**, se presentan los dos casos de dimensiones con medidas registrados en la investigación.

2.6 Modelo dimensional competencias en TIC

Teniendo en cuenta los casos de diseño presentados anteriormente, el esquema estrella que permite modelar las competencias en TIC se resume en la **Figura 10**.



Tabla 4. Dimensiones con medidas

Respuesta: en la dimensión *respuesta* se presentó el caso de diseño dimensiones con medidas (ver **Figura 9.a**), donde algunos de sus atributos se desean tomar como medidas. Este es el caso del atributo *peso respuesta grupo* que representa el valor cuantitativo del peso de la respuesta con respecto a su grupo de respuestas, tomando los siguientes valores: 0, 1, 2, 3, 4 o 5. De la misma forma el atributo *nombre peso respuesta grupo*, representa el valor cualitativo (utilizado en las aplicaciones cliente) tomando respectivamente los siguientes valores: *nulo, muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto*. El atributo *peso respuesta grupo*, de la dimensión *respuesta*, combinado con el atributo **única múltiple respuesta**, de la dimensión *pregunta*, permite definir el valor cuantitativo de la respuesta, y este a su vez posibilita determinar los valores cuantitativos de los niveles de la jerarquía: indicador -> pregunta -> grupo respuesta -> respuesta.

Indicador: lo mismo ocurre con la dimensión *indicador* (ver **Figura 9.b**) ya que es necesario almacenar el atributo *PesoIndicadorGrupo*, que se utiliza como medida para calcular el valor del peso ponderado en relación al grupo de indicadores, y éstos, a su vez, se utilizan para calcular los valores de los indicadores que articulan los modelos de competencias en TIC definidos para estudiantes y docentes.

Figura 7. Jerarquía dimensión *indicador* (a) y jerarquía dimensión *respuesta* (b)

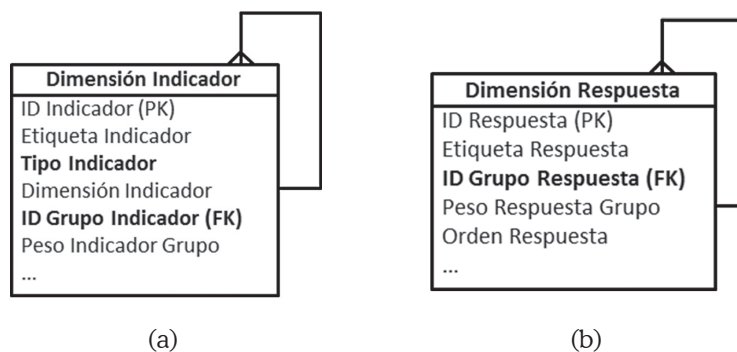


Figura 8. Datos jerarquía *respuesta*

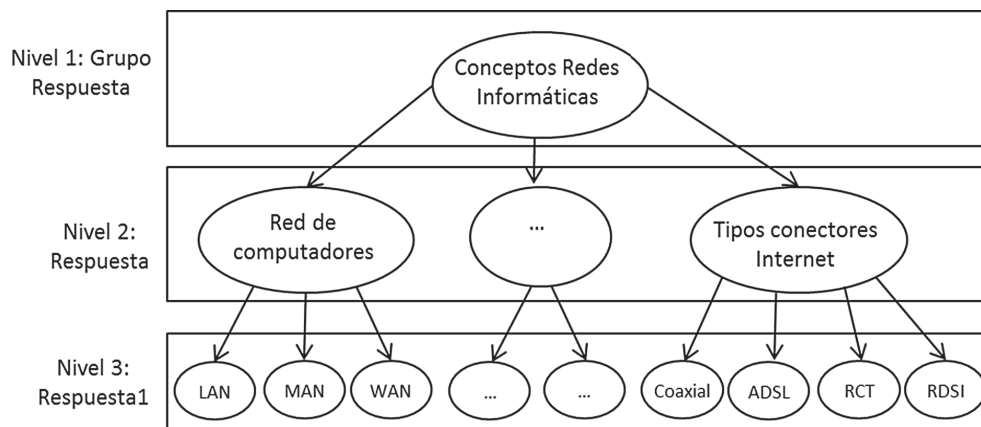


Figura 9. Dimensión con medida *respuesta* (a) y dimensión con medida *indicador* (b)

