

# Modelo dimensional de servicios asistenciales para Dependencias de Salud de Universidades Públicas

## Dimensional model of healthcare services for Health Dependencies of Public Universities

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.16.2.2020.16>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 27/07/2020. Fecha de Aceptación: 14/09/2020.

**Ivonne Alejandra Tapia Ortega** 

Universidad del Cauca. Popayán (Colombia)  
ivonnetapia@unicauca.edu.co

**Lucero Cruz López** 

Universidad del Cauca. Popayán (Colombia)  
luceroacruz@unicauca.edu.co

**Martha Eliana Mendoza Becerra** 

Universidad del Cauca. Popayán (Colombia)  
mmendoza@unicauca.edu.co

Para citar este artículo:

I Tapia Ortega, L. Cruz López & M. Mendoza Becerra, “Modelo dimensional de servicios asistenciales para Dependencias de Salud de Universidades Públicas”, *INGE CUC*, vol. 16, no. 2, pp. 214–229, 2020. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.16.2.2020.16>

### Resumen

**Introducción**— La mayoría de las instituciones públicas de educación superior en Colombia ofrecen servicios asistenciales de salud a los estudiantes por medio de una dependencia, la cual necesita caracterizar la población apoyándose en bases de datos, para generar políticas de bienestar. Sin embargo, la mayoría no cuenta con un repositorio que integre la información de los servicios asistenciales, permita analizar los datos y generar programas de promoción y prevención de acuerdo a las características de la población.

**Objetivos**— Proponer tres modelos dimensionales para los servicios asistenciales de medicina general, odontología y psicología; especificando las técnicas de diseño identificadas.

**Metodología**— Para la elaboración de los modelos dimensionales y del prototipo de bodega de datos, se utilizó la Metodología de desarrollo de bodegas de datos para MiPymes, teniendo en cuenta que está dirigida a grupos pequeños de trabajo y al uso de pocos roles y artefactos.

**Resultados**— La evaluación de Utilidad basada en la norma ISO/IEC 25022 que se realizó al prototipo de bodega de datos para el servicio de medicina general de la Universidad del Cauca, mostró que el grado de satisfacción de los usuarios fue Muy satisfactorio.

**Conclusiones**— Los modelos dimensionales propuestos permiten obtener estadísticas solicitadas por entidades de gobierno, lo cual se describe en las técnicas de diseño identificadas, permitiendo que estos modelos puedan ser adaptados en el diseño de servicios de salud similares en universidades públicas del país.

**Palabras clave**— Modelo dimensional; bodega de datos; consulta médica; consulta odontológica; consulta psicológica

### Abstract

**Introduction**— Most public higher education institutions in Colombia offer healthcare services to students through a dependency, which needs to characterize the population, relying on databases, to generate welfare policies. However, most of them do not have a repository that integrates information from healthcare services, allows analyzing the data, and generates programs of promotion and prevention in accordance with the characteristics of the population.

**Objectives**— Propose a trio of dimensional models for healthcare services in general medicine, dentistry and psychology, specifying the identified design techniques.

**Methodology**— In the elaboration of the dimensional models and the data warehouse prototype, the methodology for the development of data warehouses for small and medium-sized enterprises was used, bearing in mind that it is aimed at small workgroups and the use of few roles and artifacts.

**Results**— The evaluation of Utility based on the ISO/IEC 25022 standard that was carried out on the prototype of the data warehouse for the general medicine service of the Universidad del Cauca, it showed that the degree of user satisfaction was Very satisfactory.

**Conclusions**— The proposed dimensional models allow obtaining statistics requested by government entities, which is described in the design techniques identified, allowing these models to be adapted in the design of similar health services in public universities in the country.

**Keywords**— Dimensional model; data warehouse; medical consultation; odontologic consultation; psychological consultation

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las instituciones públicas de educación superior del país cuentan con una división o dependencia encargada del bienestar universitario. Estas dependencias toman como guía los lineamientos de política de bienestar para estas instituciones establecidos por el Ministerio de Educación Nacional [1], y cada institución establece los servicios que debe prestar la dependencia. Teniendo en cuenta la información presentada en los sitios web oficiales de las universidades públicas de Colombia, el 84,4% prestan servicios de salud en medicina general, el 68,8% en odontología y el 82,8% en psicología.

Entre los componentes de bienestar de esta política se define la *Caracterización de la población* [1], que propone clasificar la población de forma dinámica, periódica y sistemática apoyándose en sistemas de información que permitan la interpretación de los datos, con el fin de obtener estadísticas para mejorar los servicios o reportarlas a entidades del gobierno que las soliciten como: alcaldías, gobernaciones, el Instituto Nacional de Salud, el Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud), entre otras [2].

Algunas de estas solicitudes están relacionadas con: (i) enfermedades sujetas a vigilancia como las transmisibles: infección por VIH/sida, infecciones de transmisión sexual, hepatitis virales, tuberculosis, malaria, entre otras; (ii) prevalentes no transmisibles: enfermedades cardiovasculares, respiratorias crónicas, diabetes y cáncer; (iii) mortalidad evitable: muertes relacionadas a factores como la prestación de servicios de salud [2]. También, personas con algún tipo de discapacidad; servicios de salud prestados como causa externa (enfermedad general, lesión de agresión, etc.), diagnóstico principal o relacionado y CUPS-Clasificación Única de Procedimientos en Salud), entre otras. Además, esta información se requiere clasificada demográficamente (edad y género) y/o por zona de residencia (urbano, rural).

Sin embargo, la mayoría de las instituciones de educación superior no cuentan con un repositorio que les permita integrar la información de sus fuentes de datos y caracterizarla para definir programas de promoción y prevención más focalizados de acuerdo con la población. Según Mineducación [3], la cantidad de estudiantes matriculados en instituciones de educación superior han estado creciendo, teniendo en cuenta que en el año 2003 fueron 470.532 y en 2015 fueron 1.167.888, lo cual implica una mayor cobertura en la prestación de los servicios asistenciales de salud y en los datos.

Las bodegas de datos permiten consolidar una gran variedad de datos con el objetivo de interpretar la información, facilitando a los ejecutivos la creación de consultas analíticas y la generación de reportes, para beneficio de la organización. Éstas han sido usadas principalmente en el sector de mercadeo y financiero, sin embargo, en la actualidad las bodegas están siendo utilizadas en el campo de la salud, dado que son una fuente de conocimiento importante para reducir costos y mejorar la calidad de los servicios [4].

A pesar de estos beneficios, no es común la aplicación de bodegas de datos en las dependencias de salud de las instituciones públicas del país, debido a que este sector se ve limitado en sus capacidades de adquisición, por lo que es difícil acceder a soluciones ofertadas por terceros. Por otra parte, la creación de una bodega de datos requiere de personal capacitado en el diseño e implementación de este tipo de soluciones debido a que el enfoque es diferente al del modelo relacional.

En la revisión de la literatura se encuentran trabajos relacionados con bodegas de datos [5], [6], [7], [8] y [9] que modelan procesos referentes a servicios médicos como: atención médica de enfermedades específicas, consulta médica, resultados de prueba de laboratorio, hospitalización y prescripción médica. Sin embargo, estos trabajos no explican en detalle los componentes del modelo dimensional (dimensiones, tablas de hechos y medidas), incluyen poca información sociodemográfica (limitando el análisis), algunos identifican solo una técnica de diseño estándar<sup>1</sup> (estas ayudan a apropiar los modelos) y ninguno de estos artículos fue evaluado (para conocer el impacto de su uso).

