

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas  
Santa Clara, Villa Clara, Cuba

## Aplicación médica para trasplante renal usando reglas de negocio

### Medical application for kidney transplantation using business rules

María Elena Martínez Busto<sup>1</sup>, Léster Núñez Pérez<sup>1</sup>, Asiel Caballero Martínez<sup>1</sup>, Isel Moreno Montes de Oca<sup>1</sup>, Martha Beatriz Boggiano Castillo<sup>1</sup>, Luisa Manuela González González<sup>1</sup>, Paulino Hernández Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Master en Ciencias en Computación Aplicada. Asistente. Correo electrónico: [mmbusto@uclv.edu.cu](mailto:mmbusto@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup>Licenciado en Ciencia de la Computación. Correo electrónico: [ixlester@sagua.vcl.onat.gov.cu](mailto:ixlester@sagua.vcl.onat.gov.cu)

<sup>1</sup>Estudiante de 4to año, Carrera de Ciencia de la Computación. Correo electrónico: [acm@uclv.edu.cu](mailto:acm@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup>Master en Ciencias en Computación Aplicada. Profesora Auxiliar. Correo electrónico: [isel@uclv.edu.cu](mailto:isel@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup>Master en Ciencias en Computación Aplicada. Asistente. Correo electrónico: [mboggiano@uclv.edu.cu](mailto:mboggiano@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup>Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular. Correo electrónico: [luisagon@uclv.edu.cu](mailto:luisagon@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup>Especialista Segundo Grado Urología. Profesor Auxiliar. Correo electrónico: [paulino@hamc.vcl.sld.cu](mailto:paulino@hamc.vcl.sld.cu)

---

## RESUMEN

**Introducción:** los rápidos y constantes cambios en el ambiente de los negocios afectan tanto a los negocios como a las aplicaciones informáticas. Las aplicaciones médicas manejan gran cantidad de reglas para adoptar decisiones que requieren mucha precisión. Los especialistas necesitan comprender con facilidad los sistemas para adaptarlos a las nuevas necesidades. **Objetivo:** es en este artículo aplicar el enfoque de reglas de negocio (RN) en el desarrollo sistemas de información (SI)

---

que permite usar el lenguaje médico para la captura de los requisitos necesarios. **Material y métodos.** Para el desarrollo del trabajo se emplea la documentación disponible sobre el tema y se realizan entrevistas a los especialistas para identificar un amplio conjunto de RN. **Resultados:** El presente trabajo muestra el desarrollo de una aplicación para el control de pacientes en el área de trasplante renal empleando dicho enfoque, lo que facilita asumir el reto de actualización de los sistemas a nuevas condiciones impuestas por los avances médicos. **Conclusiones:** Estos resultados muestran la efectividad y validez de la captura de RN desde la perspectiva de los usuarios del negocio.

**Palabras clave:** reglas de negocios, sistemas de información, trasplante renal.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** Business and computer applications are affected by the rapid and continuing changes in business environment. Medical applications handle large number of rules to make decisions that require high precision. Specialists need to understand easily the systems to adapt them to new conditions. **Objective:** The goal of this article is to apply the business rules approach (BRA) in the development of information systems (IS) in order to enable the use of medical language to capture the requirements. **Material and methods:** The development stage of this paper uses the available literature on the subject, and specialists' interviews to identify a broad set of business rules (BR). Results. This work shows the development of an application for monitoring patients in the kidney transplantation area using this approach, which facilitate the challenge of upgrading systems to new conditions imposed by medical advances. **Conclusions:** These results show the effectiveness and validity of the capture of BR from the perspective of business users.

