

## **Sistema de información para el registro y la consulta de exámenes del panel metabólico completo en los hospitales del Departamento del Huila - Colombia**

### *Information system to record and consult comprehensive metabolic panel tests in the Huila Department's hospitals - Colombia*

Albeiro Cortés Cabezas<sup>1\*</sup>

#### **RESUMEN**

Los hospitales del Departamento del Huila en Colombia necesitan sistemas de información hospitalarios que les permitan garantizar la integridad y legibilidad de la información de los pacientes; además, de hacer posible que la información sobre salud esté disponible en el punto de atención donde se encuentra, independientemente de la institución prestadora de servicios de atención donde sea atendido. Lastimosamente, los hospitales del Huila no cuentan aún con estos sistemas de información; razón por la cual, el personal de atención en salud hace uso de métodos anticuados, complejos y poco estructurados, para almacenar datos sobre todo tipo de resultados y de exámenes practicados, para que posteriormente sean examinados y analizados por algún médico encargado y entonces tomar las decisiones pertinentes. En este proyecto se implementó un sistema de información para optimizar el proceso de realización de los exámenes del panel metabólico completo en los hospitales del Huila con el fin de mejorar la organización de los resultados, logrando que el acceso sea mucho más cómodo y eficiente. Se utilizó el conjunto de estándares HL7 como guía para obtener una buena interoperabilidad y lograr que el sistema sea escalable. El acceso se puede realizar a través de cualquier navegador web y cualquier dispositivo ya que se utilizó un diseño web responsivo. El sistema de información permite acceder a los datos de un paciente determinado y es posible exportar información desde la base de datos para obtener diferentes estadísticas.

Palabras clave: Sistema de Información; panel metabólico completo; servicios web, HL7-FHIR

#### **ABSTRACT**

Hospitals in the Department of Huila in Colombia need hospital information systems to ensure the integrity and legibility of patient information; in addition, to make it possible for health information to be available at the point of care where it is located, regardless of the institution providing care services where it is attended. Unfortunately, hospitals in Huila do not yet have these information systems, which is why health care staff use outdated, complex and unstructured methods to store data on all types of results and tests performed, for later examination and analysis by a physician in charge and then make the relevant decisions. In this project an information system was implemented to optimize the process of conducting comprehensive metabolic panel tests in Huila hospitals in order to improve the organization of the results, making the access much more comfortable and efficient. The HL7 standard set was used as a guide to good interoperability and to make the system scalable. Access can be made through any web browser and any device since a responsive web design was used. The information system allows access to the data of a specific patient and it is possible to export information from the database to obtain different statistics.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Calle 1, Av. Pastrana. Neiva, Colombia. E-mail: albecor@usco.edu.co



## INTRODUCCIÓN

El panel metabólico es un grupo de pruebas que mide diferentes químicos en la sangre. Estas pruebas en general se realizan en la parte líquida (plasma) de la sangre. Las pruebas brindan información sobre el equilibrio químico de su cuerpo y el metabolismo. Estas pueden dar a los médicos información sobre sus músculos (incluyendo el corazón), los huesos y órganos, como los riñones y el hígado. [1]

Hay dos tipos: Panel metabólico básico y el panel metabólico completo. El básico revisa su nivel de azúcar en la sangre, calcio y electrolitos. También chequea la creatinina para evaluar el trabajo de sus riñones. El completo incluye todas esas pruebas, junto a su nivel de colesterol, los niveles de proteína y el funcionamiento del hígado.

El panel metabólico completo se puede solicitar como parte de un examen médico o físico de rutina, o para ayudar a diagnosticar otras afecciones, como la diabetes o enfermedades renales o hepáticas. El panel metabólico completo también se puede utilizar para controlar afecciones crónicas o cuando un paciente está tomando medicamentos que pueden provocar determinados efectos colaterales.

El panel metabólico completo ayuda a evaluar lo siguiente: [2]

**La glucosa**, un tipo de azúcar que el organismo utilizar como energía. Los niveles anormales pueden ser indicadores de diabetes o de hipoglicemia (nivel bajo de azúcar).

**El calcio**, que desempeña un papel de importancia en la contracción de los músculos, en la transmisión de mensajes a través de los nervios y en la liberación de hormonas. Los niveles de calcio elevados o insuficientes pueden ser indicadores de un desequilibrio hormonal o de problemas en los riñones, los huesos o el páncreas.

**La albúmina y proteína total**, necesarias para formar y mantener los músculos, los huesos, la sangre y el tejido de los órganos. El panel metabólico completo mide específicamente la albúmina (la mayor proteína sanguínea que produce el hígado), así como la cantidad de las

demás proteínas en la sangre. Los niveles bajos pueden ser indicadores de enfermedades hepáticas o renales, o de problemas nutricionales.