La sección II muestra la revisión de la literatura relacionada con modelamiento dimensional en el área de salud. En la sección III se describe la metodología usada para la elaboración de los modelos dimensionales y del prototipo de bodega de datos. En la sección IV se

<sup>1</sup> Son técnicas de modelado dimensional que se han estandarizado debido a su amplia aceptación en la industria.

describen los modelos dimensionales de los servicios asistenciales de medicina, odontología y psicología, junto con las técnicas de diseño identificadas. En la sección V se realiza una descripción del prototipo de bodega de datos implementado en la Universidad del Cauca. En la sección VI se expone los resultados de la evaluación realizada con base en la métrica de Nivel de satisfacción de la ISO/IEC 25022 la cual permite evaluar la subcaracterística de *Utilidad* del prototipo desarrollado. En la sección VII se presentan las conclusiones y trabajo futuro. En la sección VIII se expone los agradecimientos. Finalmente, en la sección IX se presenta el financiamiento del proyecto.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

Para la búsqueda de los artículos relacionados se utilizaron algunos elementos de las pautas presentadas por la Universidad de Keele [10]. En la planificación se utilizaron los elementos: Objetivo de la investigación, recursos (ScienceDirect, IEEE Xplore Digital Library, ACM, Scopus, Springer Link y Google Scholar), preguntas de investigación, estrategias de búsqueda y procedimientos de selección de artículos. Se definieron como criterios de inclusión de artículos: Cualquier autor o institución en los últimos 10 años y que presente un modelo dimensional relacionado con un servicio asistencial de salud; y como criterios de exclusión: el modelo presenta solo un ejemplo general de un servicio de salud que no se contextualiza con el resto del artículo, artículos que describen un modelo dimensional del mismo servicio de salud se excluyen los que proporcionan menos detalle o menos actualizados.

En el desarrollo de la revisión con la estrategia de búsqueda se obtuvieron 92 artículos, de los cuales se seleccionaron 21 (criterios de inclusión), de estos fueron descartados 16 (criterios de exclusión), dando como resultado 5 artículos relevantes para esta investigación, los cuales se describen a continuación:

En India se diseñó e implementó una bodega de datos de atención médica para enfermedades de influenza [5]. El esquema estrella presenta una tabla de hechos llamada *Hecho médico* con las dimensiones: Paciente, Síntoma, Enfermedad y Tratamiento; y las medidas: Año tratamiento y Resultado tratamiento; también incluye una tabla puente llamada *Detalle diagnóstico*, la cual representa la técnica de diseño Dimensión multivaluada, y una tabla puente entre la dimensión Síntoma y la tabla de hechos. El artículo describe de manera general las dimensiones, explica algunos atributos y no explica las medidas.

En otro artículo se describe el diseño de una bodega de datos de atención a pacientes con diabetes en Italia [6], presentando un esquema constelación con tres tablas de hechos: *Hospitalización* (sin medidas), *Prueba de laboratorio* y *Medicación*; que comparten cuatro dimensiones: Paciente, Fecha, Instalación y Proveedor. Además, *Hospitalización* tiene asociada la dimensión Motivo; *Prueba laboratorio* la dimensión Tipo prueba y las medidas Valor, Unidad, Valor mínimo y Valor máximo; y *Medicación* la dimensión Tipo medicamento y las medidas Cantidad de dosis y Dosis unitaria. También se presentan las tablas: *Puente proveedor* y *Grupo proveedor* que representan la técnica de diseño Dimensión multivaluada y tabla puente entre las tablas de hechos y la dimensión Proveedor; otra tabla es el *Puente Motivo* que representa la misma técnica de diseño entre la tabla de hechos *Hospitalización* y la dimensión Motivo. En la investigación se describe de manera general las dimensiones, explica algunos atributos y no explica las medidas.

También existe una propuesta del diseño e implementación de una bodega de datos de salud nacional para el gobierno de Bangladesh [8], la cual integra datos de atención médica. En ella se presenta un esquema estrella con la tabla de hechos *Resultado prueba* con las dimensiones: Paciente, Prueba, Tiempo, Laboratorio y las medidas Resultado prueba y Observaciones. Los autores de esta investigación propusieron en el año 2015 un esquema estrella similar [7], con el mismo nombre de la tabla de hechos, tres de sus dimensiones y las medidas; sin embargo, no se presenta la dimensión Laboratorio pero si una dimensión Patología. En ambas investigaciones no se explican las dimensiones, atributos ni medidas.

Recientemente [9], se ha propuesto el diseño e implementación de una bodega de datos de atención médica para obtener indicadores de salud, utilizando registros médicos electrónicos de diferentes estados de México. En este artículo se presenta un esquema estrella con una tabla de hechos llamada *Hechos tratamiento*, las dimensiones son: Paciente, Medicación

Local, Tiempo, CIE10, Doctor, Medicación y Prescripción; y las medidas: Dosis y Fecha. Sin embargo, en la tabla de hechos no se muestra la clave foránea de la dimensión Tiempo, describe de manera general las dimensiones, explican algunos atributos y no explican las medidas.

La comparación de estos trabajos relacionados se presenta en la [Tabla 1](#), la cual muestra una vista general de los componentes más importantes de un modelo dimensional. En la primera columna se muestra la referencia del artículo citado y el año de publicación; en la segunda se presentan las tablas de hechos del modelo dimensional; en la tercera se menciona si el modelo presenta alguna inconsistencia a nivel de diseño y su descripción; en la cuarta se indica el Total de Dimensiones (TO) que se presentan y de estas cuántas son explicadas con sus Atributos (EX) y cuántas son Entendibles (EN); para las medidas se indica de la misma forma que para las dimensiones por medio de la quinta columna; en la sexta se indican las técnicas de diseño encontradas en el modelo; finalmente se señala si la bodega de datos se implementó.

TABLA 1. COMPARACIÓN TRABAJOS RELACIONADOS.

Ref.	Tabla Hechos	Incons. Diseño	Expl. Dim. y Atrib.	Expl. Medida	Tecn. Dise.	IM
[5] 2013	Hecho médico.	No	4 TO 4 EN 2 EX	2 TO 0 EN 0 EX	Si (Dimensión multivaluada y tabla puente).	Si
[6] 2015	Hospitalización.	No	5 TO 5 EN 3 EX	No tiene medidas	Si (Dimensión multivaluada y tabla puente).	No
	Prueba de laboratorio.	No	5 TO 5 EN 3 EX	4 TO 2 EN 0 EX		No
	Medicación.	No	5 TO 5 EN 3 EX	2 TO 2 EN 0 EX		No
[7] 2015, [8] 2016	Resultados prueba.	No	4 TO 2 EN 0 EX	2 TO 2 EN 0 EX	No	Si
[9] 2018	Hechos tratamiento.	Si (Falta clave foránea de una dimensión en la tabla de hechos).	7 TO 5 EN 4 EX	2 TO 1 EN 0 EX	No	Si

Fuente: Autores [5], [6], [7], [8], [9].

Todos los modelos incorporan como datos sociodemográficos del paciente solo la Edad y el Género. Como se puede apreciar en la [Tabla 1](#), los artículos modelan servicios de salud como: atención médica [5], [9], hospitalización y medicación [6], y resultados de pruebas de laboratorio [6], [7] y [8]. En [5], [6] y [9] describen varias dimensiones y algunos atributos; [5] y [6] presentan una técnica de diseño; y [5], [7], [8] y [9] fueron implementados. Sin embargo, es difícil apropiar estos diseños dado que no proporcionan información de algunos atributos de las dimensiones, ni de sus medidas y no identifican otras técnicas de diseño. Además, se enfocan en el servicio asistencial de medicina general y ninguno está relacionado con servicios de odontología o psicología.

### III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la metodología de desarrollo de Bodegas de Datos para MiPymes (MBD) [11], la cual está dirigida a un grupo de trabajo pequeño, y el uso de pocos roles y artefactos. MBD presenta un enfoque iterativo e incremental, alta participación del usuario, y detalle de sus fases y actividades, lo cual facilitó el proceso de desarrollo. El ciclo de trabajo incluye las siguientes fases:

#### A. Iniciación

Se identificaron y priorizaron los procesos, seleccionando el proceso de servicios asistenciales de salud que incluye consulta en medicina general, odontología y psicología.

