

Sistema de información para el registro y la consulta de exámenes de aminoácidos en orina, en los hospitales del Departamento del Huila - Colombia

Information system to record and consult Amino acids tests in urine in the Huila Department's hospitals - Colombia

Albeiro Cortés Cabezas^{1*}

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 de aminoácidos en la orina, 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; aminoácidos en la orina; 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 Unfortunately, hospitals in Huila do not yet have these information systems, which is why health care staff use outdated, complex and unstructured methods to store data on all types of results and tests performed, for later examination and analysis by a physician in charge and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 the amino acids tests in urine 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.

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

INTRODUCCIÓN

El avance de la bioquímica clínica ha permitido una mejor comprensión de los procesos patológicos, aumentar la precisión en el diagnóstico, despertar el interés por parte de los médicos en las denominadas enfermedades congénitas del metabolismo y ampliar el conocimiento acerca de las enfermedades que afectan al metabolismo de los aminoácidos. Estas enfermedades presentan la característica de ser hereditarias como consecuencia de mutación genética de cromosomas encargados de enzimas propias del metabolismo, lo que determina un déficit enzimático parcial o total, produciendo la alteración de una vía metabólica con el consecuente acumulo de un metabolito. Generalmente se manifiestan en la temprana infancia por un cuadro grave, en el cual el diagnóstico es difícil si no se dispone de pruebas bioquímicas específicas. En aquellos pacientes que no han sido diagnosticados y tratados en forma oportuna, la muerte (forma clásica de la enfermedad olor jarabe de arce en orina) o el retardo mental (fenilcetonuria), se presentan con frecuencia.

El procedimiento de diagnóstico más exacto de una alteración metabólica es la determinación del déficit de la actividad enzimática. Esto requiere generalmente técnicas complejas y de elevado costo. En lo que se refiere a errores congénitos del metabolismo de aminoácidos, las técnicas de diagnóstico se han basado inicialmente en pruebas cualitativas para orina, diseñadas para determinar la concentración anormal de un metabolito, como pruebas del cloruro férrico, cianuro nitro prusiato, 2, 4-dinitrofenilhidrazina, prueba para la acidemia metilmalonica, entre otras. Sin embargo, estas pruebas colorimétricas no son específicas, siendo solo capaces de determinar eliminaciones excesivas de algunos aminoácidos. Un resultado positivo requiere necesariamente una investigación bioquímica más profunda que permita separar, identificar y cuantificar el metabolito excretado en forma anormal. [1]

Análisis de aminoaciduria

Aminoaciduria, aminoácidos en la orina o aminoácidos urinarios es una cantidad anormal de

aminoácidos en la orina. Los aminoácidos son los pilares fundamentales de las proteínas en el cuerpo.

Nombre	Enzima o vía metabólica	Hallazgos clínicos	Hallazgos de laboratorio
Fenilcetonuria clásica	Fenilalanina hidroxilasa	Retardo mental, disfunción psiquiátrica	Fenilalanina plasmática >15 mg/dl
Fenilalaninemia benigna	Fenilalanina hidroxilasa	Asintomática	Fenilalanina plasmática < 15 mg/dl
Fenilalaninemia maligna	Dihidropterina reductasa	Retardo mental, disfunción psiquiátrica	Aumento de fenilalanina plasmática
Fenilalaninemia maligna	GPT ciclohidroxilasa	Retardo mental, disfunción psiquiátrica	Aumento de fenilalanina plasmática
Tirosinemia hereditaria	p-hidroxifenil ácido acético hidroxilasa	Cirrosis hepática, disfunción tubular renal	Aumento de tiroxina plasmática
Alcaptonuria	Ácido homogentísico oxidasa	Ocronosis, artritis	Aumento de ácido homogentísico urinario
Glicinuria	sistema renal de transporte de glicina y aminoácidos	Asintomática	Aumento urinario de glicina, prolina e hidroxiprolina
Enfermedad de Hartnup	Sistema de transporte renal de aminoácidos neutros	Ataxia, retardo	Aumento urinario de aminoácidos neutros
Síndrome de Fanconi	Deficiencia general en el transporte renal	Acidosis y raquitismo	Aminoaciduria, glicinemia y fosfatúria.

Tabla descriptiva de hallazgos clínicos. [4]

Significado de los valores anormales de análisis de aminoaciduria

El aumento de los aminoácidos totales en la orina puede deberse a [2]:

Cetonuria: o cetoaciduria de las cadenas ramificadas (orina con olor a jarabe de arce): Se observan aumentos en sangre de valina, leucina, isoleucina, aloisoleucina, luego aparecen en orina junto con sus α -cetoácidos de cadena ramificada dando a la misma su olor característico. La forma infantil de la enfermedad es grave y los pacientes sufren degeneración progresiva. En la forma intermitente de la enfermedad, si bien los ascensos se producen en los mismos aminoácidos, la cetoaciduria y el olor a jarabe de arce, solo se manifiestan en los ataques.