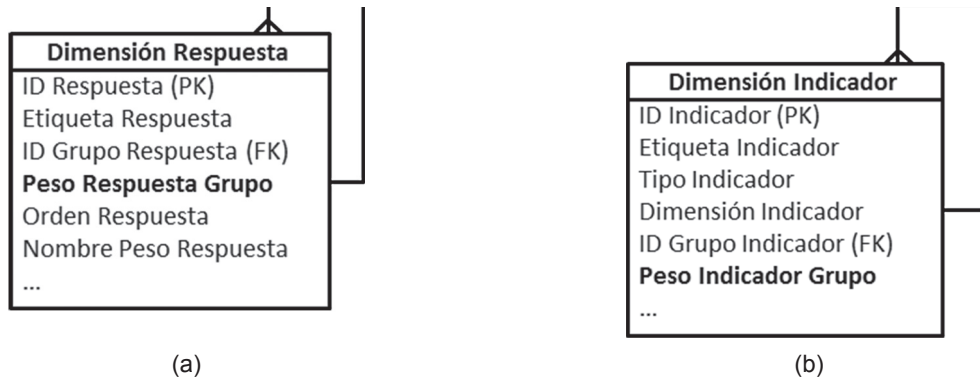
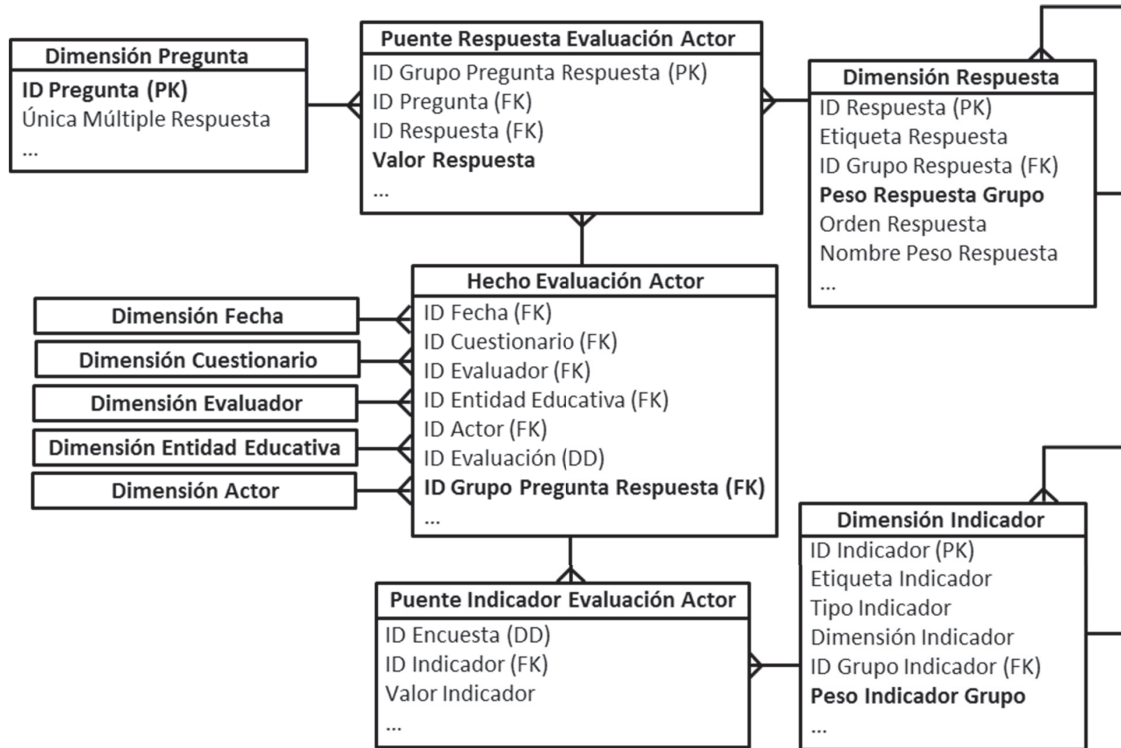