### B. *Planeación*

Se estableció el alcance y justificación (beneficios obtenidos), y se elaboró el plan de proyecto (objetivos, alcance, cronograma y actividades). Además, se asignaron roles y responsabilidades por parte del equipo del proyecto.

### C. *Análisis y diseño*

Se realizó la recolección de requerimientos para identificar y priorizar las necesidades analíticas del proceso de servicios asistenciales de salud. Se aplicaron dos cuestionarios, uno dirigido a los profesionales encargados de los servicios asistenciales de salud (medicina general, psicología y odontología) y otro para el personal encargado del sistema de información. Además se revisaron las solicitudes de las entidades de gobierno con respecto a estos servicios de salud [2]. Con base en los requerimientos identificados se crearon los tres modelos dimensionales.

### D. *Desarrollo*

Se construyó el prototipo de bodega para el modelo dimensional de consulta médica general para la División de Gestión de Salud Integral y Desarrollo Humano de la Universidad del Cauca (División de Salud de aquí en adelante). Esta fase se compone de las siguientes subfases:

- 1) *Definición de la arquitectura*: Se realizó un plan de arquitectura técnica con base en los requerimientos técnicos identificados en las entrevistas. También se generó un plan de infraestructura especificando requisitos de hardware, red y escritorio necesarios para desplegar el prototipo; y un plan de seguridad para manejar el acceso a la bodega de datos.
- 2) *Desarrollo del BackRoom*: Se realizaron las actividades del diseño físico de la bodega de datos relacional (incluyendo definición de estándares de nombrado, desarrollo del modelo físico de la base de datos, estimación del tamaño de la base de datos, creación de un plan de indexación, creación de un plan de agregación y creación de un plan de particionamiento), implementación de la bodega de datos y del proceso de ETL.
- 3) *Desarrollo del FrontRoom*: Se identificaron y priorizaron los reportes candidatos; se diseñó una estrategia de navegación y un estándar para los reportes.
- 4) *Integración*: Se integró el trabajo realizado en el BackRoom y el FrontRoom para realizar pruebas a los datos y corregir inconsistencias.
- 5) *Despliegue*: Se evaluó la disposición para un el despliegue del prototipo y se realizó la capacitación de uso del prototipo a los usuarios de la División de Salud.

### E. *Mantenimiento y crecimiento*

Se realiza un seguimiento a la puesta en producción de la bodega de datos. Se evalúa el crecimiento de la bodega y se realizan los procedimientos de mantenimiento para asegurar un correcto funcionamiento. Esta fase no se realizó por tratarse de un prototipo de bodega de datos.

### F. *Gestión del proyecto*

Se hizo un seguimiento a la ejecución del proyecto por medio del plan del proyecto, se revisó el alcance, se controlaron los cambios que se realizaban y se administraron los posibles riesgos.

## IV. MODELOS DIMENSIONALES PROPUESTOS

En esta sección se presentan los tres modelos dimensionales propuestos para el proceso de servicios asistenciales y las técnicas de diseño identificadas. Estos modelos pueden ser tomados como punto de partida por las dependencias de salud de universidades públicas para la construcción de sus propios modelos, teniendo en cuenta que: (i) incluyen información socio-demográfica de los pacientes y de la consulta médica, que por lo general manejan estas dependencias; (ii) permiten realizar las solicitudes requeridas por las entidades de gobierno; (iii)

explican en forma detallada los componentes de los modelo (dimensiones, atributos y medidas) y las técnicas de diseño identificadas (casos comunes que se pueden presentar en estos servicios de salud), lo cual facilita la adopción de los mismos. Además, estos modelos permiten una alta capacidad de análisis, dada por: (i) la información sociodemográfica de los pacientes, y (ii) diversidad de dimensiones y de atributos que permiten navegar en los datos.

La granularidad de las tablas de hechos de estos modelos es transaccional, dado que almacenan un registro por cada consulta, permitiendo profundizar en su nivel más granular en cada una de las solicitudes analíticas.

#### A. Modelo dimensional de Consulta médica general

El esquema estrella de este modelo (Fig. 1) presenta dieciocho dimensiones que describen el contexto de una consulta médica y una tabla de hechos que contiene las claves primarias que relacionan las medidas con cada dimensión, de las cuales trece son conformadas, es decir, que se encuentran en más de un esquema estrella.

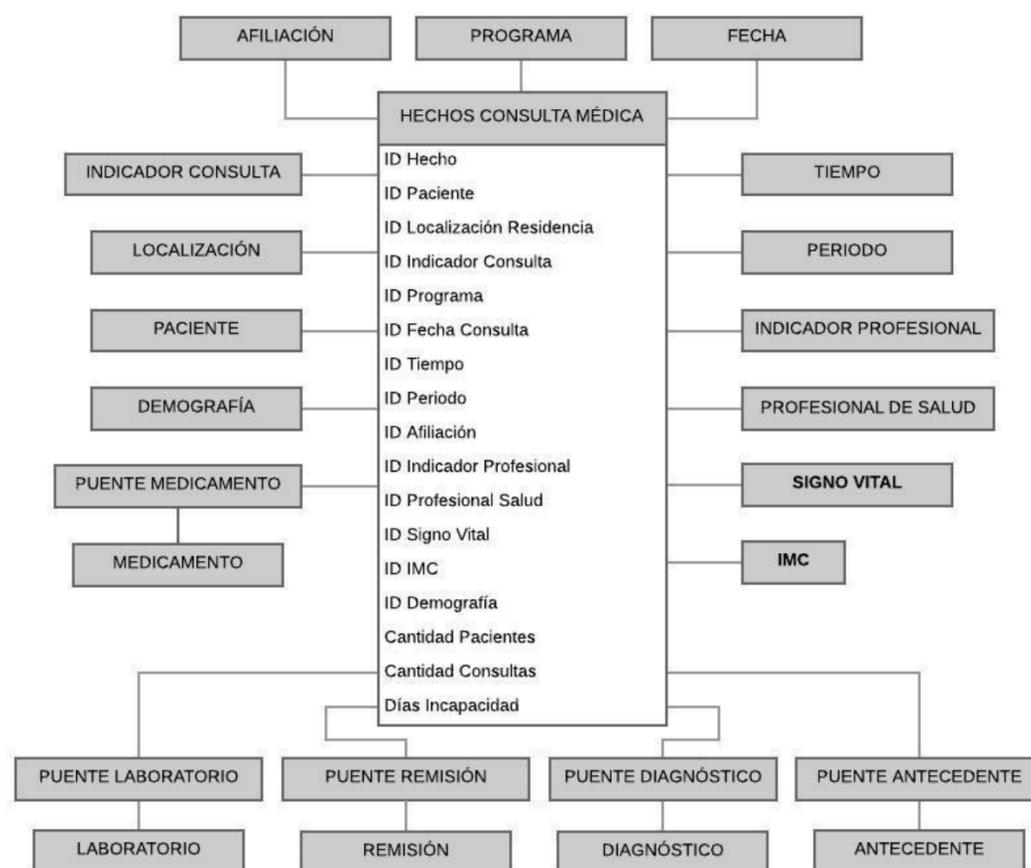


Fig. 1. Esquema estrella de Consulta médica general.  
Fuente: Autores.

Las dimensiones conformadas relacionadas con el paciente son: *Paciente*, información personal: nombres, número de identificación, tipo de identificación, código (asignado por la universidad), id del lugar de nacimiento, id de la fecha de apertura de la historia clínica, teléfono, dirección, género, raza, responsable y parentesco del responsable; *Demografía*, información sociodemográfica de los pacientes: rango edad, estado civil, género, discapacidad (si, no) y escolaridad; *Afiliación*, información de la EPS del paciente: régimen, EPS y tipo afiliado; *Programa*, programa académico al que pertenece el paciente: nombre, facultad y sigla facultad; *Antecedente*, del paciente: categoría (personales, familiares), subcategoría (hábitos, patológicos) y nombre (fumador, diabetes); *Localización*, de residencia del paciente: país, departamento, municipio y zona.

