



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Programas de Maestría y Doctorado en Ingeniería Telemática
Seminario de Investigación

An Architecture-Centric and Ontology-Based Approach to Cross-Domain Interoperability of Health Information Systems for Diabetes Care

Gustavo Andrés Uribe Gómez

Estudiante de Doctorado

28 de Noviembre de 2014

1- Introducción

El trabajo presentado esta dirigido por el PhD. Diego Mauricio López y tiene como co-director al PhD. Bernd Blobel de la Universidad de Regensburg en Alemania. Durante esta sesión del seminario se presentará el contexto del problema, las brechas actuales identificadas, la pregunta de investigación, bases para la hipótesis, la hipótesis, los objetivos planteados y algunos de los resultados obtenidos hasta el momento.

2- Problema

El trabajo de doctorado propuesto se centra en mejorar la colaboración entre los distintos actores involucrados en el cuidado de una enfermedad, específicamente se esta trabajando como caso de uso la diabetes mellitus tipo 2 [1]. Esta es una enfermedad crónica que causa un gran número de muertes y altos costos para su atención. Se estima que el 7% de la población Colombiana mayor a 30 años esta afectada por esa enfermedad [2]. Una característica importante de esta enfermedad es que requiere de un cuidado interdisciplinar, principalmente debido a que es causada por el estilo de vida de las personas. Otra característica importante es que se requiere una colaboración activa por parte del paciente; este debe realizar el auto-cuidado y cambiar apropiadamente su estilo de vida (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Desde el punto de vista informático encontramos la necesidad de interoperabilidad entre los sistemas de historia clínicas de los proveedores de salud y adicionalmente con los sistemas de historia personal de salud (PHR). Los sistemas PHR permiten a los pacientes manejar su información personal relevante para su salud (ej. ingesta diaria de calorías, actividad física, niveles diarios de glucosa en sangre). Existen muchos trabajos que intentan solucionar los problemas de interoperabilidad a diferentes niveles, pero usualmente la falta de

interoperabilidad se pretende solucionar ignorando las diferencias entre los actores y sin considerar la semántica de la información que se esta transmitiendo.

3- Brechas de Investigación

Tras estudiar la literatura relacionada con el tema se pudieron identificar las siguientes brechas:

- Pese a que los sistemas de historia clínica electrónica (EHR) y los sistemas PHR han demostrado tener un impacto clínico en el cuidado de la diabetes [3]–[21], usualmente estos sistemas trabajan de manera aislada (sin compartir información) [22], [23].
- La interoperabilidad semántica es un problema no resuelto. En parte por el traslape de estándares y la continua evolución de las especificaciones de interoperabilidad. Sin embargo, el principal problema es la integración de los diferentes dominios, con sus lenguajes, puntos de vista, experiencias y conocimiento [24].
- Para solucionar los problemas de interoperabilidad semántica se están desarrollado sistemas basados en ontologías. Estos han demostrado ser efectivos pero su nivel actual de madures es bajo [25]–[31].
- En las soluciones actuales hay carencia de:
 - Consideración de los procesos de negocio
 - Consideración de la aproximación arquitectónica
 - Inclusión de los dominios esenciales (dominio de políticas, dominio médico, etc)
 - Interoperabilidad fuera del dominio de la información. Actualmente se considera la interopreabilidad a nivel técnico, sintáctico y parcialmente la interoperabiidad semántica. Pero no se considera la interoperabilidad entre los dominios de conocimiento.

4- Pregunta de Investigación

La pregunta de investigación se formuló así: ¿Cómo lograr interoperabilidad entre dominios en los sistemas informáticos de salud para soportar el cuidado de la dibaetes mellitus tipo 2?

5- Bases de la Hipótesis

La propuesta de solución esta basado en el modelo genérico de componentes, el cual describe cualquier tipo de sistema mediante 3 dimensiones. La primera dimensión descompone el sistema en sus partes, la segunda dimensión divide diferentes vistas del sistema con el fin de que el sistema sea implementado como un sistema informático y la última dimensión separa los diferentes dominios de conocimiento involucrados en el sistema. La segunda dimensión incluye las vistas definidas por el estándar RM-ODP y adicionalmente considera la vista de negocio (business view). Esta vista describe el sistema independientemente del mundo de

las tecnologías en información y comunicaciones. La tercera dimensión realiza la separación entre dominios, de acuerdo a diversas ontologías existentes (ej. SNOMED-CT [32]). Dado que las ontologías definen conceptos semejantes y en algunas ocasiones se traslapan, es necesario hacer uso de los mecanismos de armonización tales como el mapeo o el emparejamiento semántico. Adicionalmente, se requiere hacer uso de la jerarquía de las ontologías para lograr encontrar similitudes a diferentes niveles de abstracción.