**El sodio**, el potasio, el dióxido de carbono y el cloruro (electrolitos), que ayudan a regular los niveles de líquidos del organismo y el equilibrio ácido-básico. También desempeñan un papel de importancia en la regulación del ritmo cardíaco, la contracción de los músculos y la actividad cerebral. Los niveles anormales también pueden estar presentes en pacientes con enfermedades cardíacas, enfermedades de los riñones o deshidratación.

**El nitrógeno ureico en sangre (NUS) y la creatinina**, que son productos de desecho de la sangre que son filtrados por los riñones. Las concentraciones elevadas en la sangre pueden ser un indicador de insuficiencia renal.

**La fosfatasa alcalina, las enzimas alanina aminotransferasa, y la aspartato amino transferasa, y la bilirrubina**. Los primeros tres componentes son enzimas hepáticas, mientras que la bilirrubina se produce en el hígado. Las concentraciones elevadas pueden indicar una disfunción hepática.

Los niveles de creatinina y urea son indicadores de la capacidad de los riñones para eliminar productos de desecho de la sangre. Los niveles anormalmente altos indican la posibilidad de la enfermedad renal. Una proporción inusualmente alta de urea y creatinina significa que se reduce el flujo sanguíneo a los riñones, mientras que una proporción anormalmente baja de BUN a creatinina indica reducción de los niveles de urea y la desnutrición. La medición de los electrolitos, como el potasio, sodio, cloro y dióxido de carbono, pueden proporcionar pistas en cuanto a problemas con la enfermedad cardíaca, deshidratación o vómitos.

Inusualmente grandes cantidades de bilirrubina, AST, fosfatasa alcalina y ALT son indicativos de problemas con la función hepática. Niveles anormalmente elevados de bilirrubina pueden indicar hemólisis, ictericia, cirrosis, obstrucción del conducto biliar o hepatitis aguda. El exceso de bilirrubina, AST, fosfatasa alcalina ALT uno indica la posibilidad de un trastorno o daño hepático.

Los niveles anormalmente altos de glucosa muestran la presencia de diabetes, mientras que los niveles de glucosa muy bajos señalan a la hipoglucemia. Los altos niveles de glucosa también pueden ser causada por la pancreatitis, el uso de esteroides, el estrés y el trastorno del hígado. Con respecto a los niveles de proteína, baja cantidad de pre-albúmina y albúmina puede significar la malnutrición, la enfermedad hepática, enfermedad renal, diarrea, pérdida de proteínas gastrointestinal, quemaduras, infecciones, fiebre, la obesidad, los traumatismos, hipocalcemia, o edema. Cabe señalar que la pre-albúmina es un mejor marcador de los rápidos cambios nutricionales. Mientras tanto, el calcio es un mineral que es vital en las actividades de hormonas, coagulación de la sangre, los impulsos nerviosos y la contracción muscular. Niveles inusuales de calcio puede indicar trastornos óseos, enfermedades renales o problemas de páncreas.

#### Valores normales de análisis de grupo de pruebas metabólicas

- Albúmina: 3.9 a 5.0 mg/dL.
- Fosfatasa alcalina: 44 a 147 UI/L.
- ALT (alanina transaminasa): 8 a 37 UI/L.
- AST (aspartato de aminotransferasa): 10 a 34 UI/L.
- BUN (urea en la sangre): 7 a 20 mg/dL.
- Calcio: 8.5 a 10.9 mg/dL.
- Cloruro: 101 a 111 mmol/L.
- CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono): 20 a 29 mmol/L.
- Creatinina: 0.8 a 1.4 mg/dL .\*\*
- Bilirrubina directa: 0.0 a 0.3 mg/dL.
- Gama GT (gamma-glutamyltranspeptidasa): 0 a 51 UI/L.
- Análisis de glucosa: 100 mg/dL.
- Análisis de potasio: 3.7 a 5.2 mEq/L.
- Sodio: 136 a 144 mEq/L.
- Bilirrubina total: 0.2 a 1.9 mg/dL.
- Proteína total: 6.3 a 7.9 g/dL.

Los valores normales o “saludables” para la creatinina pueden variar con la edad. Los rangos de los valores normales para todos los exámenes pueden variar ligeramente entre diferentes laboratorios.

Significado de las abreviaturas:

UI = unidad internacional.

L = litro.

dL = decilitro = 0.1 litro.

g/dL = gramos por decilitro.

mg = miligramos.

mmol = milimoles.

mEq = miliequivalentes.