Las dimensiones conformadas relacionadas con la consulta son: *Profesional de Salud*, información personal: tipo usuario (médico, odontólogo etc.), nombres, número de identificación, celular, teléfono y extensión; *Indicador Profesional*, información laboral del profesional de salud: especialidad, cargo y estado (activo o inactivo en su cargo); *Periodo*, académico en el que se realiza la consulta: periodo, fecha inicio, fecha fin, año y periodo completo; *Tiempo*, hora de la

consulta: jornada, franja, hora y minutos; *Fecha*, fecha de la consulta: año, semestre, trimestre, mes, día, nombre del mes, nombre del día y fecha completa; *Diagnóstico*, las enfermedades con base en la clasificación CIE10-Clasificación Internacional de Enfermedades, 10ª edición, [12]: capítulo, categoría, grupo, nombre y código; *Medicamento*, información con base en la clasificación ATC-Anatomical Therapeutic Chemical [13]: grupo anatómico, grupo terapéutico, subgrupo terapéutico farmacológico, presentación, vía de administración, nombre y código; *Indicador Consulta*, información adicional de la consulta: rango incapacidad, tipo consulta (consulta de control, nueva etc.), finalidad consulta (planificación familiar, detección de enfermedad profesional, etc.), causa externa (enfermedad general, lesión de agresión, etc.) y cita (atendido o no atendido); *Laboratorio y Remisión*, información con base en los CUPS [14]: capítulo, grupo, subgrupo, categoría, nombre y código.

Además, las dimensiones de la Fig. 1 que están en *Negrita* son No conformadas y están relacionadas con la consulta: *IMC*, información del índice de masa corporal: categoría y sub-categoría; y *Signo Vital*, con el rango de: peso, talla, temperatura, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, saturación y presión arterial.

Este esquema presenta seis medidas básicas (extraídas de la bodega de datos), conformadas (esquema de consulta odontológica) y visibles por el usuario final. Las medidas de la tabla de hechos son:

- 1) *Días Incapacidad*: Días de incapacidad dados a un paciente.
- 2) *Cantidad Pacientes*: Cantidad de pacientes distintos registrados.
- 3) *Cantidad Consultas*: Cantidad de consultas realizadas.

Las medidas en la tabla *Puente Medicamento*:

- 1) *Cantidad Medicamentos*: Cantidad de un medicamento en una consulta.
- 2) *Dosificación*: Medida no aditiva, describe la cantidad de administración.

Y la medida en la tabla *Puente Laboratorio*:

- 1) *Cantidad Laboratorios*: Cantidad de un laboratorio clínico en una consulta.

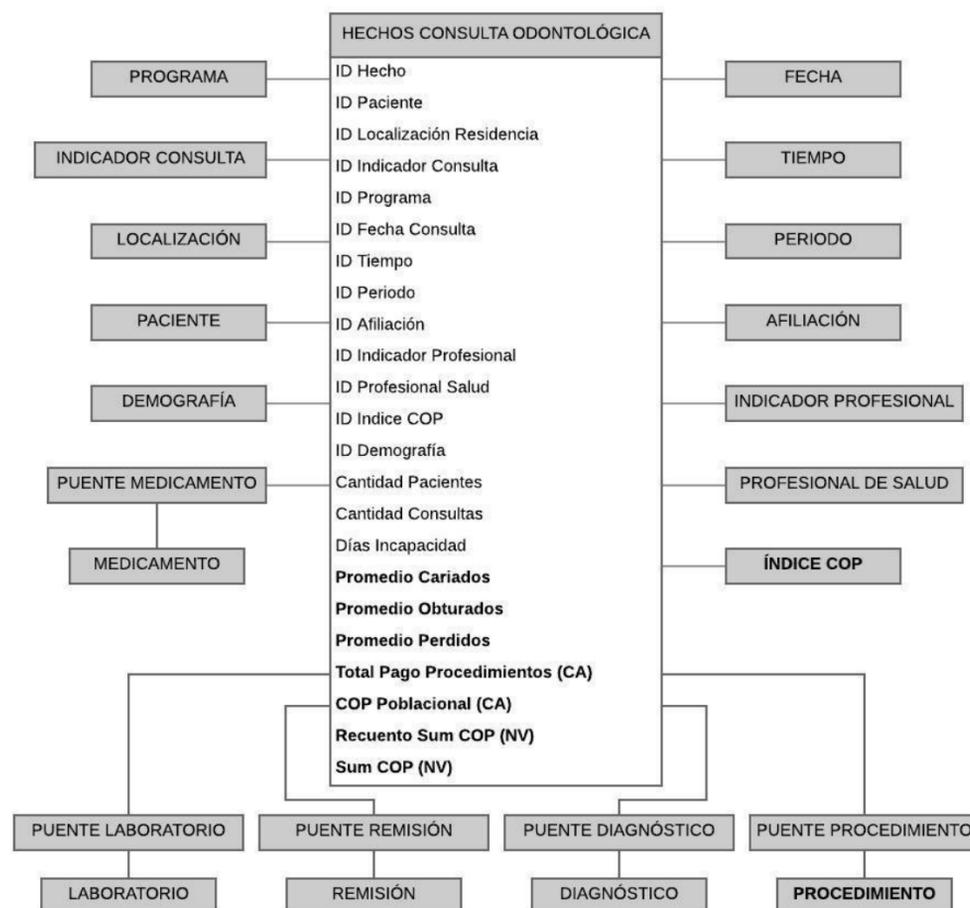


Fig. 2. Esquema estrella de Consulta odontológica.

Fuente: Autores.

B. Modelo dimensional de Consulta odontológica

El esquema estrella de este modelo (Fig. 2) presenta diecisiete dimensiones, de las cuales trece son conformadas y se explicaron en el modelo anterior. Las dimensiones No conformadas están en *Negrita* y son: Índice COP, información del estado de los dientes incluyendo rangos de: índice (escala que indica la prevalencia de caries [15]), cariados, obturados y perdidos; *Procedimiento*, procedimientos odontológicos realizados: nombre y precio.

Este esquema presenta quince medidas, de las cuales seis son conformadas y se explicaron en el modelo anterior. En la Fig. 2 las medidas que aparecen en *Negrita* son solo de este esquema, las que son calculadas porque necesitan una operación adicional se indican como CA y las no visibles al usuario como NV, el resto de las medidas son básicas y visibles. Las medidas de la tabla de hechos son:

- 1) *Promedio Cariados, Promedio Obturados, Promedio Perdidos*: Promedio de dientes caria- dos, obturados y perdidos respectivamente.
- 2) *Total Pago Procedimientos (CA)*: Presupuesto total de los procedimientos odontológicos realizados, se obtiene a partir de la suma de la medida *Pago Procedimientos* de la tabla Puente Procedimiento.
- 3) *Recuento Sum COP (NV)*: Cuenta una sola vez los registros de índice COP que están al- macenados más de una vez en el año para un paciente.
- 4) *Sum COP (NV)*: Suma de los dientes cariados, obturados y perdidos.
- 5) *COP Poblacional (CA)*: Índice de prevalencia de caries dental [15], se obtiene de sumar los índices COP individuales (*Sum COP*) y dividirlo entre el total de pacientes examinados (*Recuento Sum COP*), por lo cual es un promedio.

Las medidas en la tabla *Puente Procedimiento*:

- 1) *Cantidad Procedimientos*: Cantidad de un procedimiento en una consulta.
- 2) *Pago Procedimientos*: Pago total de un procedimiento.

C. Modelo dimensional de Consulta psicológica

Este esquema estrella (Fig. 3) presenta catorce dimensiones y dos medidas, las cuales son conformadas y se explicaron el modelo de consulta médica general.