6- Hipótesis

Como hipótesis se tiene que mediante la descripción del sistema del cuidado de la diabetes mellitus tipo 2 usando el modelo genérico de componentes, es posible realizar la implementación de un sistema informático que soporte la colaboración entre los diversos actores involucrados. Para la descripción se ha considerado relevante los dominios: de conocimiento médico, de políticas y de recursos.

7- Objetivos

Como objetivo general se tiene: Proponer una aproximación para lograr interoperabilidad entre dominios en los sistemas informáticos de salud para el cuidado de la diabetes.

Para lograr tal objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Definir formalmente y arquitecturalmente el sistema del cuidado de la diabetes, sus componentes y relaciones.
2. Definir arquitecturas específicas para los casos de uso relevantes en el cuidado de la diabetes incluyendo los actores relacionados.
3. Desarrollar un piloto de software para soportar los casos de uso relevantes en el cuidado de la diabetes y habilitando la interoperabilidad entre los actores.
4. Evaluar las funciones de interoperabilidad de la solución software desarrollada.

El avance para el primer objetivo es del 100%. La arquitectura resultante se resumió en un artículo el cual ha sido enviado para su publicación a la revista "Methods of information in Medicine" homologada por Colciencias como revista A1. Para el segundo objetivo el avance es de un 80%, pues se está próximo a culminar un artículo que comprende la arquitectura específica para el caso de uso del control glucémico y se tienen avances en la definición de las arquitecturas de dos casos de uso más. El tercer objetivo se encuentra en un 20%, pues se han realizado algunos prototipos y se han desarrollado algunas ontologías usadas por el sistema. El último objetivo se encuentra en un 0% pues se requiere de un mayor avance en la implementación para proceder con la evaluación.

8- Resultados

En esta sesión del seminario se presentará la arquitectura genérica del sistema. Esta arquitectura se presentó usando los siguientes diagramas:

1. Diagramas GCM: Los cuales presenta de manera explícita los dominios y sub-dominios del sistema, así como los diferentes niveles de granularidad.
2. Diagramas UML: Estos diagramas presentan de manera explícita las relaciones estáticas o estructurales entre los componentes del sistema.
3. Diagramas BPMN: Estos diagramas presentan explícitamente los aspectos dinámicos del sistema.

Cada uno de los diagramas se presentó por dominios. La figura 1 muestra el diagrama GCM para el dominio médico. En ella se puede apreciar los diversos sub-dominios, los cuales fueron clasificados por la complejidad en el nivel de atención en salud. Los niveles de granularidad muestran las especialidades médicas, los servicios que ofrecen y finalmente las tareas que realizan.