En este artículo se presenta el diseño e implementación de un sistema de información para el registro, organización y análisis de los resultados de los exámenes del panel metabólico completo en los hospitales del Huila. El objetivo principal del trabajo es crear un SIH que permita almacenar los datos de los pacientes, personal médico y personal de laboratorios para que puedan registrar, consultar o autorizar los exámenes para las pruebas del panel metabólico completo. Los datos podrán ser alimentados dentro de la red de área local del Hospital como también desde cualquier computadora remota o dispositivo (*Smart phone o Tablet*) conectado a Internet. El SIH diseñado sigue los lineamientos del estándar HL7 FHIR, el más difundido a nivel mundial lo que garantiza su fácil interoperabilidad con casi cualquier otro sistema de información hospitalario. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud – OMS, si se cuenta con mejor información se tomarán mejores decisiones y la población podrá tener mejor salud; esto es lo que justifica la necesidad de SIHs más robustos para los hospitales del Huila.

A medida que los sistemas informáticos fueron evolucionando, aparecieron sistemas de información capaces de presentar informes relacionados con la salud de cada paciente, estadísticas sobre los datos obtenidos en los exámenes practicados, así como también los medicamentos y tratamientos formulados por los médicos. Ejemplos de estos sistemas son el Care2x (Sistema de Información Hospitalaria de Código Abierto), publicado por primera vez en 2002 por Elpidio Latorilla y el Sistema de Información para la Gerencia Hospitalaria (SIGHO) del Gobierno Mexicano, el cual se inició apenas en 2005 [4-5]. En el Departamento del Huila esta tecnología apenas está empezando a implementarse; por lo tanto, este trabajo puede ser considerado como un aporte inicial en el área.

## METODOLOGÍA

### Diseño general de la plataforma

Para el desarrollo de la plataforma se propone el sistema descrito en la figura 1, en el cual se define una base de datos MySQL donde se almacenan los datos, el servidor web que entrega la paginas realizando el control de la plataforma y los clientes que solicitan la conexión; los clientes web pueden solicitar al servidor el envío de páginas desde cualquier dispositivo con navegador web y conexión a internet como ordenadores de escritorio, portátiles, tablets o smartphones.

En las etapas del proceso de desarrollo del proyecto, primero se diseña la base de datos tomando las variables y registros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema; luego se define el control y el servicio de las páginas web a través del servidor junto con el diseño visual de las páginas que se entregan. El sistema toma en cuenta el estándar HL7-FHIR para el envío de información médica, con lo cual las herramientas como MirthConnet pueden acceder a la información usando sus protocolos de conexión basados en el estándar.

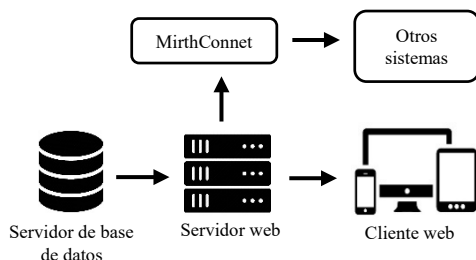


Figura 1. Diagrama de interoperabilidad

### El estándar HL7-FHIR

HL7-FHIR (Health Level 7 – Fast Healthcare Interoperability Resources) es un estándar que describe los “recursos”, formatos de datos y elementos para el intercambio de registros electrónicos de la salud (EHR, por sus siglas en inglés). El estándar fue creado por la organización internacional de estándares de la salud HL7. Uno de los objetivos de HL7-FHIR es facilitar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de atención de salud, para que sea fácil proporcionar

información sobre el cuidado de la salud a los proveedores de atención médica y a los individuos en una amplia variedad de dispositivos, desde computadoras hasta tabletas y teléfonos celulares, y para permitir a los desarrolladores de aplicaciones de terceros desarrollar aplicaciones médicas que se puedan integrar fácilmente con los sistemas de información existentes. HL7-FHIR es relativamente fácil de implementar, debido a que utiliza una moderna suite tecnológica basada en la web, incluyendo RESTful, HTML y hojas de estilo en cascada (CSS por sus siglas en inglés) para la integración de la interfaz de usuario, una selección de JSON o XML para la representación de datos y OAuth para autorización [3].

En este trabajo se eligió JSON para la representación de los datos, esto quiere decir que la interoperabilidad con otros sistemas de información que utilicen esta misma tecnología para el intercambio de EHRs será sencilla y estará garantizada. No obstante, la interoperabilidad con sistemas de información que utilicen una tecnología diferente para representar los datos, como XML u otras, se puede lograr a través de una herramienta de gestión de integración de múltiples sistemas de información de salud, como por ejemplo MirthConnect [6]. Cabe anotar, que el presente trabajo hace parte de un proyecto más ambicioso para el Departamento del Huila, en el que se pretende sistematizar toda el área de salud, por lo que la interoperabilidad entre diferentes sistemas de información en salud debe ser garantizada.

### Servidor de bases de datos

MySQL es la base de datos en código abierto más popular del mundo, convirtiéndola en una opción confiable y segura [7]. Además, tiene características como alta escalabilidad, fácil manejo, alto rendimiento entre otras, haciéndola la opción ideal para las necesidades del sistema de información.