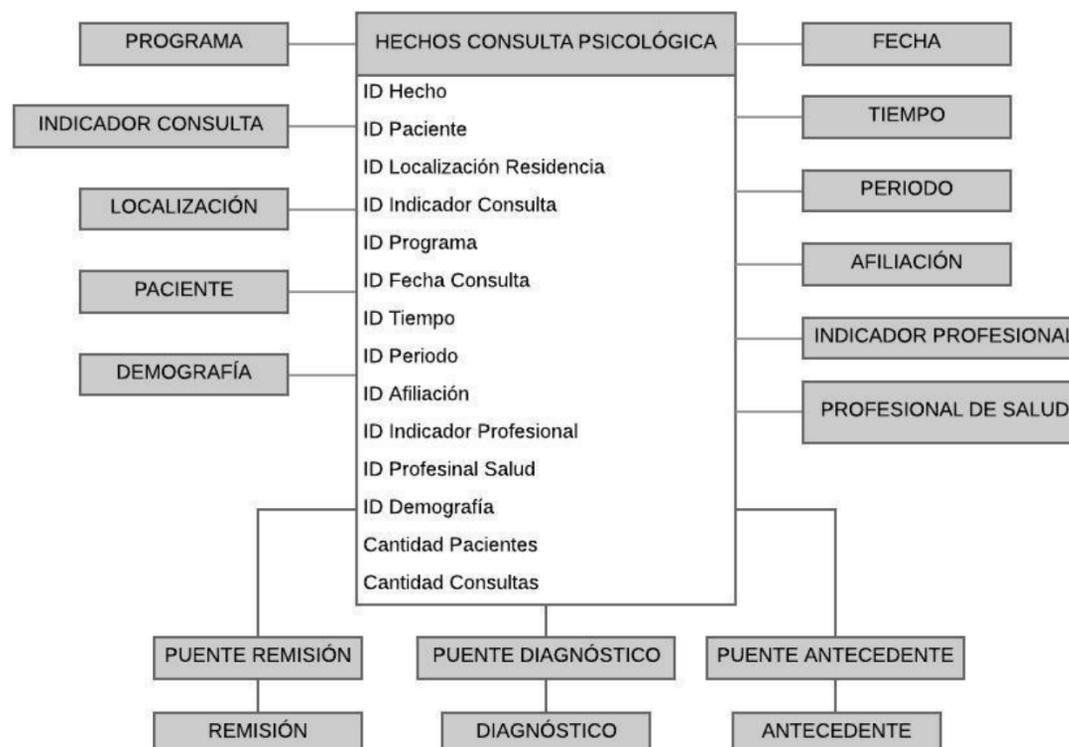


Fig. 3. Esquema estrella de Consulta psicológica.

Fuente: Autores.

D. Técnicas de diseño

Las técnicas de diseño [4] identificadas para los tres modelos dimensionales son:

1) *Minidimensión*: dimensión compuesta por atributos que cambian en el tiempo y se considera necesario almacenar su histórico. Se identificó en las dimensiones *Demografía* (Fig. 4), *Afiliación* y *Localización* de residencia de los pacientes. La dimensión *Demografía* contiene información de los pacientes con discapacidad (*Discapacidad*), información solicitada por las gobernaciones. Además, se puede obtener información requerida por la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) del MinSalud, clasificando la información requerida por edad (*Rango Edad*) y género (*Género*).

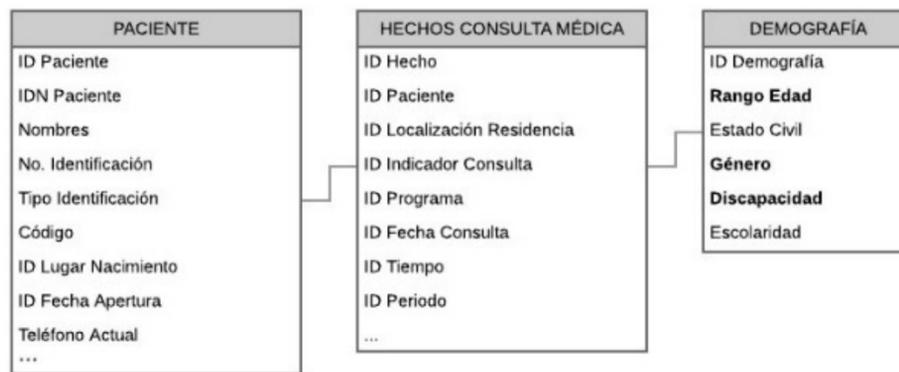


Fig. 4. Minidimensión.  
Fuente: Autores

2) *Subdimensión*: utilizada para representar una relación uno a muchos entre dimensiones, con el objetivo de dividir dimensiones grandes en estructuras más pequeñas. Se identificó en las dimensiones *Localización* para el lugar de nacimiento de los pacientes (Fig. 5) y *Fecha* para capturar la fecha de apertura de la historia clínica de los pacientes. La ENDS requiere para sus encuestas una clasificación de los pacientes por zona (*Zona*) que puede ser Rural o Urbana, la cual se puede obtener de la dimensión *Localización*.

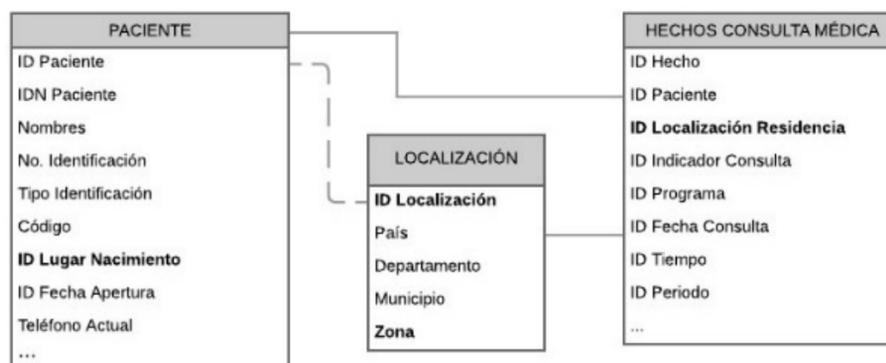


Fig. 5. Subdimensión.  
Fuente: Autores.

3) *Dimensión basura*: combina indicadores y atributos textuales de baja carnalidad que quedan después de diseñar las otras dimensiones. Se identificó en las dimensiones *Indicador Consulta* (Fig. 6) e *Indicador Profesional*. La dimensión *Indicador Consulta* contiene información de la causa externa (*Causa Externa*) que son requeridos por las entidades promotoras de salud para ser enviadas a una base de datos del MinSalud.

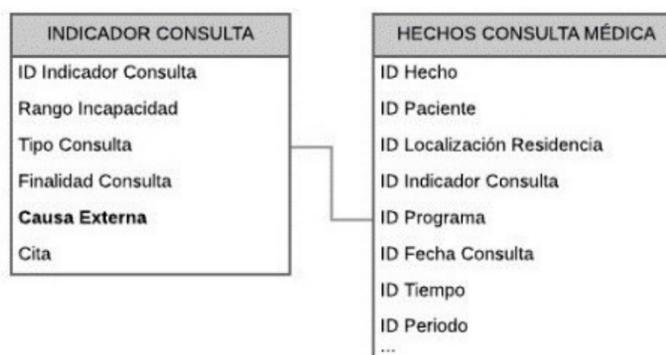


Fig. 6. Dimensión basura.  
Fuente: Autores.

4) *Dimensión degenerada*: Es una dimensión que carece de contenido excepto su clave principal, sin embargo, se incluye en la tabla de hechos y actúa como un atributo de dimensión, se diferencia con *DD* al final para indicar que no hay una dimensión asociada. Se identificó en las dimensiones *Tipo Diagnóstico* (Fig. 7) y *Tipo Remisión* de las tablas *Puente Diagnóstico* y *Puente Remisión* respectivamente. Esta figura presenta un ejemplo donde se almacena la información de los diagnósticos de una consulta, que es requerida por el MinSalud para obtener los diagnósticos (*Código y Nombre*) que requieren vigilancia o el tipo de diagnóstico (*Tipo Diagnostico*) que puede ser Principal o Relacionado.