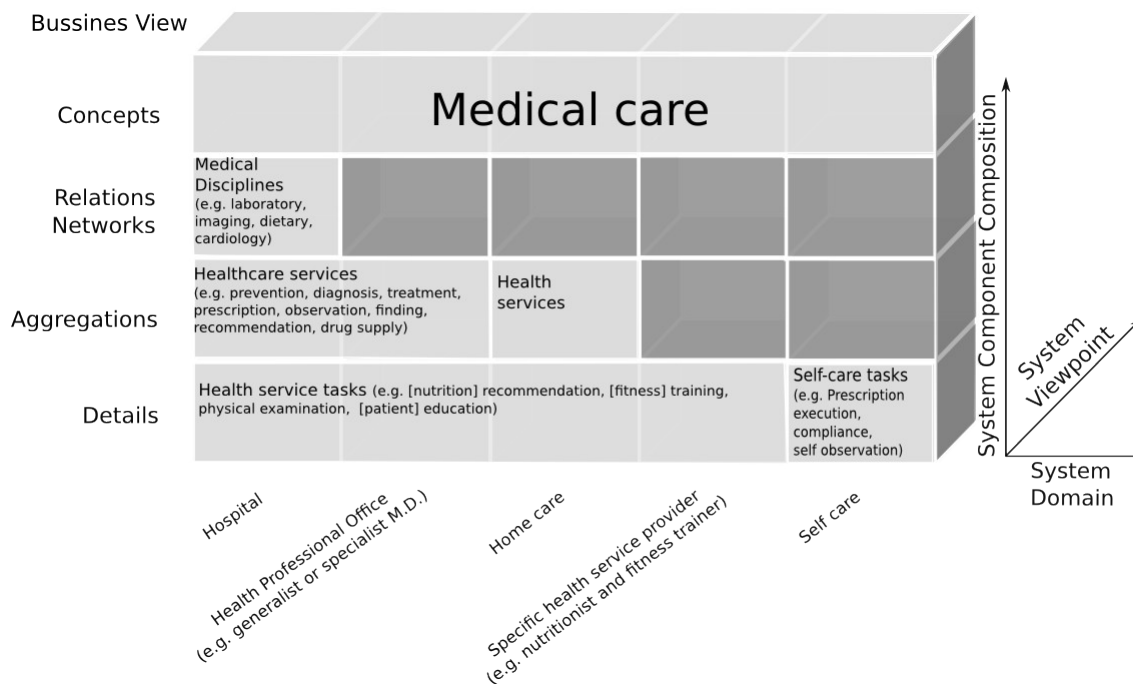


Figura 1: Diagrama GCM para el Dominio Médico

La figura 2 muestra el diagrama GCM para el dominio de las políticas. Este se basa en el estándar ISO 22600 [33]. Se pueden identificar dos sub-dominios genéricos, los cuales son: manejo y aplicación. Los niveles de granularidad muestran como se componen las políticas, hasta finalmente encontrar las restricciones o declaraciones que se deben aplicar.

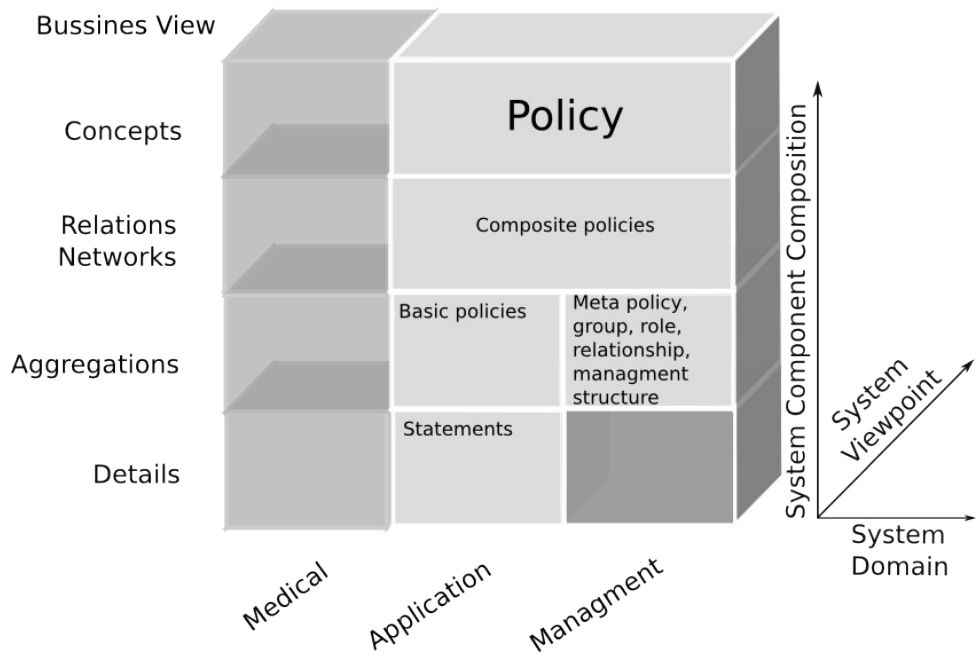


Figura 2: Diagrama GCM para el Dominio de las Políticas

El dominio de los recursos es mostrado en la figura 3. Este se divide en tres sub-dominios: actores, ayudas (medios) y locaciones. Cada uno de los sub-dominios muestra sus componentes se agregan en diferentes niveles de granularidad.