Para el proyecto se define la tabla que almacena información sobre los usuarios, una tabla de sesión y otra que almacena la información correspondiente a los exámenes del panel de lípidos. En la figura 2 se puede visualizar el diagrama de base de datos descrito. Para las tablas user y exam, los campos son construidos en

formato JSON usando el estándar HL7. A continuación, se muestra una descripción de cada tabla realizada:

- **User:** Tabla donde se almacena la información correspondiente a los usuarios de la plataforma. En ella se definen los siguientes campos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *password*: Campo tipo String que contiene la contraseña cifrada del usuario.
  - *identifier*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el identificador del usuario,
  - *name*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el nombre del usuario.
  - *telecom*: Campo tipo JSON que almacena información de contacto.
  - *gender*: campo String que almacena el género.
  - *birthdate*: Campo tipo String que almacena la fecha de nacimiento.
  - *address*: Campo tipo JSON que almacena la dirección.
  - *maritalStatus*: Campo tipo JSON que almacena el estado civil.
  - *contact*: Campo tipo JSON que almacena la información de un contacto al cual acudir.
  - *communication*: Campo tipo JSON que define el lenguaje de interpretación de la información.
  - *managingOrganization*: Campo tipo String que almacena la entidad de salud.
  - *bloodtype*: Campo tipo String que almacena el tipo de sangre.
  - *practitionerRole*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el cargo de un usuario del personal médico.
  - *entitylab*: Campo tipo String que almacena la entidad que presta los servicios para el laboratorio.
- **roles:** Tabla de relación muchos a muchos entre la tabla **user** y la tabla **role** que contiene los roles de usuario. En ella se definen los siguientes campos:
  - *user\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla usuario.
  - *role\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla role.
- **role:** Tabla que contiene los roles de usuario de la plataforma. Los roles de usuario en la plataforma se muestran a continuación:
  - ADMIN: rol para el administrador.
  - PATIENT: rol para el paciente.
  - PERSONAL: rol para el personal.
  - LAB: rol para el laboratorista.

En la tabla **role** se definen los siguientes campos:

  - *id*: Campo tipo INT que contiene el id del rol.
  - *type*: Campo tipo String que contiene el rol de usuario.
- **exams:** Tabla de relación muchos a muchos entre la tabla **user** y la tabla **exam** que contiene los exámenes del usuario. En ella se definen los siguientes campos:
  - *user\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla usuario.
  - *exam\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla exam.
- **exam:** Tabla que almacena la información correspondiente a los exámenes médicos del perfil hepático. Para los exámenes se definen los siguientes campos en la base de datos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *code*: Campo tipo JSON que almacena el tipo de examen del perfil hepático.

- *subject*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 la información del paciente.
- *referenceRange*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el rango de referencia de la variable a medir.
- *interpretation*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 la interpretación del valor tomado de la variable a medir.
- *valueQuantity*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el valor tomado de la variable a medir.
- *labComments*: campo tipo String que almacena los comentarios del laboratorista sobre el examen.
- *performerComments*: campo tipo String que almacena los comentarios del médico sobre el examen.
- *issued*: campo tipo String que almacena la fecha y hora de realización del examen.
- *performer*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el usuario del personal médico que solicita el examen.
- *done*: campo tipo Boolean que almacena 1 si se realizó el examen.
- **organization**: Tabla que almacena la entidad prestadora de servicios. Para esta tabla se definen los siguientes campos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *name*: Campo tipo String que almacena el nombre de la entidad.
  - *address*: Campo tipo String que almacena la ubicación física de la entidad.
  - *phone*: Campo tipo String que almacena el teléfono de la entidad.
  - *email*: Campo tipo String que almacena el correo electrónico de la entidad.

Para esta tabla se definen los siguientes campos:

- *series*: Identificador del registro.
- *token*: Campo tipo String que almacena un token o llave de sesión.
- *username*: campo tipo String que identifica el usuario para el inicio de sesión que corresponde al número de documento.
- *last\_used*: Campo tipo TIMESTAMP que almacena la fecha y hora de la última sesión recordada.