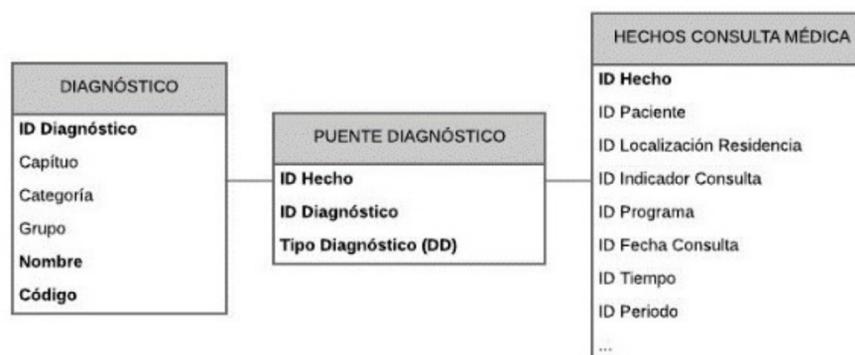


Fig. 7. Dimensión degenerada.  
Fuente: Autores.

5) *Dimensión multivaluada y tabla puente*: Representa una relación muchos a muchos entre una dimensión y la tabla de hechos, por medio de una tabla puente que almacena las claves de las tablas relacionadas, es decir, de la tabla de hechos (a la cual se agrega una clave alternativa) y la respectiva dimensión. Se identificó en las dimensiones *Diagnóstico* (Fig. 7), *Remisión*, *Laboratorio* (Fig. 8), *Antecedente*, *Medicamento* y *Procedimiento*. Las dimensiones *Remisión* y *Laboratorio* almacenan información de los CUPS (*Código y Nombre*) que son enviados al MinSalud.

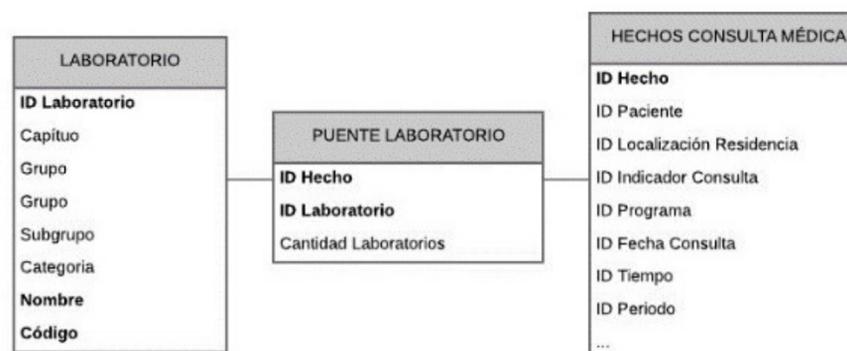


Fig. 8. Dimensión multivaluada.  
Fuente: Autores.

## V. PROTOTIPO

Se implementó un prototipo de bodega de datos para el servicio asistencial de medicina general. La Fig. 9 muestra la arquitectura técnica de éste junto a las herramientas utilizadas para su desarrollo.

Para seleccionar las herramientas a usar en la implementación del prototipo de bodega de datos, se realizó una revisión de herramientas disponibles en el mercado para los componentes de una bodega de datos (ETL-proceso de extracción, transformación y carga; cubo OLAP-On-Line Analytic Processing; reportes y SGBD-sistema gestor de base de datos), que se adaptaban a los requerimientos de costo para una futura puesta a producción; y que presentaban las características y funcionalidades requeridas para la realización del prototipo. Esta revisión se resumió en unas matrices de comparación obteniendo el mayor puntaje Oracle 11g como SGBD y Microsoft SQL Server 2017 para los otros componentes: Integration Services (ETL), Analysis Services (cubo OLAP) y Reporting Services (reportes). Por otro lado, las consultas Ad-hoc pueden ser creadas por medio de

Microsoft Excel 2013, ya que permite crear una conexión con SQL Server Analysis Services para acceder al cubo OLAP, y es una herramienta ampliamente utilizada por los funcionarios de la División de Salud, lo cual fue una ventaja en términos de capacidad de aprendizaje y de uso.

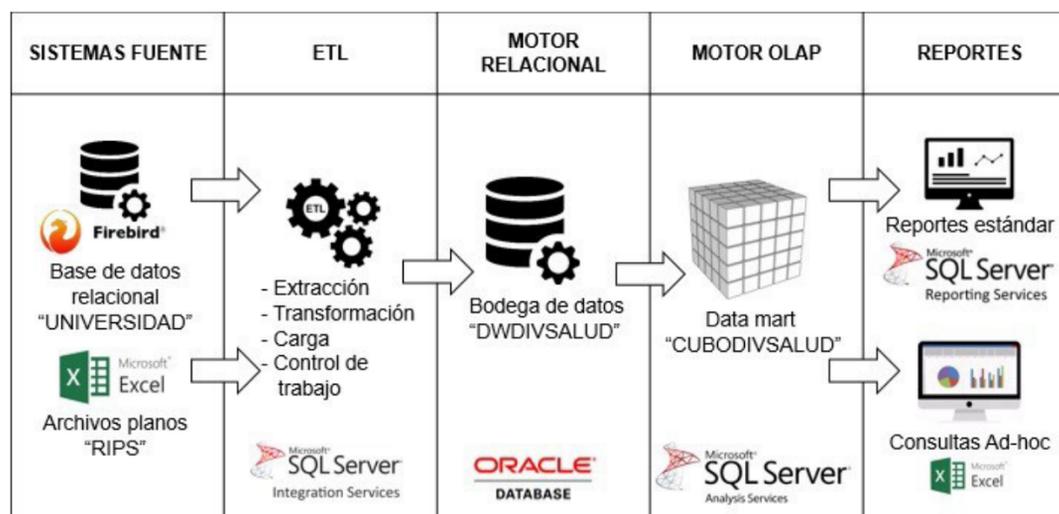


Fig. 9. Arquitectura del prototipo de bodega de datos.  
Fuente: Autores.

Para el proceso de extracción se utilizaron los datos de la División de Salud de la Universidad del Cauca, almacenados en una base de datos relacional de historias clínicas (UNIVERSIDAD) y en archivos Excel (RIPS) con información adicional. Algunos datos de la historia clínica (números de identificación y nombres para pacientes y profesionales de salud; el código, la fecha de nacimiento y el nombre del responsable para el paciente) necesaria para poblar la bodega de datos fueron reemplazados, debido a políticas de confidencialidad que tienen las historias clínicas.

En el proceso de transformación y limpieza de los datos, se hizo mediante un flujo de componentes de control que proporciona la herramienta de integración de datos, cada control tiene una funcionalidad específica como la conversión de datos, agregar o modificar columnas, búsquedas en la bodega de datos, unión de tablas, entre otras. Al finalizar el flujo de transformación se realizó el proceso de carga a la bodega de datos relacional (DWDIVSALUD).

Para el procesamiento analítico de los datos se creó un cubo OLAP (CUBODIVSALUD), el cual mediante aplicaciones de usuario final permite la exploración y análisis de la información con reportes estándar y consultas Ad-hoc. Los reportes (se seleccionaron los de mayor prioridad) son informes predefinidos que se visualizan mediante una aplicación web, presentando la información de forma matricial y gráfica; y las consultas Ad-hoc permiten la manipulación directa del cubo OLAP, en este caso por medio de Excel.

Con respecto a la seguridad de los datos se usó la integrada de Windows, restringiendo el acceso a la bodega de datos para los usuarios Médico, Jefe y Secretaria. También se crearon los inicios de sesión por medio del SQL Server Management Studio para conceder permisos a la bodega de datos y tener acceso al cubo OLAP. Finalmente, en el Reporting Services se crearon los roles de usuario Médico y Jefe (la secretaria tiene este mismo rol) para restringir el acceso a los reportes, de esta forma, solo el usuario con los privilegios puede tener acceso a los datos del reporte.