Figura 10. Modelo dimensional para competencias en TIC



3. SISTEMA DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES PARA CPE

3.1 Programa CPE-UNICAUCA

La Universidad del Cauca en alianza con Computadores para Educar (CPE-UNICAUCA), desde el año 2006 ha acompañado de 1.334 instituciones y a 7.250 docentes mediante 192.096 horas de formación, con las que se impactó indirectamente en 77.209 estudiantes,

a través de 1.740 proyectos pedagógicos, de gestión y sostenibilidad, en los departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo (Colombia). Con el objetivo de contar con diferentes perspectivas de análisis sobre las competencias en TIC adquiridas por los beneficiarios de las instituciones educativas en este programa, en este artículo se presenta un sistema de soporte a la toma de decisiones. El diseño de los casos específicos y su implementación en *Microsoft SQL Server Business Intelligence 2008*, se convierten en un



referente o herramienta útil para los diseñadores de bodegas de datos en diversos campos de aplicación.

3.2 Bases para el diseño de la bodega de datos de CPE

Antes de definir el modelo dimensional de la bodega de datos que se presenta en este documento fue necesario definir dos aspectos importantes: 1) la estructura de las competencias, y 2) el diseño de las encuestas y su aplicación a los beneficiarios del programa CPE.

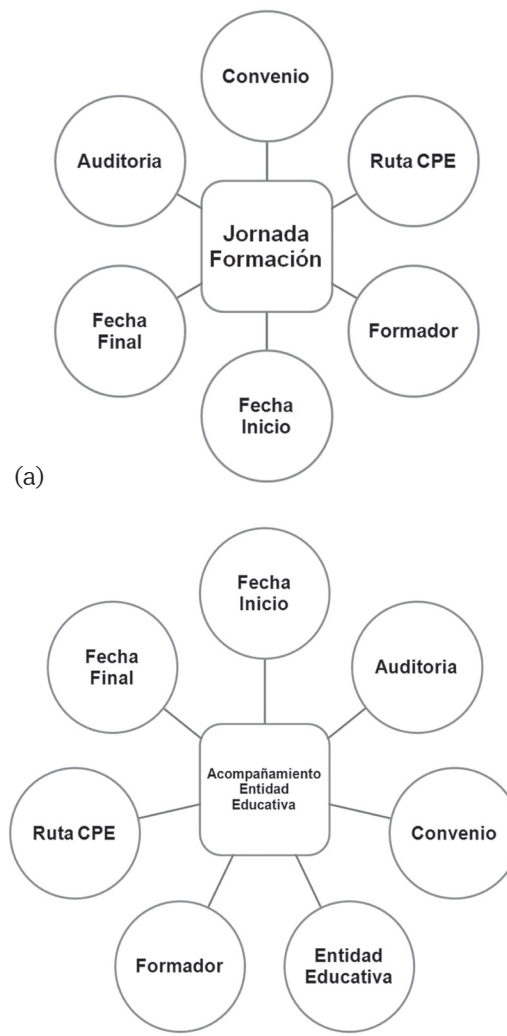
Para definir la estructura de las competencias se tomaron, como referentes, el programa ENLACES en Chile, Enlaces (2010); los estándares de competencias para docentes en TIC de la UNESCO, UNESCO (2008); estándares para estudiantes del ISTE, ISTE (2007); las propuestas de modelos de competencias en TIC planteadas por el Ministerio de Educación de Colombia, MEN (2008); y el Instituto Canario de Evaluación y Calidad Educativa, ICEC (2004). Después de esta revisión, se definió una estructura de competencias genérica enfocada en tres aspectos: competencia (conocimientos, habilidades y actitudes de una persona) -> desempeño (nivel de logros laborales de un individuo) -> indicador (expresión cualitativa o cuantitativa de un desempeño).

El diseño de las encuestas se realizó adoptando la propuesta de Oncins de Frutos (2012), tomando como datos: el análisis de documentos y formatos utilizados por las personas encargadas de la capacitación (formadores) de los docentes y estudiantes y la estructura de competencias en TIC definida. Fue necesario diseñar y aplicar cuatro encuestas, una por cada beneficiario del contexto educativo (docentes, estudiantes, formadores y directivos de la institución), recogiendo información de: los beneficiarios pertenecientes al contexto educativo; tipo socio-económico, profesional, educativo, entre otros factores; y por último, relacionada con indicadores del modelo de competencias pedagógicas, comunicativas y colaborativas; y técnicas y tecnológicas.