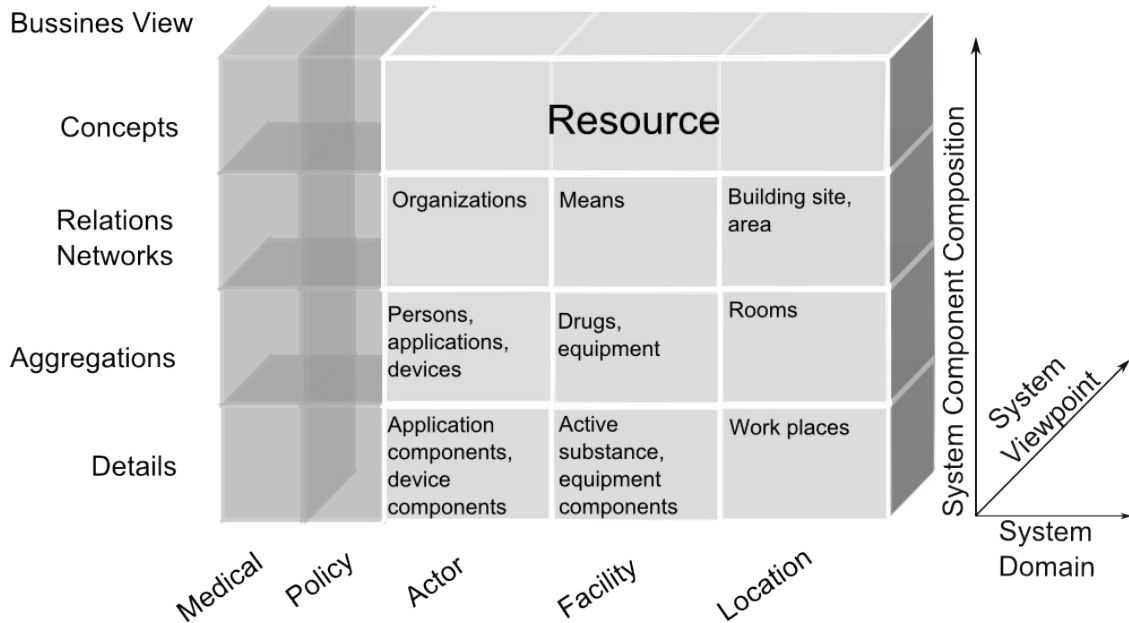


Figura 3: Diagrama GCM para el Dominio de los Recursos

Las relaciones entre los componentes de cada uno de los dominios se muestran en las figuras 4,5,6.