**Key words:** business rules, information systems, kidney transplantation.

---

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Informática tiene aplicación en todas las áreas de la Medicina, entre las que se encuentran: laboratorios de análisis clínicos, dispositivos electrónicos para hacer mediciones, archivos de imágenes, *software* de gestión hospitalaria, de manejo de turnos, diagnóstico por imagen, la Telemedicina, sistemas de gestión hospitalaria, historias clínicas, Bases de Datos de pacientes, entre otros. Por tal motivo, este es un campo multidisciplinario que acoge a profesionales de áreas como la Biomedicina, Informática de sistemas, Telecomunicaciones, Electrónica y Administración, y Gestión.

En ocasiones, es considerada la Informática médica como una especialidad médica, debido a que es el estudio del conocimiento médico y su aplicación en el manejo del paciente a través de un Sistema de Información (SI) y Telecomunicaciones que requiere una extensa base de formación médica, clínica y de las posibilidades de la tecnología de distribuir esta información en forma rápida y efectiva.

---

En el área de Nefrología, los pacientes reciben atención especializada insertándose en un sistema de atención secundaria y terciaria personalizada. Se requieren registros permanentes que faciliten gestionar los exámenes y la evolución para cada enfermo. Dicha área incluye diversas especialidades que, en dependencia de cada uno estos controles, tiene sus peculiaridades. La atención al paciente se realiza de acuerdo con el seguimiento en tres tipos de consultas: Consulta de progresión o renal crónica avanzada (externa o evolutiva), Consulta de hemodiálisis y Consulta de trasplante.

Cada consulta tiene sus propios requerimientos de información, protocolos de trabajo y restricciones, que deben ser consideradas tanto en las prácticas médicas como para los requisitos y funcionalidades que se esperan de los sistemas computacionales de apoyo. Esto resulta de gran importancia, no solo para el personal médico y paramédico, también para pacientes y familiares relacionados con esta área.<sup>1</sup> Los datos de cada paciente deben estar disponibles para los diferentes especialistas que lo atienden. Además, es deseable brindar información para pacientes y personas allegadas, posibilitando que conozcan -no solo del estado actualizado del enfermo- sino que adquieran cultura en cuanto a los cuidados que se deben tener con pacientes con estas características, donde la atención familiar resulta decisiva en el éxito del tratamiento.<sup>2</sup>

Esta área de aplicación se caracteriza por lo siguiente: durante la atención a un paciente se tienen que adotar múltiples decisiones que están muy bien reglamentadas en diferentes protocolos; las decisiones están fuertemente interrelacionadas, o sea, unas dependen de otras; cada usuario, médico, paramédico, paciente o familiar tiene requerimientos informativos diferentes, debe propiciarse el acceso y manejo de la información a cada cual según su papel; los tratamientos y procedimientos son susceptibles a cambios, e incluso hasta pueden variar de acuerdo con la región o país. Se rigen por normativas o avances científicos a diferentes niveles; y se debe permitir a usuarios avanzados dar mantenimiento a las políticas trazadas en un ambiente flexible, este tipo de usuario puede ser incluso, el propio médico.

Todo lo anterior sugiere aplicar el enfoque de RN, lo que facilita la obtención de soluciones computacionales para este dominio. Debido, fundamentalmente, a la elevada probabilidad de cambios rápidos y constantes que afectan el ambiente de la aplicación, identificándose la necesidad de renovación y adaptación. Dichos cambios afectan tanto los negocios como las aplicaciones de apoyo, por lo que se requieren constantes actualizaciones y adaptaciones. Esto, a su vez, conlleva la necesidad de que los Sistemas de Información (SI) se adapten y extiendan para que reflejen los cambios producidos.

Desafortunadamente, la predicción de ser capaces de desarrollar aplicaciones que no necesiten esfuerzo de programación aún no es cierta.<sup>3,4</sup> Es conocido que el obstáculo de la comunicación entre los usuarios y los desarrolladores es el principal responsable del fracaso de muchos proyectos de SI.<sup>5,6</sup>

En los últimos años, el manejo de las RN ha llegado a ser muy popular en la comunidad de los SI, debido a que permite obtener aplicaciones flexibles y modificables,<sup>7-14</sup> de ser posible, sin la intervención de ningún desarrollador.