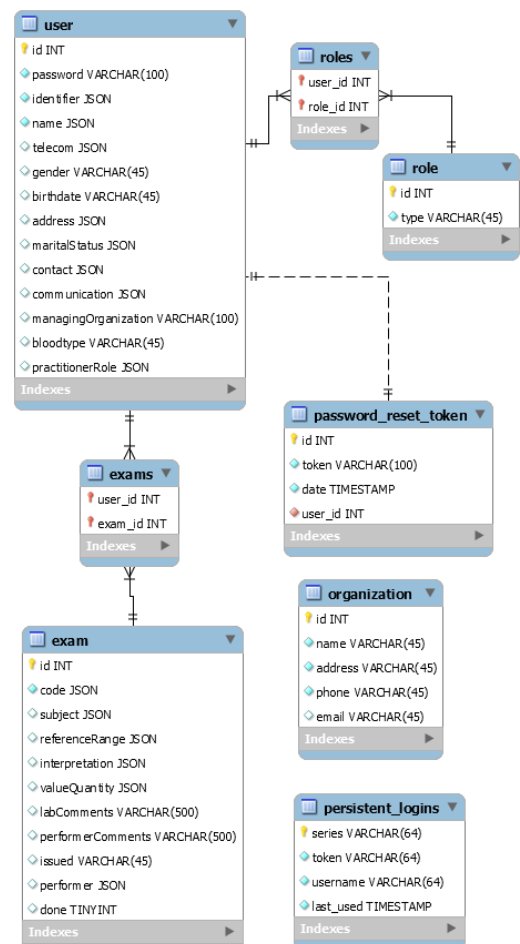


Figura 2. Diagrama de base de datos

- **persisten\_logins**: Tabla que almacena las sesiones que se recuerdan en el navegador.

## HL7 – fhir en la base de datos

A continuación, se define la información contenida en cada campo de acuerdo a la estandarización del mensaje para protocolo HL7 [5].

- **identifier:** Define el identificador único de usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *system:* Establece un espacio de nombres definidos para el valor, es decir una URI que describe a un conjunto de valores únicos.
- *value:* Identificador relevante para el usuario y que es única dentro del contexto del sistema.
- *display:* Describe el tipo de valor para el identificador.

- **name:** El nombre de Usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *family:* Apellidos del usuario.
- *given:* Nombre del usuario.

- **telecom:** Un detalle de información de contacto para el usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

Para teléfono móvil:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value:* Numero móvil.
- *system:* Código que describe el tipo de identificador.

Para teléfono de casa:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value:* Número de teléfono
- *system:* Código que describe el tipo de identificador

Para teléfono de oficina:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value:* Número de teléfono.
- *system:* Código que describe el tipo de identificador.

Para correo electrónico:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value:* correo electrónico.
- *system:* código que describe el tipo de identificador.

- **address:** El nombre de Usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use:* Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *city:* Ciudad.
- *line:* Dirección.
- *country:* País.

- **maritalStatus:** Define el estado civil del usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *code:* Código de referencia del estado civil.
- *system:* Referencia de información de la variable.



- *display*: Descripción de referencia del estado civil.
- **contact**: Define la información de una persona a contactar para el usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *name*: Descrito anteriormente.
  - *telecom*: Descrito anteriormente.
  - *relationship*: Contiene las variables:
  - *code*: Código que define el tipo de relación del contacto con el usuario, que puede ser “family”, “partner” o “friend”.
  - *system*: Información de referencia de la variable.
- **communication**: Define el idioma en que se encuentra la información. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *lenguaje - text*: descripción del idioma.
  - *lenguaje - coding*: este campo se representa con las siguientes variables:
  - *code*: código de idioma.
  - *system*: información de referencia de la variable.
  - *display*: descripción de información del idioma.
- **practitionerRole**: Define la profesión del personal y entidad prestadora de servicios. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding - code*: código que define la profesión del personal médico.
  - *coding - system*: información de referencia de la variable.
  - *coding - display*: información descriptiva de la profesión.
  - *managingOrganization*: información de entidad prestadora de servicios.
- **code**: Define la información del examen a realizar. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding - code*: código de referencia del examen.
  - *coding - system*: referencia de información del examen.
  - *coding - display*: descripción del examen.
- **subject**: Define información del paciente al que le fue realizado el examen. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *display*: nombre del paciente.
  - *reference*: identificador del paciente.
- **referenceRange**: Define el rango de referencia de la variable. Este campo se representa con las siguientes variables:
 

Para el valor mínimo del rango:

  - *low - code*: Código de referencia de la variable.
  - *low - unit*: Unidad de medida.
  - *low - value*: Valor de medida.
  - *low - system*: Información de referencia de la variable.

Para el valor máximo del rango:

  - *high - code*: Código de referencia de la variable.
  - *high - unit*: Unidad de medida.
  - *high - value*: Valor de medida.
  - *high - system*: Información de referencia de la variable.
- **interpretation**: Interpretación de la variable medida. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding - code*: Código de referencia del estado de la medición.