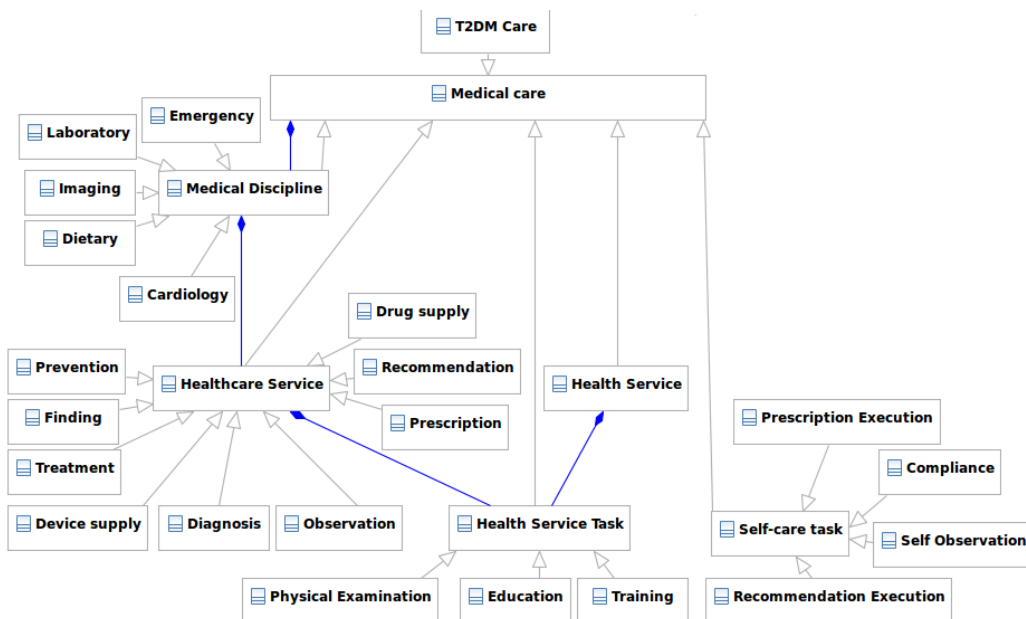


Figura 4: Diagrama UML para el Dominio Médico

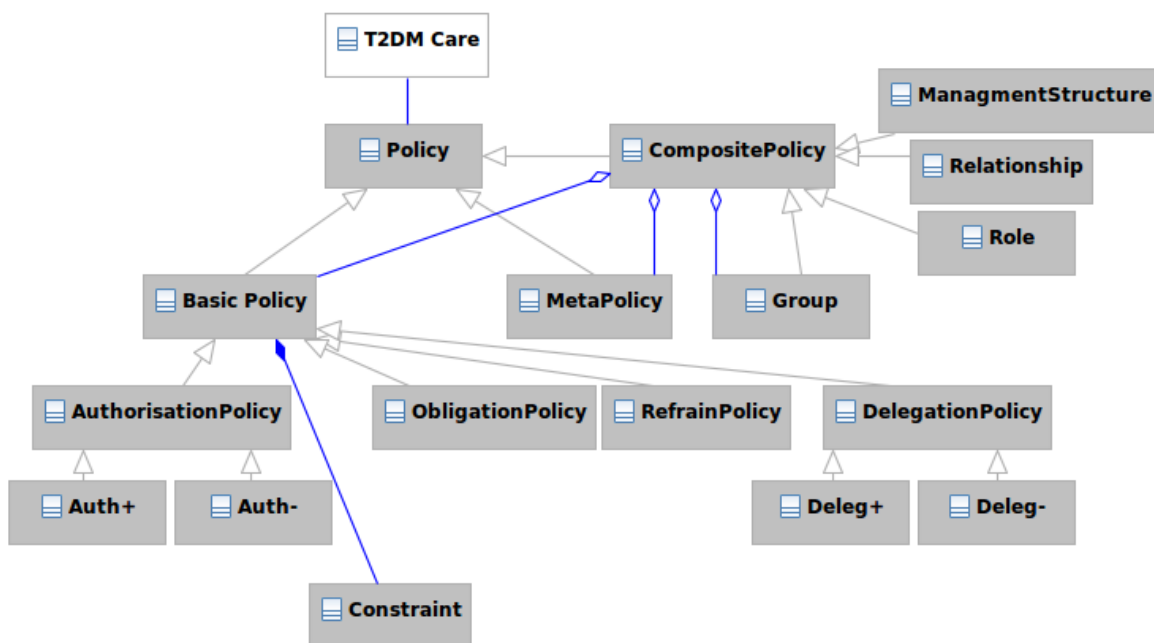


Figura 5: Diagrama UML para el Dominio de las Políticas

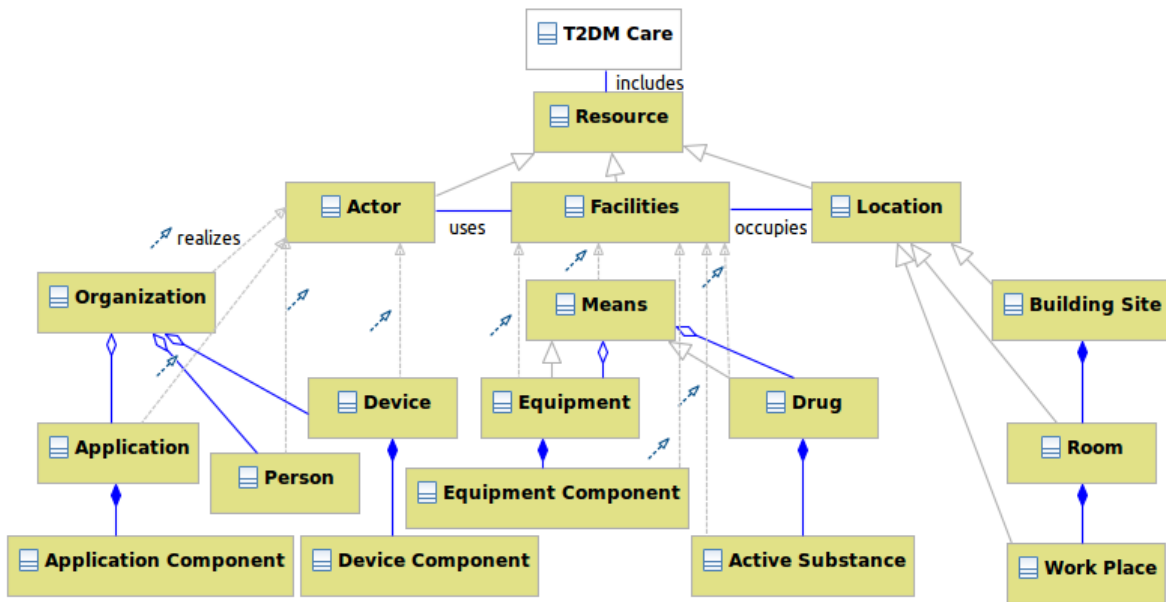


Figura 6: Diagrama UML para el Dominio de los Recursos

La figura 7 muestra la relación entre los diferentes dominios y se muestra que las políticas regulan o rigen la manera en que los actores realizan sus tareas médicas.