Cistinuria: caracterizada por déficit de reabsorción de aminoácidos básicos (lisina, arginina, ornitina y cistina) en los túbulos proximales. Se detecta también excreción aumentada y propensión a la formación de cálculos de cistina.

Citrilininuria: su presencia en la orina se relaciona con la ingesta proteica. Se estima que hay una relación entre la citrilininuria y el déficit mental.

Enfermedad de Wilson (degeneración hepatolenticular): es una enfermedad tubular inespecífica, secundaria a una enfermedad metabólica general. Se caracteriza por presentar un déficit de la proteína específica de transporte de Cu en suero: la ceruloplasmina, además de una absorción incompleta de Cu en la dieta. Por esta misma afección tubular puede producirse galactosemia (en la orina se eliminan grandes cantidades de serina, glicina, treonina, alanina y cantidades moderadas de glutamina, valina, leucina y tirosina).

Homocistinuria: se observan aumentos de metionina en sangre y ligeros aumentos de homocistina. También grandes aumentos de homocistina en orina.

Histidinuria: la histidina está aumentada en la sangre y lo mismo sucede en orina. En la orina, además de la histidina y la alanina, aparecen el ácido imidazol pirúvico, imidazol láctico y acético.

Síndrome de Lignac-Fanconi: caracterizado por el déficit en la reabsorción tubular de aminoácidos, glucosa, fosfatos y agua. Los lactantes y niños afectados presentan raquitismo, resistente al tratamiento con vitamina D; poliuria, glucosuria, aminoaciduria elevada e hipofosfatemia. El síndrome de Fanconi puede ser ocasionado por una variedad de enfermedades genéticas y adquiridas. Por la acción de tóxicos como Pb, Hg, Bi, P y ácido oxálico, que provocan lesión tubular proximal.

Tirosinosis: se observan aumentos importantes de tirosina y metionina en sangre. Los aumentos urinarios corresponden al ácido p-hidroxifenol pirúvico, acético y láctico y también metionina.

En general, se produce una aminoaciduria generalizada, glucosuria renal, raquitismo renal, cirrosis, síndrome de Fanconi.

Hemoglobinuria de esfuerzo: aparece en la orina el ácido -aminolevulínico.

Quemaduras extensas: pueden aparecer aminoácidos y péptidos en la orina.

Valores normales de aminoácidos [3]

Asparragina

- niños: 15 a 40
- adultos: 34 a 100

Ornitina

- niños: 3 a 16
- adultos: 5 a 70

Fenilalanina

- niños: 20 a 61
- adultos: 36 a 90

Fosfoserina

- niños: 16 a 34
- adultos: 28 a 95

Fosfoetanolamina

- niños: 24 a 66
- adultos: 17 a 95

Prolina

- niños: no medida
- adultos: no medida

Serina

- niños: 93 a 210
- adultos: 200 a 695

Taurina

- niños: 62 a 970
- adultos: 267 a 1,290

Treonina

- niños: 25 a 100
- adultos: 80 a 320

Tirosina

- niños: 30 a 83
- adultos: 38 a 145

Valina

- niños: 17 a 37
- adultos: 19 a 74

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 de aminoácidos en orina, 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 de exámenes de aminoácidos en orina. 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 [6-7]. 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 páginas 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.

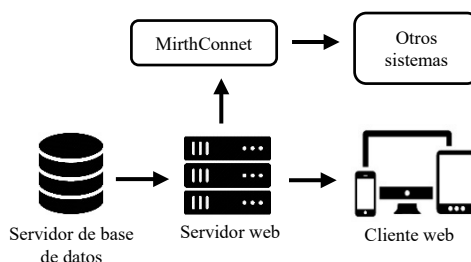


Figura 1. Diagrama de interoperabilidad

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 [5].

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 [8]. 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 [9]. 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 de aminoácidos en orina definidos. 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 de aminoácidos en orina. Para ellos 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 medico 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.
- **persisten_logins:** Tabla que almacena las sesiones que se recuerdan en el navegador.

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.