- *coding – system*: Información de referencia de la variable.
- *coding – display*: Descripción del estado de la medición.
- **ValeQuantity**: Define el valor medido de la variable del examen. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *code*: Código de referencia de la variable.
  - *unit*: Unidad de medida.
  - *value*: Valor medido de la variable.
  - *system*: Información de referencia de la variable.
- **Performer**: Información del personal médico. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *display*: Nombre del paciente
  - *reference*: Identificador del paciente

### Plataforma web

La plataforma web permite a los usuarios realizar funciones para el manejo de la información registrada en el sistema. Hay cuatro tipos de usuarios, los cuales se definen a continuación:

- *Administrador*: Es registrado a través de la página web. Tiene la función de registrar, modificar o eliminar a los demás usuarios de la plataforma.
- *Personal*: Puede ver su información básica y modificar sus datos, además tiene acceso a los datos del paciente, lo que le permite autorizar los exámenes y consultar el historial de exámenes.
- *Paciente*: Puede ver su información personal y modificar sus datos. La plataforma le permite consultar el historial de exámenes que le fueron realizados.
- *Laboratorista*: Puede ver su información personal, modificar sus datos y los de la entidad que presta los servicios de laboratorios. La plataforma le permite

registrar los valores arrojados en la realización del examen médico cuando es autorizado.



Figura 3. Página inicial

La plataforma tiene soporte en el idioma inglés y español.

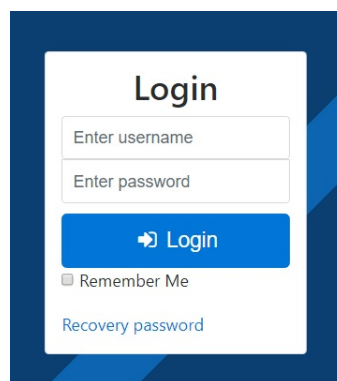


Figura 4. Inicio de sesión.

Los usuarios pueden acceder con su número de identificación personal y la contraseña; la plataforma puede recordar la sesión de usuario y recuperar su contraseña si no la recuerda.

The dashboard features a blue header with navigation links (Index, EN, ES, ES) and a user profile (Hil Ernesto). The main content area is divided into four panels:

- Users:** Performs actions on users. Includes a '+ Add User' button, an 'Enter user ID' input field, and an 'Update / Delete User' button.
- Consult patient:** Performs actions on patients. Includes an 'Enter patient ID' input field and a 'Consult' button.
- Perform the exam:** Find the authorized examinations and perform the labs. Includes a 'Perform the exam' button.
- Consult exam:** Consult your clinical laboratories. Includes a 'Consult exam' button.

Figura 5. Página inicial del usuario.

Los usuarios pueden realizar algunas funciones que son específicas de cada perfil:

- Los administradores pueden agregar, actualizar o eliminar cualquier tipo de usuario.
- Los usuarios del personal médico pueden consultar la información de los pacientes y autorizar los exámenes.
- Los pacientes pueden revisar su información personal y los exámenes autorizados.
- Los laboratoristas realizan los exámenes de laboratorio autorizados por el personal médico.

Cada usuario puede actualizar su información personal desde la plataforma. Se debe acudir al administrador si se desea cambiar el número de documento de identidad del usuario.

The 'New user' form is titled 'Hil Please record user information.' and contains the following sections:

- Personal information:** Includes fields for Identification type (dropdown: Passport Card), Identification number, First name, Last name, and Email.
- General information:** Includes fields for Birthdate (dd/mm/aaaa), Gender (dropdown: Male), Blood type (dropdown: A+), Marital status (dropdown: Unmarried), and Managing Organization.
- Contact information:** Includes fields for Relationship (dropdown: Next-of-Kin), First name, Last name, and Contact phone.
- Location data:** Includes fields for Home phone, Mobile phone, Work phone, Address, and City.
- Session information:** Includes fields for Password, Confirm Password, and User roles (dropdown: Patient, Administrator, Personal, Laboratorist).
- Profession:** Includes a field for Practitioner role (dropdown: Other).

An 'Add' button is located at the bottom right of the form.

Figura 6. Formulario de usuario.

La figura 6 contiene toda la información que se almacena del usuario. El número de documento de identidad y los roles de usuario solo pueden ser actualizados por el administrador, los demás datos pueden actualizarse desde la plataforma por el mismo usuario.

The screenshot shows a web form for user information. It is divided into four main sections: Personal information, General information, Contact information, and Location data. Below these is a section for 'what you want to do?' with 'Update user' and 'Delete user' buttons. Then there is an 'Authorize exam' section with a dropdown menu and an 'Add' button. Finally, there is an 'Exams' section with a table listing exams and their status.

| Order | Laboratory   | Date       | Action | Realized |
|-------|--|------------|--------|----------|
| 4     | Creatinine (Mass/volume) in Serum or Plasma            | --         |        | No       |
| 3     | Albumin (Mass/volume) in Serum or Plasma               | --         |        | No       |
| 2     | Urea nitrogen/azotemia (Mass Ratio) in Serum or Plasma | --         |        | No       |
| 1     | Glucose (Mass/volume) in Serum or Plasma               | 2017-07-25 |        | Yes      |

Figura 7. Información general de usuario.

Un médico puede autorizar los diferentes exámenes haciendo la consulta de un usuario. Cuando el examen sea autorizado, el médico puede eliminar la autorización mientras no haya sido realizado por el laboratorista.