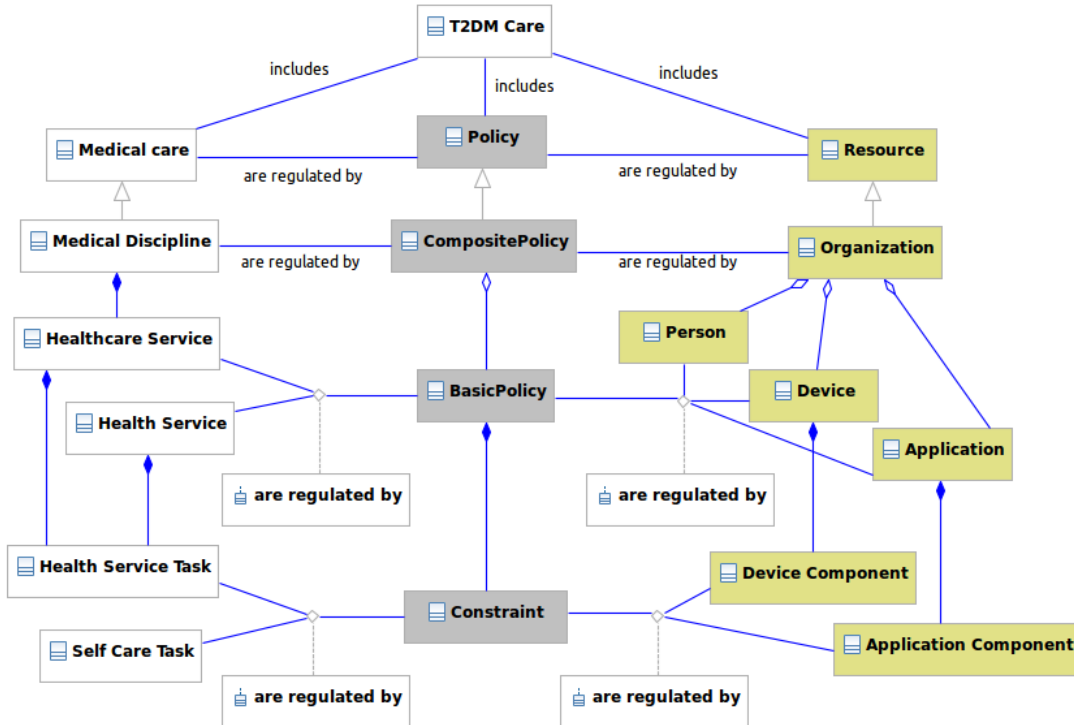


Figura 7: Diagrama UML entre Dominios

Para mostrar los aspectos dinámicos del sistema se realizaron diagramas BPMN. En primer lugar en la figura 8 se muestran los aspectos generales de la aproximación. Se puede observar que el sistema es completamente adaptable, pues depende del contexto y de la definición del conocimiento (ontologías) que se hayan definido.

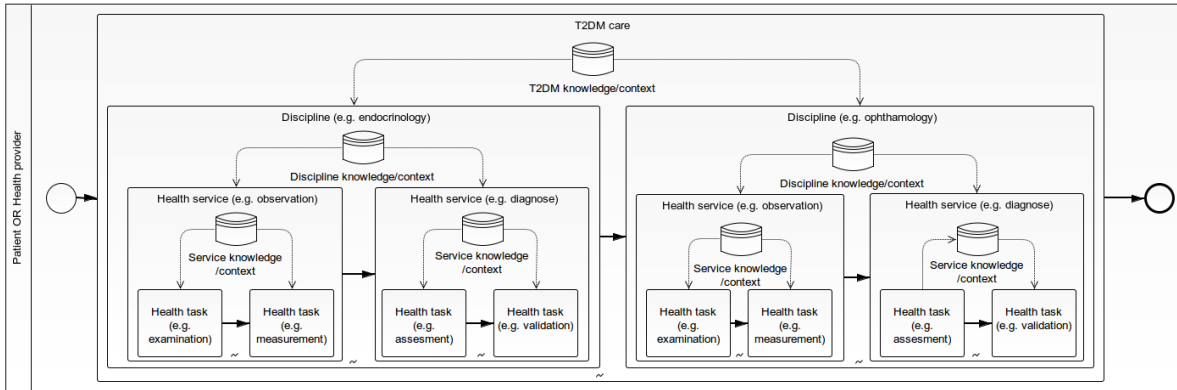


Figura 8: Diagrama General BPMN

Los aspectos dinámicos del sistema se han dividido por los niveles de granularidad. Cada diagrama muestra el comportamiento esperado del sistema, sin embargo este puede adaptarse de acuerdo a las políticas y a los cambios en el conocimiento médico. La figura 9 muestra el primer nivel de granularidad correspondiente a las especialidades médicas.