## REGLAS DE NEGOCIO

Las RN son definiciones explícitas que regulan cómo opera y se estructura un determinado negocio.<sup>15</sup> Tienen un efecto significativo en la escalabilidad de las aplicaciones del negocio. En este contexto, se entiende por "negocio" cualquier tipo de bien o servicio que ofrezca una organización, a través de la realización de complejos procesos de reproducción empresarial, y para lo cual es necesario el consumo de recursos.

Son las RN las que definen el ambiente del negocio; su mantenimiento y manejo resulta muy complejo si no se representan de forma apropiada. Estas dificultades pueden resultar esenciales en el ambiente médico, donde por razones de ética se agudiza la necesidad de dar adecuado tratamiento de cualquier norma o regla.

La idea del presente trabajo se centra en que las RN deben separarse de los datos y la funcionalidad de las aplicaciones, teniendo en cuenta que deben ser de fácil acceso, visibilidad, modificables y administrables, tanto para desarrolladores como para usuarios del negocio.

Diversos tipos de reglas son encontrados durante el modelado del negocio y el desarrollo de los sistemas de cómputo, pero debe lograrse claridad en cuáles son de interés para la comunidad científica, tanto del negocio como de sistemas.

Varios autores,<sup>15-17</sup> consideran que las RN cumplen las siguientes propiedades: atómicas, no pueden ser descompuestas sin que pierdan información; no ambiguas, tienen solamente una interpretación obvia; compactas, típicamente son sentencias cortas sobre aspectos esenciales; consistentes, unidas proporcionan una descripción unificada y coherente; y compatibles, usan los mismos términos basados en el modelo del negocio.

Del análisis anterior se observa que las RN son estructuras individuales que permiten ser definidas, delimitadas y expresadas de forma precisa, modificable y que en su conjunto componen el marco estructural, la política, la estrategia y la operatividad de una organización. Son accesibles a los usuarios expertos empleando un lenguaje simple e inequívoco.

## LAS REGLAS DENTRO DEL MODELADO DE LA APLICACIÓN MÉDICA

Para administrar las RN a nivel de empresa es importante identificar y documentar sus fuentes, entre las que se encuentran los objetivos del negocio, políticas, regulaciones, procesos del negocio como las más representativas. En el marco de esta investigación se tratan algunos de estos conceptos de la forma siguiente:

*Política:* Aseveración general sobre la dirección de una empresa.

Ejemplo: Todo paciente que lo necesite recibe atención médica. Todo receptor es asociado a un grupo de donantes candidatos.

*Sentencia de regla de negocio:* Aseveración declarativa de estructura o restricción, la cual se establece sobre el negocio en sí o dentro de él.

Ejemplo: Si un paciente se diagnostica con insuficiencia renal crónica debe recibir tratamiento adecuado. Para ello debe hacerse los exámenes correspondientes en el laboratorio.

*Sentencia de regla formal:* Expresión de una RN en una gramática formal específica.

Ejemplo: Un paciente con diagnóstico de insuficiencia renal crónica debe recibir tratamiento adecuado.

*Tipo de expresión formal:* Gramática formal para la representación de RN.

Ejemplo:

**R1:** Todo trasplante de riñón debe tener asociado un donante vivo o donante cadavérico.

**R2:** Un posible receptor puede ser incluido en la lista de espera solo si fue evaluado completamente por una comisión de trasplante renal (TR).

**R3:** Un posible receptor de TR donante vivo asociado debe tener una edad mayor o igual a 15 años y menor de 55.

**R4:** Un paciente debe ser remitido a métodos sustitutivos cuando su estadio es V.

**R5:** Para la ejecución del TR si el sexo del paciente es femenino se debe verificar si está embarazada.

Es importante notar que en una aplicación de RN de una empresa -donde se recogen sus diferentes formas de expresión- las RN tienen que ubicarse en su contexto y, por tanto, subordinarse a la organización, con independencia de la estructura y descripción dada por el analista. Por otro lado, una sentencia de regla formal debe utilizar una convención particular de un tipo de expresión formal que representa la gramática formal para la representación RN. (Figura 1).