3.3 Data Marts

A continuación se describen los *Data Mart* (visión de datos operacionales que ayudan a decidir sobre estrategias de negocio basadas en el análisis

Figura 11 *Data Mart* Jornada Formación (a), Acompañamiento Entidad Educativa (b)



de tendencias y experiencias pasadas) que fueron considerados durante el modelado dimensional.

***Data Mart* jornada de formación (Figura 11.a).** Almacena información de las jornadas de formación, como: nombre, cantidad de horas dictadas en los ejes pedagógico, infraestructura y de gestión, temas y recursos educativos utilizados en las jornadas.

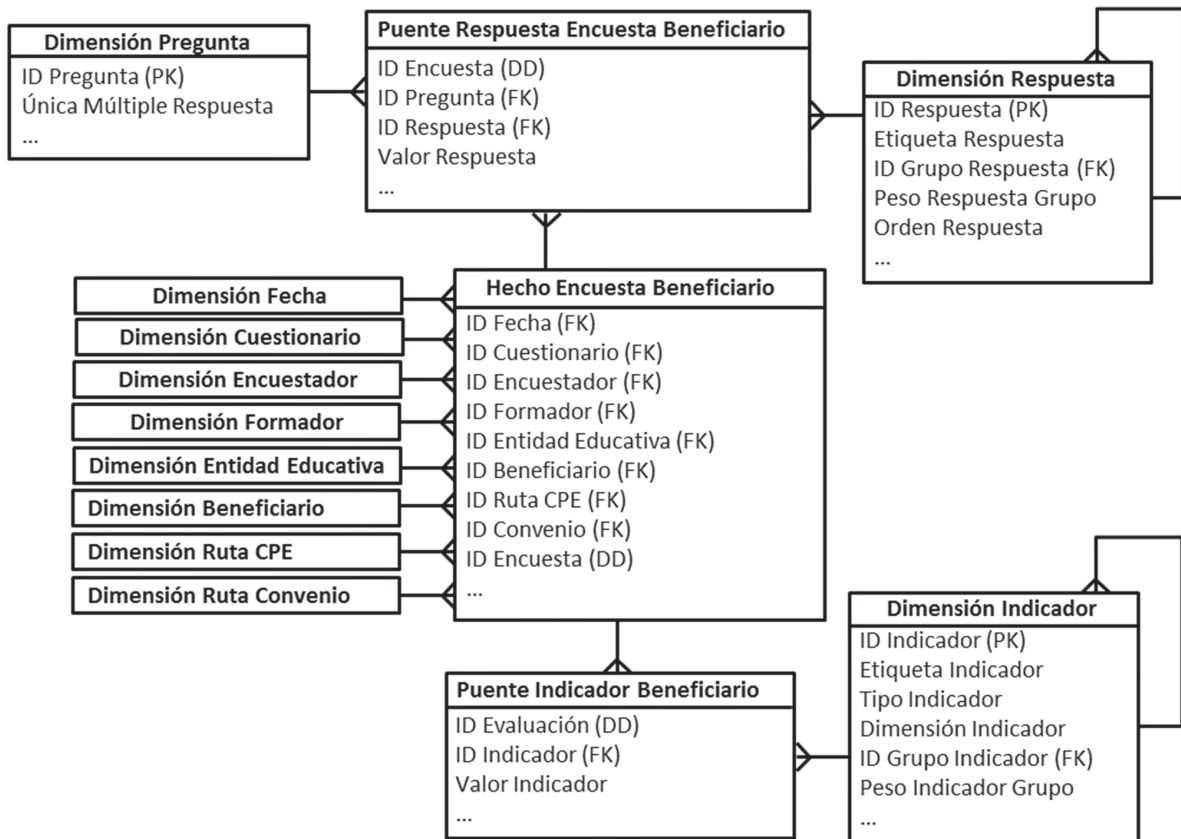
***Data Mart* acompañamiento entidad educativa (Figura 11.b).** Reúne información relacionada con cada uno de los acompañamientos realizados en las instituciones educativas beneficiadas por el programa, información como cantidad de recursos tecnológicos donados, número de beneficiarios formados, etc.