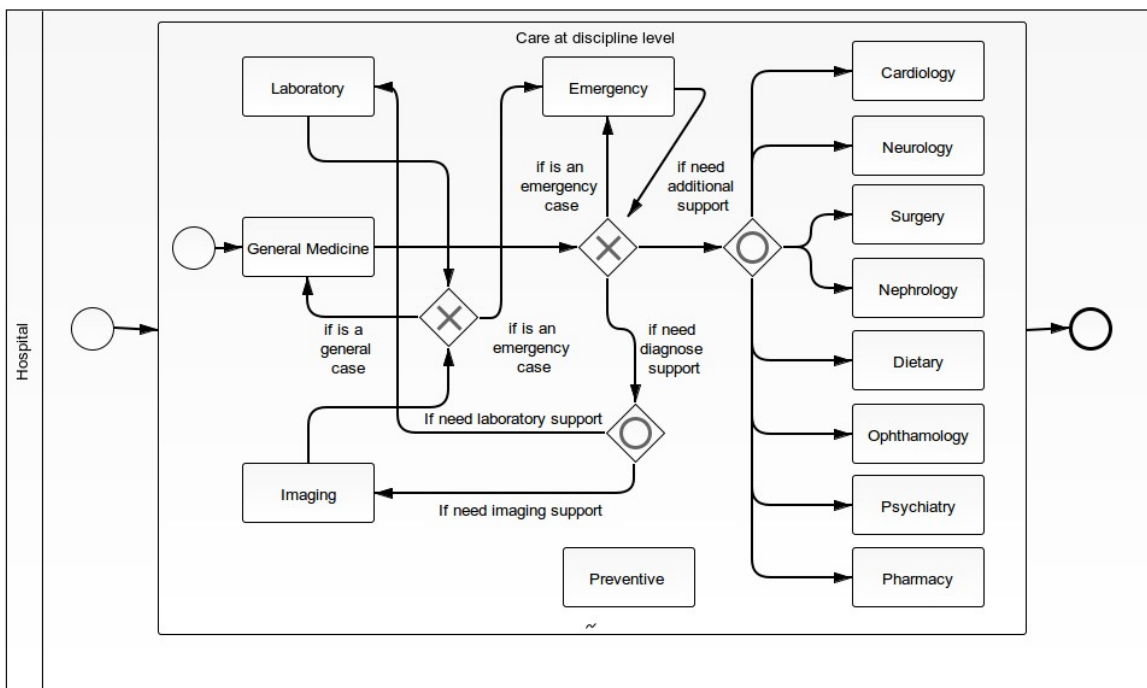


Figura 9: Diagrama BPMN para el Primer Nivel de Granularidad

La figura 10 muestra los aspectos dinámicos del segundo nivel de granularidad, es decir los servicio en salud.

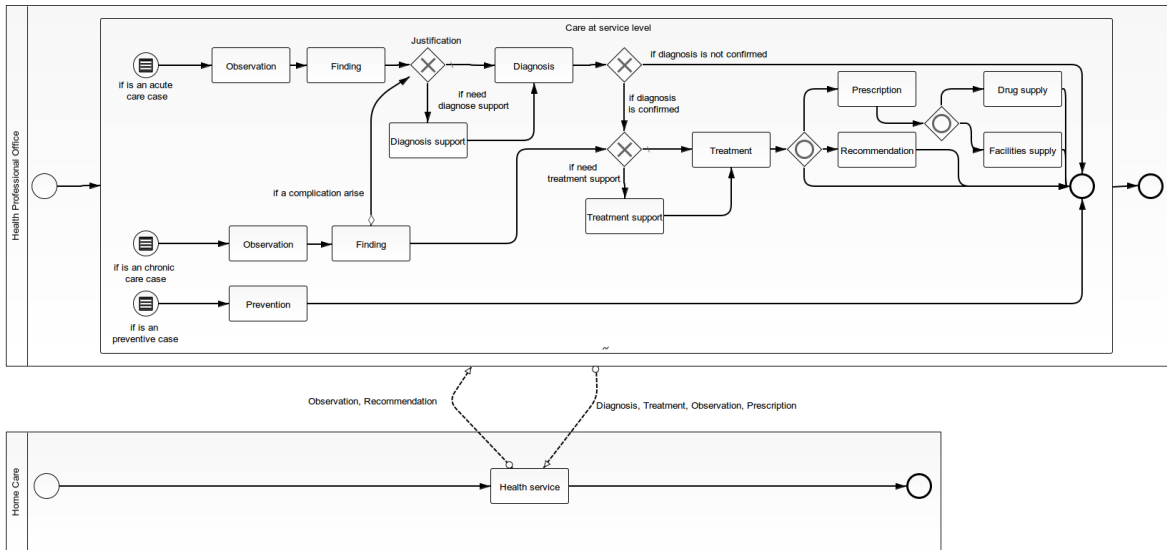


Figura 10: Diagrama BPMN para el Segundo Nivel de Granularidad

Finalmente, se muestra la interacción con el paciente en la figura 11.