Se considera la modelación de empresa como una técnica promisorio para la formalización del ambiente del negocio, y según Bajec,<sup>8</sup> mediante esta se logra obtener la información necesaria para la administración de RN.

## **INSERCIÓN DEL REPOSITORIO DE REGLAS EN LA ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN**

Al implementar un SI para el caso de estudio se emplea una arquitectura de tres capas, lo que facilita a los programadores la labor de actualización y a los usuarios el uso del sistema. Uno de los principios del diseño cliente/servidor de tres capas es que la lógica de negocio debe mantenerse separada de la capa de cliente y capa de servidor.

En la *capa de servidor o datos* se implementan reglas que se ajustan al tipo relación, con un correcto diseño de la Base de Datos quedan automáticamente implementadas muchas de las reglas del sistema (validaciones). Estas reglas de relación dependen de las regulaciones de la política del negocio que son más estables, por lo que pueden quedar representadas en dicha capa. Ejemplo de este tipo de regla es la siguiente:

**R6:** Un posible receptor debe ser asociado al menos a un donante potencial.

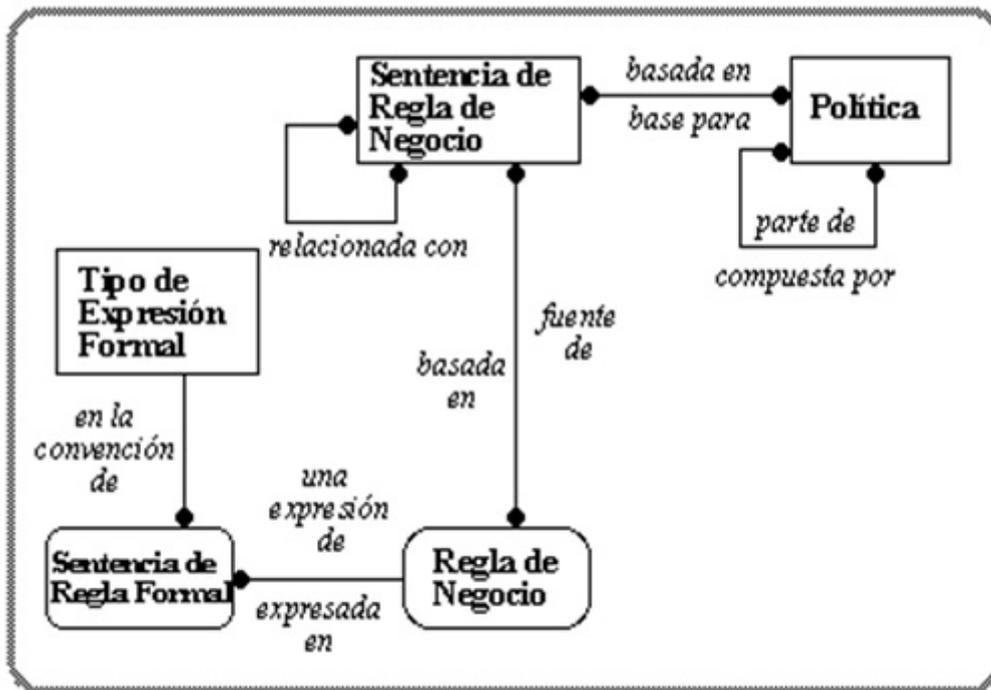


Figura 1: Origen de las reglas de negocio.<sup>17,18</sup>

En esta capa se implementan las RN que se ajustan, según su clasificación, con las reglas de restricción, flujo y derivación. También se incorporan todas aquellas propensas a ser modificadas por cambios en la política de la empresa. Ejemplo de este tipo de regla se tienen los siguientes:

**R7:** Un posible receptor de un TR con donante vivo debe tener una edad mayor o igual a 15 años y menor de 55.

**R8:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de VIH del paciente fue negativo.

**R9:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de Hepatitis B del paciente fue negativo.

**R10:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de Hepatitis C del paciente fue negativo.

**R11:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de VIH del donante fue negativo.

**R12:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de Hepatitis B del donante fue negativo.

**R13:** Un TR debe realizarse cuando el examen complementario de Hepatitis C del donante fue negativo.

En la *capa cliente* se implementan algunas de las RN que controlan la validez de la información básica almacenada para cada atributo. Ejemplo de ello es: insertar valores que se correspondan con los tipos de datos para cada atributo. No obstante, es posible realizar algunos de estos chequeos desde el cliente para evitar esperas innecesarias por la realización de consultas a la BD y disminuir el tráfico en la red.

## **SISTEMA PARA EL CONTROL DE PACIENTE EN EL ÁREA DE NEFROLOGÍA**

Para resolver el caso de estudio se desarrolla un SI para el control de pacientes en el área de Nefrología guiado por los resultados obtenidos en la investigación. Inicialmente se obtiene una primera versión del sistema utilizando tecnología Cliente/Servidor y un lenguaje de programación de alto nivel.<sup>19,20</sup> En este se utiliza de forma parcial el enfoque de RN.

Como una segunda versión de este sistema, se obtiene una aplicación *web* con arquitectura cliente/servidor de tres capas.<sup>21,22</sup> Se utiliza una plataforma de *software* libre CakePHP que permite separar el tratamiento de los datos, la lógica del negocio y su presentación. Esto facilita los procesos de diseño e implementación, así como el mantenimiento, considerando que se ha seguido el enfoque de RN durante su desarrollo, además de aplicar los resultados obtenidos en la presente investigación.

Este trabajo se publica en memorias de eventos internacionales<sup>19,23-25</sup> y se realizó el correspondiente registro de *software*.<sup>22</sup>

La referida aplicación *web* contribuye a tratar de manera integrada los procesos de consulta de progresión, hemodiálisis ambulatoria y TR en el área de Nefrología. Además, alimenta la BD que soporta los requerimientos de los procesos que se llevan a cabo.

## **CONCLUSIONES**

Las aplicaciones médicas tienen como característica el manejar gran cantidad de reglas para adoptar decisiones que requieren de mucha precisión. Los especialistas necesitan comprender con facilidad los sistemas para adaptarlos a sus nuevas necesidades. Con el uso de las RN en esta área se logra mejor comunicación con los especialistas empleando el propio lenguaje médico, además de permitir realizar cambios al SI sin tener que hacer uso de la programación.