En la Fig. 10, se visualiza el reporte *Consultas por laboratorio*, que presenta en las filas los subgrupos de los laboratorios, los cuales se pueden desplegar para visualizar la categoría, código y nombre de cada subgrupo para los años seleccionados. Además, para cada año se puede detallar y visualizar la cantidad de consultas por año, semestre y mes. En la parte inferior se muestra un gráfico de barras que representa la cantidad de consultas por subgrupos de laboratorios para los años seleccionados. Además, en la Fig. 11 se presenta una consulta Ad-hoc que obtiene la cantidad de consultas médicas por programa, agrupados por fecha.

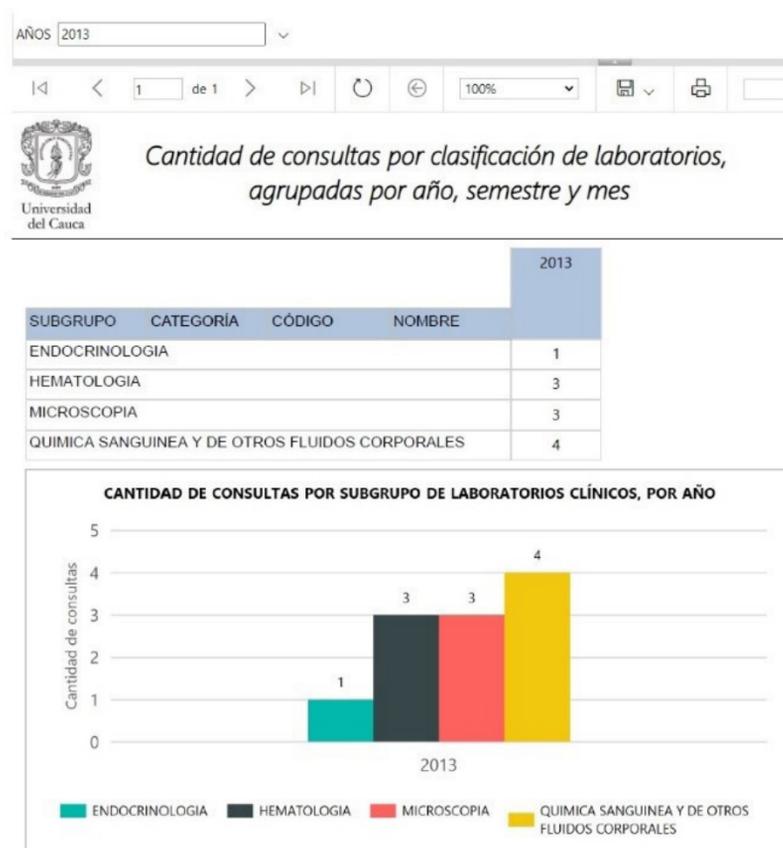


Fig. 10. Reporte.  
Fuente: Autores.

Cantidad Consultas	Etiquetas de columna						
Etiquetas de fila	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total general
<b>ATENDIDO</b>	<b>287</b>	<b>295</b>	<b>543</b>	<b>714</b>	<b>800</b>	<b>541</b>	<b>3180</b>
ARTES	20	12	34	57	46	38	207
CIENCIAS AGROPECUARIAS	14	15	41	47	38	26	181
CIENCIAS CONTABLES	32	27	44	78	98	41	320
CIENCIAS DE LA SALUD	45	47	80	61	96	64	393
CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES	21	19	45	65	69	59	278
CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN	45	48	90	128	171	112	594
DERECHO, CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES	24	31	53	78	100	58	344
INGENIERÍA CIVIL	40	50	86	107	96	74	453
INGENIERÍA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	46	46	70	93	86	69	410
<b>NO ATENDIDO</b>						<b>5</b>	<b>5</b>
ARTES						3	3
CIENCIAS CONTABLES						1	1
CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES						1	1
<b>Total general</b>	<b>287</b>	<b>295</b>	<b>543</b>	<b>714</b>	<b>800</b>	<b>546</b>	<b>3185</b>

Fig. 11. Consulta Ad-hoc.  
Fuente: Autores.

El prototipo implementado es funcional, pero por cuestiones de acceso a la infraestructura técnica de la universidad y de confidencialidad de datos no fue posible realizar un despliegue en la dependencia de salud. Por esto, tanto el despliegue, la capacitación y evaluación por parte de los usuarios, se realizaron en un equipo fuera de esta dependencia.

## VI. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Para evaluar la calidad interna y externa de un software, la gran parte de métricas de las características que incluye la norma ISO/IEC 25010, están enfocadas en el código fuente y funcionamiento (puesta a producción) del producto software [16]. Teniendo en cuenta que no se pudo realizar el despliegue del prototipo de bodega de datos y que para su construcción no se escribió código fuente, sino que se utilizaron e integraron servicios por medio de herramientas (en el caso del proceso de ETL, se utilizaron los controles que ofrece el Integration Services); el interés de este trabajo se centró en evaluar la característica de *Calidad de uso* del prototipo (orientado a consultas).

Dentro de las características de *Calidad de uso* de la norma ISO/IEC 25010, la característica seleccionada fue la de *Satisfacción* con la subcaracterística de *Utilidad*, por medio de la métrica de *Nivel de satisfacción*, que permite evaluar la satisfacción del usuario con el prototipo, lo cual era el interés de este trabajo. Esto teniendo en cuenta, que si los usuarios tienen un mayor nivel de satisfacción con su sistema de inteligencia, es posible mejorar el rendimiento y el desempeño individual de los mismos [17].

La evaluación se realizó por medio de cuestionarios que presentaban en promedio cuatro reportes estándar (denominados prioritarios por los usuarios) y dos consultas Ad-hoc por cada usuario, estos cuestionarios se aplicaron a tres funcionarios del servicio de medicina general de la División de salud de la institución de educación superior. La escala utilizada para la calificación fue la de Likert [18], que permite seleccionar un estado de satisfacción, de esta manera el valor 5 corresponde a *Totalmente de acuerdo* hasta el valor 1 como *Totalmente en desacuerdo*.

El resultado de la evaluación del *Nivel de satisfacción* se presenta en la [Tabla 2](#). En la columna *Fórmula* las variables  $A_1$  y  $A_2$  corresponden a la cantidad de preguntas calificadas con 5 y 4 respectivamente,  $B$  corresponde al número total de preguntas (72),  $X_1$  y  $X_2$  a la proporción de preguntas calificadas con 5 y 4 respectivamente; la columna *Valor deseado* corresponde a la interpretación de la variable, donde 1 es el mayor valor de satisfacción, y la columna *Valor total obtenido* corresponde al resultado de sumar  $X_1$  con  $X_2$  para obtener el valor de  $X$ , este valor se ajusta a una escala de 0 a 100% para una mejor interpretación del grado de satisfacción.

TABLA 2. RESULTADO EVALUACIÓN MÉTRICA.

Fórmula	Valor obtenido por variable	Valor total obtenido	Valor deseado
$X_1 = A_1/B$	$A_1 = 71$ $X_1 = 0.986$	$X = X_1 + X_2$ $X = 1$ 100%	1
$X_2 = A_2/B$	$A_2 = 1$ $X_2 = 0.014$		

Fuente: Autores.

En la [Tabla 2](#) se observa que en el 98.6% ( $X_1$ ) de las preguntas los usuarios manifestaron estar *Totalmente de acuerdo* y en el 1.4% ( $X_2$ ) *Parcialmente de acuerdo*, obteniendo un valor total de 100% ( $X$ ). En la escala de medición del grado de satisfacción de [16], el valor obtenido se encuentra en el rango de 80.75% a 100%, que corresponde a *Muy satisfactorio*. Este resultado permite evidenciar que los reportes y consultas analíticas obtenidas en el prototipo de bodega de datos son un insumo muy importante para los análisis de los servicios asistenciales realizados por los usuarios de la dependencia de salud; también permite reconocer la utilidad de una solución de este tipo en el ámbito de la salud, específicamente en la Universidad del Cauca.