Data Mart respuesta encuesta beneficiario (Figura 12). Este proceso de negocio almacena las respuestas de las encuestas aplicadas a las personas beneficiadas por el programa (docentes, directivos, estudiantes primaria básica y secundaria básica). Esto permite analizar los cuestionarios aplicados con sus

Figura 12. Data Mart respuesta encuesta beneficiario



Figura 13. Data Mart encuesta beneficiario





respectivas respuestas a nivel del beneficiario, a nivel institucional o agrupados por formador. Este *Data Mart* es uno de los más importantes en el modelado, ya que permite medir las competencias en TIC de los beneficiarios; además para su diseño fue necesario plantear un nuevo caso de modelado. En la **Figura 13** se muestra a un mayor nivel de detalle el modelado de las competencias (hecho *indicador beneficiario* y dimensión *indicador*), la encuesta (*dimensiones pregunta, respuesta y cuestionario*) y las respuestas del beneficiario (hechos de la tabla de hechos *respuesta encuesta beneficiario*).

El cálculo de los pesos ponderados para realizar la medición de las competencias en TIC de los docentes y estudiantes, se explica en las ecuaciones 1, 2 y 3.

Para preguntas de múltiple respuesta:

$$\text{ValorRespuesta} = \frac{\text{PesoRespuestaGrupo}}{\text{Sum(PesoRespuestaGrupo_MismoGrupoRespuestas)}} \quad (1)$$

Para preguntas de única respuesta:

$$\text{ValorRespuesta} = \frac{\text{PesoRespuestaGrupo}}{\text{Max(PesoRespuestaGrupo_MismoGrupoRespuestas)}} \quad (2)$$

Para obtener el valor cuantitativo de la pregunta se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{ValorRespuesta} = \text{Sum (ValorRespuesta_Beneficiario)} \quad (3)$$

Durante la implementación de este nuevo caso de dimensiones con medidas, se encontró que la herramienta (SQL Server 2008) no permite obtener directamente los resultados necesarios para la medición de las competencias en TIC y por lo anterior, fue necesario definir e implementar mediante lenguaje de Expresiones Multi-dimensionales (MDX, por sus siglas en inglés, *Multidimensional Expressions*), los comportamientos y operaciones requeridas utilizando un miembro calculado para el valor del peso ponderado en cada nivel de la jerarquía (*competencia, desempeño, indicador*). Para obtener un tiempo de respuesta aceptable para el usuario final y disminuir la complejidad de procesamiento para obtener el valor cuantitativo de las competencias, este cálculo se hizo persistente en la medida *valor respuesta* de la tabla de hechos *puente respuesta encuesta beneficiario* (ver **Figura 13**). La **Figura 14** muestra el código MDX creado para calcular un valor porcentual de la cantidad de respuestas de una pregunta en particular.

Figura 14. Cálculo valor porcentual de cantidad de respuesta a una pregunta en particular

```
CREATE MEMBER CURRENTCUBE.[MEASURES].[% Respuesta
Beneficiario] AS
CoalesceEmpty (
([Respuesta].[Grupo Respuesta].CurrentMember,
[Measures].[Recuento Respuesta Beneficiario]) /
([Respuesta].[Grupo Respuesta].[All]).[All],
[Measures].[Recuento Respuesta Beneficiario]),
NULL
),
FORMAT_STRING = "Percent",
VISIBLE = 1;
```

En la **Figura 15**, se muestra el código MDX encargado de controlar los comportamientos para los valores de los indicadores obtenidos por cada beneficiario encuestado.

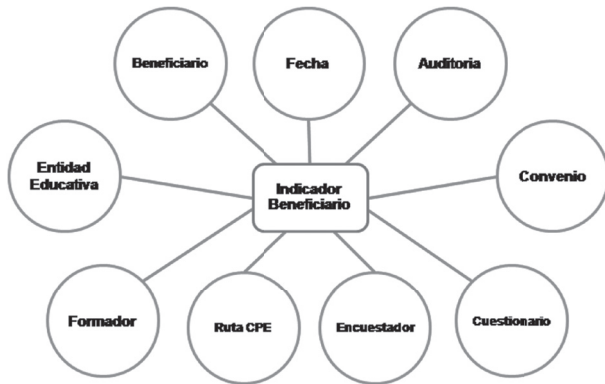
Figura 15. Control de valores de los indicadores obtenidos por cada beneficiario encuestado

```
CREATE MEMBER CURRENTCUBE.[MEASURES].[Valor
Indicador] AS
CASE
WHEN [Indicador Beneficiario].[Encuesta].
CurrentMember.Level IS
[Indicador Beneficiario].[Encuesta].[All] THEN
Avg (Descendants ([Indicador Beneficiario].
[Encuesta].CurrentMember),
[Measures].[Valor Beneficiario])
ELSE
CASE
WHEN [Indicador].[Grupo Indicador].
CurrentMember.Level IS
[Indicador].[Grupo Indicador].[All] Then
Avg (Descendants ([Indicador].[Grupo
Indicador].CurrentMember),
[Measures].[Valor Beneficiario])
ELSE
([Indicador].[Grupo Indicador].
CurrentMember.DataMember,
[Measures].[Valor Indicador])
END
END,
FORMAT_STRING = "#,0.000", VISIBLE = 1;
```