Al implementar esta aplicación médica para el control de pacientes en la sala de nefrología, siguiendo el enfoque de RN mediante una arquitectura de tres capas y la aplicación de los resultados de la presente investigación, se verifica la utilidad de la propuesta. Las RN identificadas fueron implementadas acorde con lo recomendado para insertar el repositorio en el SI, previo a ello se analizó la convergencia de las reglas partiendo de su semántica hasta la visión cercana a la implementación. Estos resultados prácticos muestran la efectividad y validez de las consideraciones propuestas para la captación de RN desde la perspectiva de los usuarios del negocio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández PE, *et al.* Protocolo de Trasplante Renal Donador Vivo Relacionado: Hospital Universitario "Arnaldo Milián Castro". 2003.
2. Ojo A, *et al.* Survival in recipients of marginal cadaveric donor kidneys, compared to other recipients and wait-listed transplant patients. *J Am Soc Nephrol.* 2001; 12: 589-597.
3. James M. *Application Development Without Programmers.* 1981.
4. Jeffrey A. Hoffer JFG, Joseph S. Valacich, *Modern Systems Analysis and Design.* Second Edition ed. Addison-Wesley; 1999.
5. Bajec M. *User Involvement in IS Analysis and Design.* 1998.
6. Lawrence B. Designers Must Do the Modeling! *IEEE Software.* 1998, p. 30-33.
7. Petrounias I. and P. Loucopoulos. A rule based approach for the design and implementation of information systems. in *Proceedings EDBT '94.* Cambridge, UK: Springer; 1994.
8. Bajec M. and M. Krisper, A methodology and tool support for managing business rules in organisations. *Information Systems.* Sep 2005; 30(6): 423-443.
9. Struck DL. *Business Rule Continuous Requirements Environment,* in PhD Thesis. Colorado Technical University: Colorado Springs, Colorado: 1999.
10. Youdeowei A. *The B-Rule Methodology: A Business Rule Approach to Information Systems Development,* in Department of Computation UMIST. Manchester, United Kingdom: 1997.
11. Moriarty T. *Business Rule Management Facility: System Architect* 2001. *Intelligent Enterprise.* 2000; 3(12).
12. Gottesdiener E. *Capturing Business Rules,* in *Software Develop. Mag., Manage. Forum;* 1999.
13. Moriarty T. *The Next Paradigm. Database Programming and Design.* 1993; 6(2): 66-69.
14. Date CJ. *What Not How: The Business Rules Approach to Application Development.* Reading, MA, Addison Wesley; 2000.
15. Ross RG. *Business Rule Concepts~Getting to the Point of Knowledge* ed. n. Edition. Business Rule Solutions, LLC; 2005.
16. Morgan T. *Business Rules and Information Systems: Aligning IT with Business Goals.* Addison Wesley; 2002.

17. BRG. Defining Business Rules ~ What Are They Really? [2000 2008]; Available from: [http://www.businessrulesgroup.org/first\\_paper/br01c0.htm](http://www.businessrulesgroup.org/first_paper/br01c0.htm)  
<http://www.BusinessRulesGroup.org>
18. Bajec M, M. Krisper and R. Rupnik. Using Business Rules Technologies To Bridge The Gap Between Business and Business Applications, in The IFIP 16th World Computer Congress 2000, Information Technology for Business Management, G.E. RECHNU, Editor. Peking, China: 2000, p. 77-85.
19. Martínez Busto ME, *et al.* Modelo de Tres Capas Para un Sistema De Información que Ayude en el Proceso de Toma de Decisiones en el Trasplante Renal. En: Informática 2007, XII Convención Informática 2007 y Expo Internacional. Ciudad de La Habana, Cuba: 2007.
20. Martínez Busto ME, *et al.* Data-R: Sistema de Control de Historias Clínicas en la sala de trasplante renal. En: UCLV. Cuba: CENDA, Editor; 2008, p. 20.
21. Martínez Busto ME, *et al.* Aplicación de las reglas de negocio a sistemas inter-hospitalarios para trasplante renal en Cuba. En: 173/09, UCLV. Cuba: CENDA, Editor; 2009.
22. Cuéllar Vega E, *et al.* Sistema de Nefrología. En UCLV. Cuba: CENDA, Editor; 2008, p. 25.
23. Martínez Busto ME, *et al.* Aplicación Médica para Trasplante Renal Usando Reglas de Negocio in CLAIO 2008, XIV Latin Ibero-American Congress on Operations Research. Colombia: 2008.
24. Martínez Busto ME, *et al.* Reglas de Negocio para el Trasplante Renal, Clasificación y Caracterización. En: COMPUMAT 2007. Holguín, Cuba: 2007.
25. Martínez Busto ME, *et al.* Una solución automatizada que sistematiza de manera integrada los procesos de atención al paciente en el área de Nefrología. En Memorias del I Congreso de la Sociedad Iberoamericana y de la Donación de Órganos, Tejidos y Células, I Congreso Cubano de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células. Ciudad Habana, Cuba: MINSAP; 2008.

Recibido: 1 de junio de 2010.

Aprobado: 15 de diciembre de 2011.