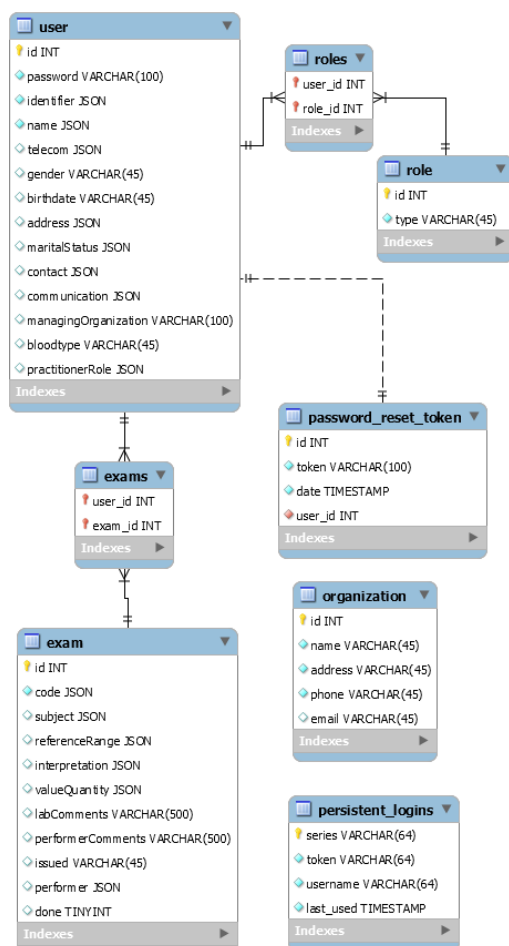


Figura 2. Diagrama de base de datos

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:
 - *coding – code:* código de referencia de la variable.
 - *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

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.

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.

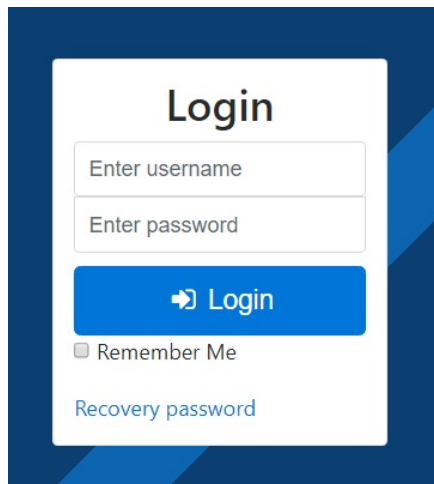


Figura 4. Inicio de sesión.

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.

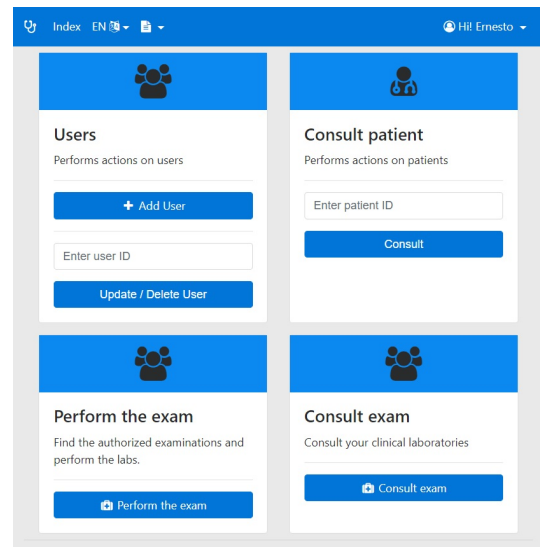


Figura 5. Página inicial del usuario.

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.

New user

!!! Please record user information.

Personal information

Identification type:

Identification number:

First name:

Last name:

Email:

General information

Birthdate:

Gender:

Blood type:

Marital status:

Managing Organization:

Contact information

Relationship:

First name:

Last name:

Contact phone:

Location data

Home phone:

Mobile phone:

Work phone:

Address:

City:

Session information

Password:

Confirm Password:

User roles:

Profession

Practitioner role:

Add

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.

Personal information

Identification type: 2222
Name: LORENA CLAROS
Email: lorenaclaros@example.com
Age: 50 years

General information

Birthdate: 1967-07-01
Gender: Male
Marital status: Unmarried
Blood type: A+
Managing Organization: entidad

Contact information

Relationship: Next-of-Kin
Contact name: LILIANAMARTINEZ
Contact phone: 85236

Location data

Home phone: 31125
Work phone: 31125
Mobile phone: CALLE 96
Address: CALLE 96
City: Distrito Capital

what you want to do?

Authorize exam

Authorize examination:

Exams

Show: 10 entries

Order	Laboratory	Date	Action	Realized
5	Tyrosine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	2017-07-25	<input type="button" value="Edit"/>	<input type="button" value="See"/>
2	Asparagine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	--	<input type="button" value="Edit"/>	No
1	Beta alanine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	--	<input type="button" value="Edit"/>	No

Showing 1 to 3 of 3 entries

Previous: Next:

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 medico puede eliminar la autorización mientras no haya sido realizado por el laboratorista.

Realize exam

Please! Records exam information.

Exam: (28602-1) Beta aminobutyrate/Creatinine [Ratio] in Urine

Order: 3

Patient: 2222 - LORENA CLAROS

Specialist: Ernesto Claro

Authorized: 2017-07-25

Unit of measurement:

measured value:

minimum value:

maximum value:

Laboratory comments:

Add

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.