Data Mart indicador beneficiario (Figura 16).

En este *Data Mart* se almacena información del modelo de competencias en TIC (*competencias, desempeños e indicadores*) definidas por CPE para los docentes beneficiados por el programa, y el modelo establecido para los estudiantes. A su vez las relaciona con el *beneficiario, encuestador, entidad educativa, formador, ruta CPE, cuestionario, convenio, fecha y la medida valor indicador*, la cual representa el valor obtenido para cierto

Figura 16. Data Mart indicador beneficiario



indicador, desempeño o competencia de un beneficiario según sus respuestas al cuestionario aplicado. Los valores de esta medida son obtenidos por medio de un cálculo persistente que se realiza durante el proceso de ETL de la bodega de datos, por los mismos motivos presentados anteriormente en el Data Mart respuesta encuesta beneficiario. Este Data Mart permite analizar los resultados de los indicadores de los beneficiarios encuestados, como por ejemplo: realizar comparaciones entre las competencias que han adquirido las personas beneficiadas filtrando la información por sede educativa, por información demográfica (género, edad, etc.) del beneficiario o por alguna combinación de las mismas, etc.

En la **Figura 17** se presenta la interfaz principal del sistema de soporte a la toma de decisiones propuesto (bodega de datos y cubos multi-dimensionales). Este sistema permite realizar reportes estáticos y dinámicos (*ad hoc*, por exploración) muy útiles en el marco de los procesos de acompañamiento pedagógico que hacen las universidades con CPE. Por ejemplo, en la **Figura 17** se muestra gráficamente la consulta *ad hoc* (dinámico), *respuesta por nivel educativo*, donde se filtran las respuestas de la pregunta «¿Considera que con la integración de las TIC se fortalecen los procesos de enseñanza-aprendizaje?» por el nivel educativo de los docentes beneficiarios encuestados. Como se puede observar en la mayoría de los niveles educativos la respuesta de los docentes fue afirmativa, mientras que una minoría de docentes respondieron negativamente, especialmente los docentes del nivel educativo normalista superior y otro pequeño grupo que no contestaron a la pregunta.

En la **Figura 18** se muestra un ejemplo de reporte estándar (estático) con parámetros, que presenta el resultado obtenido por los estudiantes en un indicador en particular, permitiendo analizar las diferencias en los resultados de los estudiantes por su género y agrupándolos por su entidad educativa.

Este DSS (bodega de datos y OLAP) para CPE permite analizar los datos socio-económicos y de competencias en TIC de los beneficiarios de las