The screenshot shows a form for realizing a quantitative exam. It includes fields for 'Exam', 'Order', 'Patient', 'Specialist', and 'Authorized'. Below these are fields for 'Unit of measurement', 'measured value', 'minimum value', 'maximum value', and 'Laboratory comments'. There is an 'Add' button at the bottom right.

Figura 8. Formulario de examen cuantitativo.

Los exámenes realizados por el laboratorio pueden ser cuantitativos si se mide una variable o descriptivos si solo se necesita determinar la presencia del compuesto en la muestra.

## Tecnologías de desarrollo

Para el desarrollo del proyecto web se utilizó herramientas con licencia de software libre

- *Proyecto desarrollado en:*  
Spring Tool Suite  
Version: 3.8.4.RELEASE  
Build Id: 201703310825  
Platform: Eclipse Neon.3 (4.6.3)  
JavaSE-1.8(jre1.8.0\_121)
- *Base de datos:*  
MySQL Workbench 6.3.8 build 1228 CE (64 bits) Community  
Puerto de para base de datos en MySQL : 3306
- *Servidor de aplicaciones:*  
Apache Tomcat 8.5.14

## Lenguajes de programación

**HTML, CSS y JS:** Para el manejo de vista y las funciones script en el cliente. HTML5 organiza los parámetros para el etiquetado de la estructura de la página HTML, CSS3 construye la apariencia de la página para un estilo visual interesante y JS permite la construcción de funciones de página en el cliente para evitar carga en el servidor.

**JAVA SPRING:** Spring es un framework para el desarrollo de aplicaciones y contenedor de inversión de control, de código abierto para la plataforma Java. Con se realiza en control de páginas y desarrollo de los servicios de la aplicación.

Además, se utilizaron las siguientes herramientas:

1. *Bootstrap v4.0.0-alpha.6:* Framework que facilita el diseño web adaptable a diferentes dispositivos usando el diseño responsivo.
2. *Font Awesome:* Esta librería contiene un compilado de iconos para darle mayor estilo visual a las páginas.
3. *javax.mail versión 1.4.7:* permite el envío de mensajes de correo desde el servidor a los usuarios. Se usa para enviar un correo al

usuario cuando solicita una recuperación de contraseña.

4. *Mysql conector versión 5.1.39*: librería para el control de las conexiones a la base de datos de MySQL desde java.

## RESULTADOS

El sistema le permite a los pacientes, médicos, personal auxiliar y laboratoristas, el ingreso de información para la interoperabilidad de la plataforma.

Cada rol de usuario tiene funciones diferentes de acuerdo a su perfil. Primero el personal médico debe autorizar los exámenes al paciente; estos exámenes autorizados quedan en espera de ser realizados por los usuarios de laboratorio. Mientras no se haya realizado el examen, el personal médico puede cancelar la orden emitida. Cuando el laboratorista realiza el examen, ingresa los datos y la información queda disponible para ser consultada por el personal o los pacientes y con ello se finaliza el proceso.

La plataforma permite autorizar 17 exámenes diferentes del panel de metabólico completo que se muestran a continuación.

1. Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma
2. Urea nitrogen [Mass/volume] in Serum or Plasma
3. Creatinine [Mass/volume] in Serum or Plasma
4. Urea nitrogen/Creatinine [Mass Ratio] in Serum or Plasma
5. Glomerular filtration rate/1.73 sq M.predicted [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
6. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among females [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
7. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among non-blacks [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
8. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among blacks [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
9. Calcium [Mass/volume] in Serum or Plasma
10. Protein [Mass/volume] in Serum or Plasma
11. Albumin [Mass/volume] in Serum or Plasma
12. Globulin [Mass/volume] in Serum by calculation
13. Albumin/Globulin [Mass Ratio] in Serum or Plasma

12

14. Bilirubin.total [Mass/volume] in Serum or Plasma
15. Alkaline phosphatase [Enzymatic activity/volume] in Serum or Plasma
16. Alanine aminotransferase [Enzymatic activity/volume] in Serum or Plasma
17. Aspartate aminotransferase [Enzymatic activity/volume] in Serum or Plasma

## Consulta de datos

Los pacientes y el personal médico podrán ver los resultados de los exámenes accediendo al perfil de cada paciente, en el perfil de usuario se muestra una tabla en el final de la página con los laboratorios realizados.

| Order | Laboratory  | Date       | Action | Realized |
|-------|---|------------|--------|----------|
| 4     | Creatinine [Mass/u200Bvolume] in Serum or Plasma              | --         |        | No       |
| 3     | Albumin [Mass/u200Bvolume] in Serum or Plasma                 | --         |        | No       |
| 2     | Urea nitrogen/u200BCreatinine [Mass Ratio] in Serum or Plasma | --         |        | No       |
| 1     | Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma                      | 2017-07-25 |        | No       |

Figura 9. Información de laboratorios para un paciente.