Figura 9. Formulario de examen cualitativo.

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 41 exámenes de diferentes variables de aminoácidos en la orina, que se muestran a continuación.

1. Beta alanine/Creatinine [Ratio] in Urine
2. Alanine/Creatinine [Ratio] in Urine
3. Alpha aminoadipate/Creatinine [Ratio] in Urine
4. Amino beta guanidinopropionate/Creatinine [Ratio] in Urine
5. Gamma aminobutyrate/Creatinine [Ratio] in Urine
6. Beta aminoisobutyrate/Creatinine [Ratio] in Urine
7. Alpha aminobutyrate/Creatinine [Ratio] in Urine
8. Anserine/Creatinine [Ratio] in Urine
9. Arginine/Creatinine [Ratio] in Urine
10. Asparagine/Creatinine [Ratio] in Urine

11. Aspartate/Creatinine [Ratio] in Urine
12. Carnosine/Creatinine [Ratio] in Urine
13. Citrulline/Creatinine [Ratio] in Urine
14. Cystathionine/Creatinine [Ratio] in Urine
15. Cystine/Creatinine [Ratio] in Urine
16. Glutamate/Creatinine [Ratio] in Urine
17. Glutamine/Creatinine [Ratio] in Urine
18. Glycine/Creatinine [Ratio] in Urine
19. Histidine/Creatinine [Ratio] in Urine
20. Homocystine/Creatinine [Ratio] in Urine
21. Hydroxylysine/Creatinine [Ratio] in Urine
22. Hydroxyproline/Creatinine [Ratio] in Urine
23. Isoleucine/Creatinine [Ratio] in Urine
24. Leucine/Creatinine [Ratio] in Urine
25. Lysine/Creatinine [Ratio] in Urine
26. Methionine/Creatinine [Ratio] in Urine
27. 1-Methylhistidine/Creatinine [Ratio] in Urine
28. 3-Methylhistidine/Creatinine [Ratio] in Urine
29. Ornithine/Creatinine [Ratio] in Urine
30. Phenylalanine/Creatinine [Ratio] in Urine
31. Phosphoethanolamine/Creatinine [Ratio] in Urine
32. Phosphoserine/Creatinine [Ratio] in Urine
33. Proline/Creatinine [Ratio] in Urine
34. Sarcosine/Creatinine [Ratio] in Urine
35. Serine/Creatinine [Ratio] in Urine
36. Taurine/Creatinine [Ratio] in Urine
37. Threonine/Creatinine [Ratio] in Urine
38. Tryptophan/Creatinine [Ratio] in Urine
39. Tyrosine/Creatinine [Ratio] in Urine
40. Valine/Creatinine [Ratio] in Urine
41. Amino acid pattern [Interpretation] in Urine

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
6	Beta alanine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	--		No
5	Tyrosine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	2017-07-25		No
2	Asparagine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	--		No
1	Beta alanine/u2008Creatinine [Ratio] in Urine	--		No

Figura 10. Información de laboratorios para un paciente.

En la figura 11, 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 especialista, sobre la presencia del compuesto.

Unit of measurement	measured value	Reference range	Interpretation
umol/g(creat)	25	36 - 145	Low

Figura 11. 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 empaque 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_AminoAcids_Urine, 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_amino_acids_urine/: Archivo de proyecto de la aplicación.
- **Web**
Application/medical_amino_acids_urine.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] Rev. Chil.Pediatría .58(6); 436-441, Concentraciones de aminoácidos en suero y orina en niños chilenos de 0-6 años de edad. 1987.
- [2] LotharT. Clinical Laboratory Diagnostics: Use and assessment of clinical laboratory results, English edition, 1998.
- [3] CLINICA DAM. valores anormales de análisis de aminoaciduria . Extraído de : <https://www.clinicadam.com/salud/5/003366.html>
- [4] 2- Jacobs D.S., Demott W.R. Grady H. et al., Laboratory Test Handbook, Edit by Lexi-Comp Inc., Cleveland, United States of America, 4th edition, 1996. .
- [5] FHIR community. (2017). FHIR V3.0.1. HL7 FHIR. Extraído de: <https://www.hl7.org/fhir/>
- [6] Care2x. The open source hospital information system, 2013 Care2x Team. Extraído de: <http://www.care2x.org/demo-page-online>
- [7] e-Salud: El caso de México. Nancy Gertrudiz. Extraído de: <http://cetes.medicina.ufmg.br/revista/index.php/rfat/article/viewFile/71/192>
- [8] Mirth Connect, Mozilla Licencia Pública (MPL) 1.1. Extraído de: <https://www.mirth.com/>
- [9] MySQL, 2017, Oracle Corporation and/or its affiliates. Extraído de: <https://www.mysql.com/>