Figura 17. Vista gráfica consultas *ad hoc*

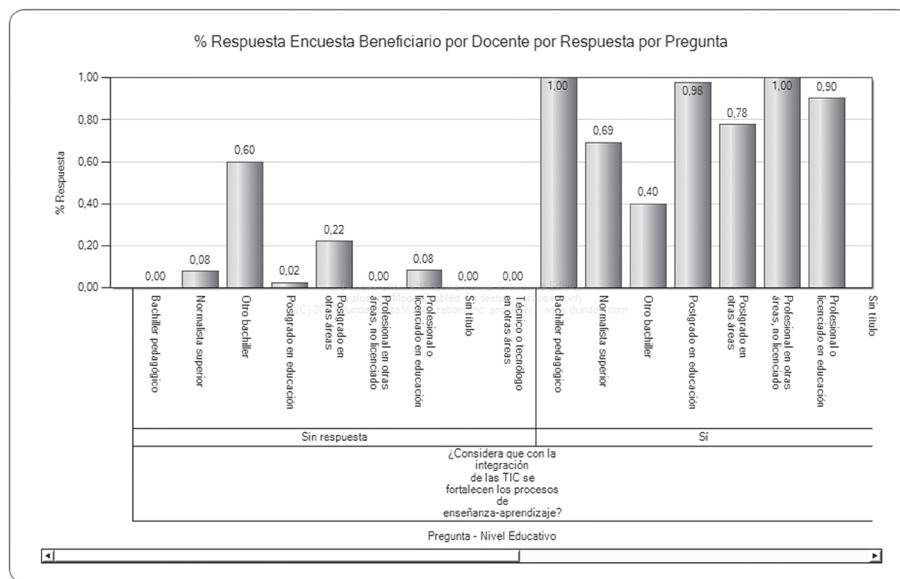





Figura 18. Reporte estándar – indicador por género estudiante


COMPUTADORES PARA EDUCAR
CONVENIO CPE-UNICAUCA
Indicador por Entidad Educativa por Género Estudiante

		Indicador
CENTRO EDUCATIVO EL EMPALME SEDE CENTRO DE EDUCACIÓN BÁSICA EL EMPALME	Femenino	0,279
	Masculino	0,309
CENTRO EDUCATIVO RURAL ALTO AFAN	Femenino	0,276
	Masculino	0,391
INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLONIA ESCOLAR COCONUCO	Femenino	0,516
	Masculino	0,548
INSTITUCIÓN EDUCATIVA JESÚS DE PRAGA	Femenino	0,588
	Masculino	0,609
INSTITUCIÓN EDUCATIVA JORGE ELIÉCER GAITÁN SEDE SECUNDARIA	Femenino	0,697
	Masculino	0,631
INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA CARBONERA SEDE PRINCIPAL INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA CARBONERA	Femenino	0,498
	Masculino	0,685
INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS HÉROES	Femenino	0,518
	Masculino	0,474
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARCO FIDEL SUÁREZ SEDE PRINCIPAL COLEGIO DE BACHILLERATO MARCO FIDEL SUÁREZ	Femenino	0,685
	Masculino	0,662
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	Femenino	0,691
	Masculino	0,576
INSTITUCIÓN EDUCATIVA URIBE SEDE ESCUELA RURAL MIXTA URIBE	Femenino	0,318

instituciones educativas. Este sistema soporta el proceso de búsqueda de mejores estrategias que permiten refinar la etapa de formación y acompañamiento educativo en la inclusión de las TIC en las instituciones educativas, basado en la información histórica y en los reportes (estándar y *ad hoc*) que se pueden generar con el mismo permitiendo apoyar el proceso de toma de decisiones de los encargados de estos programas de gobierno.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se plantea un nuevo caso de diseño denominado «Dimensión con medidas», que junto con la tabla de hechos *evaluación beneficiario*, una tabla *punteo indicador beneficiario* y el cálculo de medidas con funciones MDX permiten el cálculo de las competencias para cada uno de los actores de las instituciones educativas. Este nuevo caso de diseño puede ser usado en diferentes contextos, en los cuales sean necesarios cálculos recursivos de atributos numéricos de dimensiones jerárquicas de organización. Además se presentan casos de diseño propuestos por Kimball, que se adaptaron al contexto del modelamiento de competencias en TIC, como: relación muchos a muchos, productos heterogéneos, subdimensiones y jerarquías de organización.

Aunque en el diseño de Bodegas de datos en ambientes de negocio se cuenta fácilmente con gran cantidad

de datos estadísticos e históricos, en el contexto educativo generalmente no ocurre lo mismo. Por lo anterior, las instituciones educativas, deben empezar a estructurar mejor sus sistemas de información y almacenar datos operacionales que en el futuro cercano les permita aprovechar estos datos para la toma de decisiones. Para subsanar esta falta de datos, en este proyecto, se diseñó y aplicó un conjunto de encuestas a una muestra representativa de docentes y estudiantes de las instituciones educativas en cuestión. El modelo dimensional propuesto para CPE es una experiencia exitosa en el uso de estas tecnologías en educación, que se puede replicar en otros programas de gobierno que busquen objetivos similares.