En la figura 10, se puede ver la orden de laboratorio realizada, detallando los datos descriptivos del examen realizado. En ella se muestra el tipo de laboratorio, el rango de medida, el valor medido, la unidad de medida y los comentarios sobre el laboratorio. Para los exámenes no cuantitativos se muestra los comentarios del laboratorista y el medico sobre la presencia del compuesto.

Exam information.

Exam: (2345-7) Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma

Order: 1

Patient: LORENA CLAROS

Specialist: Ernesto Claro

Authorized: 2017-07-25

Results

| Unit of measurement | measured value | Reference range | Interpretation |
|---------------------|----------------|-----------------|----------------|
| mg/dL               | 45             | 74 - 106        | Low            |

Specialist comments:

Enter the Specialist comments

Add

Figura 10. Información del examen realizado.

## Conexión con otros sistemas de información

El sistema de información queda habilitado para comunicarse con cualquier otro sistema de información de salud que soporte el estándar HL7-FHIR y empaquete los datos utilizando el estándar JSON. Esto se puede lograr fácilmente estableciendo canales entre este sistema y cualquier otro que cumpla con la exigencia mencionada anteriormente y empleando Mirth Connect o una herramienta parecida. Sistemas que empaqueten sus datos utilizando XML u otras tecnologías también pueden ser soportados realizando pequeñas adaptaciones.

## Archivo del proyecto

El proyecto puede ser consultado en la dirección: [https://github.com/albecor/Medical\\_Metabolic](https://github.com/albecor/Medical_Metabolic) , donde se pueden encontrar los siguientes archivos:

- **Database/EERDatabase.mwb:** Modelo de la base de datos.
- **Database/ScriptDatabase.sql:** Archivo script de la base de datos.
- **Javadoc/:** Contiene la documentación del API del proyecto
- **Research Project/:** Contiene el archivo de información de la investigación del proyecto.
- **User Manual/:** Contiene el manual del usuario de la aplicación web.
- **Web Application/medical\_metabolic/:** Archivo de proyecto de la aplicación.
- **Web Application/medical\_metabolic.war:** Archivo de despliegue de la aplicación para el servidor Tomcat.

## CONCLUSIONES

Con el sistema de información implementado se logra optimizar la comunicación entre los agentes involucrados en la autorización, realización y publicación de los exámenes para un paciente en los hospitales del Huila, reduciendo el tiempo de ejecución y facilitando el trabajo del personal médico a la hora de elegir tratamientos acordes con

la condición específica de cada paciente. Se debe intensificar el uso de las tecnologías de la información, mediante el desarrollo de proyectos que den solución a muchos de los problemas que aquejan al sistema de salud colombiano. Como se ha demostrado, desde el programa de ingeniería electrónica de la universidad Surcolombiana se puede contribuir al desarrollo de la ciudad, el departamento y en general del país.

El sistema de información aquí presentado, permite garantizar la integridad y legibilidad de la información de los pacientes y hace posible que la información esté disponible en cualquier parte, independientemente de la institución prestadora de servicios de salud.

Se espera que la ejecución de este proyecto marque el camino a seguir en el departamento y en el país en cuanto al uso de las tecnologías informáticas como una solución inmediata a muchas dificultades de los centros hospitalarios. Esperamos con esto generar las bases para futuros proyectos que involucren una integración total de las diferentes áreas del hospital en sistemas de información hospitalarios robustos, efectivos y confiables.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad Surcolombiana por permitir el desarrollo del proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Chernecky CC, Berger BJ. Comprehensive metabolic panel (CMP) - blood. In: Chernecky CC, Berger BJ, eds. Laboratory Tests and Diagnostic Procedures. 6th ed. St Louis, MO: Elsevier Saunders; 2013:372.
- [2] Clinica DAM, David C. Dugdale. División de Medicina General, Departamento de Medicina, Universidad de Washington Facultad de Medicina. Extraído de : <https://www.clinicadam.com/salud/5/003468.html>

- [3] FHIR community. (2017). FHIR V3.0.1. HL7 FHIR. Extraído de: <https://www.hl7.org/fhir/>
  
- [4] Care2x. The open source hospital information system, 2013 Care2x Team. Extraído de: <http://www.care2x.org/demo-page-online>
  
- [5] e-Salud: El caso de México. Nancy Gertrudiz. Extraído de: <http://cetes.medicina.ufmg.br/revista/index.php/rlat/article/viewFile/71/192>
  
- [6] Mirth Connect, Mozilla Licencia Pública (MPL) 1.1. Extraído de: <https://www.mirth.com/>
  
- [7] MySQL, 2017, Oracle Corporation and/or its affiliates. Extraído de: <https://www.mysql.com/>
  
- [8] Medline Plus, Grupo de pruebas metabólicas completas. Extraído de: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003468.htm>