## VII. CONCLUSIONES

En este artículo se describieron los modelos dimensionales para los servicios asistenciales de medicina general, odontología y psicología, los cuales incluyeron diversa información socio-demográfica de los pacientes y permiten obtener estadísticas para mejorar los servicios o para reportarlas a entidades del gobierno que las soliciten; también se explicaron las técnicas de diseño identificadas en la realización de estos modelos los cuales pueden ser adaptados en el diseño de servicios de salud similares.

El prototipo de bodega de datos del servicio de medicina general fue evaluado utilizando la medida nivel de satisfacción, mostrando que el grado de satisfacción y por ende de utilidad del prototipo para los usuarios fue de 100%, lo cual permite reconocer el poder analítico del modelo dimensional creado y la utilidad que la bodega de datos puede brindar en una institución educativa de nivel superior.

Como trabajo futuro se espera desarrollar modelos dimensionales de otros servicios de salud como son: promoción y prevención por cada área de salud, desarrollo humano y socioeconómico. También implementar y evaluar los modelos de los servicios de consulta odontológica y psicológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de la División de Gestión de Salud Integral y Desarrollo Humano de la Universidad del Cauca, por su apoyo por medio de la información requerida para el proceso de modelado y el desarrollo del prototipo.

FINANCIAMIENTO

Artículo de investigación derivado del proyecto “Modelo Dimensional para la División de Gestión de Salud Integral y Desarrollo Humano de la Universidad del Cauca” financiado parcialmente por la Universidad del Cauca.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Educación, *Lineamientos de política de bienestar para instituciones de educación superior*, Bg. Co.: Mineducación, 2016. Available: [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-360314\\_recurso.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-360314_recurso.pdf)
- [2] O. Bernal-Acevedo & J. C. Forero-camacho, “Sistemas de información en el sector salud en Colombia,” *Gerenc Polit Salud*, vol. 10, no. 21, pp. 85–100, Dec. 2011. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgsp10-21.siss>
- [3] Ministerio de Educación, *Compendio Estadístico Educación Superior Colombiana*. Bo., Co.: INC.
- [4] R. Kimball & M. Ross, *The data warehouse toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*. 3 Ed. Hbk., NY, USA: Wiley, Jul. 2013.
- [5] R. Dutta, “Health Care Data Warehouse System Architecture for Influenza (Flu) Diseases,” presented at *Comput Sci Inf Technol*, AIRCC, Cn., TN., In., pp. 77–89, Mar. 2013. <https://doi.org/10.5121/csit.2013.3208>
- [6] F. Pecoraro, D. Luzi & F. L. Ricci, “Designing ETL Tools to Feed a Data Warehouse Based on Electronic Healthcare Record Infrastructure,” *Stud Health Technol Inform*, vol. 10, pp. 929–933, 2015. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-512-8-929>
- [7] S. I. Khan & A. Hoque, “Towards development of health Data Warehouse: Bangladesh perspective,” presented at *International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology*, ICEEICT, Savar, Bd., 21-23 May. 21-23, 2015. <https://doi.org/10.1109/ICEE-ICT.2015.7307514>
- [8] S. I. Khan & A. Hoque, “Towards Development of National Health Data Warehouse for Knowledge Discovery,” *Intell Syst Technol Appl*, vol. 2, pp. 413–421, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23258-4\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23258-4_36)
- [9] S. G. Cornejo, K. Caro, L. F. Rodriguez, R. Aguilar, C. B. Perez & L. A. Castro, “Design and Implementation of a Data Warehouse to Support Decision-Making in a Health Environment,” *Res Comput Sci*, vol. 147, no. 3, pp. 45–53, 2018. <https://doi.org/10.13053/rcs-147-3-5>
- [10] B. Kitchenham & P. Brereton, “A systematic review of systematic review process research in software engineering,” *Inf Softw Technol*, vol. 55, no. 12, pp. 2049–2075, Dic. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- [11] M. E. Mendoza, L. Duran Meneses & N. Rivera Ortiz, “MBD 1.0 - Metodología de desarrollo de bodegas de datos para micro, pequeñas y medianas empresas,” *UIS Ing*, vol. 9, no. 1, pp. 85–101, 2010. Disponible en <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/1059>
- [12] A. Gómez, “Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE): Descifrando la CIE-10 y esperando la CIE-11,” *Monitor Estratégico*, no. 7, pp. 66–73, 2015. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/SSA/cie10-cie11.pdf>
- [13] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., “Lista de medicamentos resolución 1016 de 2015,” *Resolución 1016 de 2015*, SDS-PSS-FT-439 V.1, 2015. Available: [http://www.saludcapital.gov.co/Documents/LISTA\\_DE\\_MEDICAMENTOS - RESOLUCIÓN 1016 DE 2015.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Documents/LISTA_DE_MEDICAMENTOS - RESOLUCIÓN 1016 DE 2015.pdf)
- [14] República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social, “Resolución 5851 del 2018,” *consultorsalud.com*, [online], 2018. Available: [http://www.consultorsalud.com/sites/consultorsalud/files/nuevos\\_cups\\_para\\_2019\\_-\\_resolucion\\_5851\\_de\\_2018\\_-\\_consultorsalud.pdf](http://www.consultorsalud.com/sites/consultorsalud/files/nuevos_cups_para_2019_-_resolucion_5851_de_2018_-_consultorsalud.pdf)
- [15] República de Colombia, Ministerio de la Protección Social, “Aspectos metodológicos para la construcción de Línea base para el Seguimiento a las Metas del Objetivo 3 del Plan Nacional de Salud Pública,” *minsalud.gov.co*, [online], 2010. Available: [https://www.minsalud.gov.co/Documentos\\_y\\_Publicaciones/DOCUMENTO\\_TÉCNICO\\_LÍNEA\\_DE\\_BASE\\_CON\\_ATLAS\\_VERSION\\_3 - ABRIL\\_2010.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Documentos_y_Publicaciones/DOCUMENTO_TÉCNICO_LÍNEA_DE_BASE_CON_ATLAS_VERSION_3 - ABRIL_2010.pdf)
- [16] E. A. Balseca, “Evaluación de calidad de productos software en empresas de desarrollo de software aplicando la norma ISO/IEC 25000,” *Tesis de Grado*, Fac. Ing. Sis., EPN, Uio., Ec., 2014.
- [17] C. K. Hou, “Examining users’ intention to continue using business intelligence systems from the perspectives of end-user computing satisfaction and individual performance,” *Int J Bus Contin Risk Manag*, vol. 8, no. 1, pp. 49–70, Mar. 2018. <https://doi.org/10.1504/IJBCRM.2018.090593>
- [18] J. García, J. R. Aguilera & A. Castillo, “Guía técnica para la construcción de escalas de actitud,” *Rev. Electron Pedagog*, vol. 8, no. 16, pp. 1–13, 2011. Recuperado de <https://www.odiseo.com.mx/2011/8-16/pdf/garcia-aguilera-castillo-guia-construccion-escalas-actitud.pdf>

**Ivonne Alejandra Tapia Ortega** es estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas en la Universidad del Cauca (Colombia) e integrante del grupo de investigación de I+D en Tecnologías de la Información. <https://orcid.org/0000-0002-9770-1756>

**Lucero Cruz López** es estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas en la Universidad del Cauca (Colombia) e integrante del grupo de investigación de I+D en Tecnologías de la Información. <https://orcid.org/0000-0003-2219-1461>

**Martha Eliana Mendoza Becerra** es profesora titular de la Universidad del Cauca (Colombia) e investigadora senior de Colciencias. También es integrante del grupo de investigación de I+D en Tecnologías de la Información. Doctora en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá, D.C.) y Magister en Informática de la Universidad Industrial de Santander (Colombia). Sus áreas de investigación son bodegas de datos y computación evolutiva. <https://orcid.org/0000-0003-4033-2934>