Como se muestra en este trabajo, las bodegas de datos son una tecnología que puede ser aprovechada en contextos diferentes al de negocios. Sin embargo, aún existen ciertas limitaciones a nivel conceptual en el modelado de datos y de visualización en las herramientas OLAP disponibles; como ocurre con el nuevo caso de diseño presentado en este artículo (*Dimensiones con medidas*), para el cual fue necesario hacer uso de código MDX que permitiera la navegación por este tipo de dimensiones y el cálculo recursivo de las competencias. Superar estas limitaciones permitirá a estas tecnologías ser apropiadas más fácilmente en otros contextos diferentes al de negocios y obtener los beneficios de análisis de datos y soporte en la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Bustos-Ríos, L.S., Moreno-Laverde, R. y Duque, N.D. (2011). Modelo de una bodega de datos para el soporte a la investigación bioinformática. *Scientia et Technica*, 16(49) diciembre, pp. 145-152.
- De Mul, M., Alons, P., Van Der Velde, P., Konings, I., Bakker, J. and Hazelzet, J. (2012). Development of a Clinical Data Warehouse from an Intensive Care Clinical Information System. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 105(1) January, pp. 22-30.
- Enlaces (2010). *Centro de Educación y Tecnología del Ministerio de Educación* [Online]. Gobierno de Chile, Ministerio de Educación. Disponible en: <http://www.enlaces.cl> [Consultado septiembre 20, 2010].
- Georgescu, C. and Sbughea, C. (2012). Data Warehouse for Professional Skills Required on the IT Labor Market. *Risk in Contemporary Economy*, pp. 161-166.
- Glorio, O., Mazón, J.-N., Garrigós, I. and Trujillo, J. (2012). A Personalization Process for Spatial Data Warehouse Development. *Decision Support Systems*, 52(4) March, pp. 884-898.
- ICEC (2004). *Competencias básicas en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) Evaluación e Investigación Educativa*, Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- ISTE, (2007). *National Educational Technology Standards for Students*, International Society for Technology in Education, 2nd edition.
- Kimball, R., Reeves, L., Ross, M. and Thornthwaite, W. (1998). *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses*, John Wiley and Sons.
- Kyung, M. J., Yom, J. H. and Kim, S. Y. (2012). Spatial Data Warehouse Design and Spatial OLAP Implementation for Decision Making of Geospatial Data Update. *Ksce Journal of Civil Engineering*, 16(6) September, pp. 1023-1031.
- Liu, S., Han, C., Wang, S. and Luo, Q. (2012). Data Warehouse Design For Earth Observation Satellites. *Procedia Engineering*, 29, 3876-3882.
- MEN (2008). *Ser competente en tecnología: ¡una necesidad para el desarrollo!*, Ministerio de Educación Nacional - República de Colombia.
- Mendoza, M., Cobos, C., Muñoz, J., Acosta, L. y Gómez, L. (2006). Bodegas de datos y OLAP en Unicauca Virtual. *Revista Ingenierías. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas*, 5, pp. 99-108.
- MINTIC (2012). *Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - Republica de Colombia*. Disponible en: <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/> [Consultado septiembre 20, 2012]. [Online].
- MSDN (2010). *Jerarquías de usuario* [Online]. Microsoft Corporation. Disponible en: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms174935.aspx> [Consultado septiembre 17, 2010].
- Mundy, J., Thornthwaite, W. and Kimball, R. (2006). *The Microsoft Data Warehouse Toolkit: with SQL Server 2005 and the Microsoft Business Intelligence toolset*, Indianapolis, Indiana, USA, Wiley Publishing, Inc.
- Nilakanta, S., Scheibe, K. and Rai, A. (2008). Dimensional Issues in Agricultural Data Warehouse Designs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60(2), pp. 263-278.
- Oncins de Frutos, M. (2012). *Encuestas: metodología para su utilización*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. [Online]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_283.pdf. [Consultado septiembre 20, 2012].
- Romero, O. and Abelló, A. (2009). A Survey of Multidimensional Modeling Methodologies. *International Journal of Data Warehousing and Mining*, 5(2) April-June, pp. 1-23.
- UNESCO (2004). Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente. *Informe UNESCO*.
- UNESCO (2008). Estándares de competencias en TIC para docentes. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /
PARA CITAR ESTE ARTIGO /**

Mendoza, M.; Mendoza, J.; Zúñiga, D.; Moreno, J. y Cobos, C. (2013). Modelamiento dimensional de competencias TIC. *Revista EIA*, 10(20) julio-diciembre, pp. 39-54. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2013.10.20.39-54>