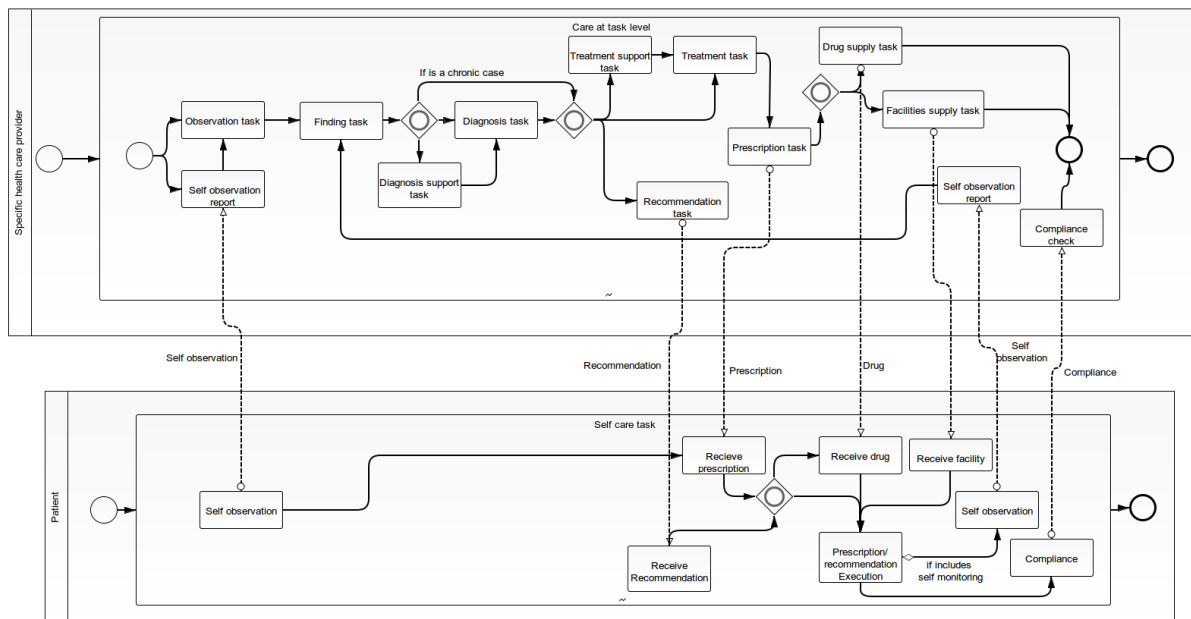


Figura 11: Diagrama BPMN para el Tercer Nivel de Granularidad

Bibliografía

- [1] World Health Organization, "WHO | Diabetes," 2011. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/index.html>. [Accessed: 13-Jun-2011].
- [2] Ministerio de la Protección Social, "Guías de promoción de la salud y prevención de enfermedades en la salud pública." Programa de Apoyo a la Reforma de Salud, 2007.

- [3] A. Agrawal, J. Bhattacharya, N. Baranwal, S. Bhatla, S. Dube, V. Sardana, D. R. Gaur, D. Balazova, and S. K. Brahmachari, "Integrating Health Care Delivery and Data Collection in Rural India Using a Rapidly Deployable eHealth Center," *PLoS Med.*, vol. 10, no. 6, p. e1001468, 2013.
- [4] L. D. Booker and H. Trabulsi, "Project Control for Healthcare Information Systems Initiatives," in *Privacy, Security, Trust and the Management of e-Business, 2009. CONGRESS'09. World Congress on*, 2009, pp. 143–151.
- [5] R. D. Cebul, T. E. Love, A. K. Jain, and C. J. Hebert, "Electronic health records and quality of diabetes care," *N. Engl. J. Med.*, vol. 365, no. 9, pp. 825–833, 2011.
- [6] T. Chomutare, L. Fernandez-Luque, E. Arsand, and G. Hartvigsen, "Features of mobile diabetes applications: review of the literature and analysis of current applications compared against evidence-based guidelines," *J. Med. Internet Res.*, vol. 13, no. 3, 2011.
- [7] A. Dohr, J. Engler, F. Bentley, and R. Whalley, "Gluballoon: an unobtrusive and educational way to better understand one's diabetes.," in *UbiComp, 2012*, pp. 665–666.
- [8] P. Fahey, "The Obstacles and Enablers to implementing a Patient Held Prescribing Record in Ireland," PhD. Thesis, University of Dublin, Dublin, 2012.
- [9] J. Herrin, B. Graca, D. Nicewander, C. Fullerton, P. Aponte, G. Stanek, T. Cowling, A. Collinsworth, N. S. Fleming, and D. J. Ballard, "The effectiveness of implementing an electronic health record on diabetes care and outcomes," *Health Serv. Res.*, vol. 47, no. 4, pp. 1522–1540, 2012.
- [10] N. Nijland, J. E. van Gemert-Pijnen, S. M. Kelders, B. J. Brandenburg, and E. R. Seydel, "Factors influencing the use of a Web-based application for supporting the self-care of patients with type 2 diabetes: a longitudinal study," *J. Med. Internet Res.*, vol. 13, no. 3, 2011.
- [11] P. J. O'Connor, J. M. Sperl-Hillen, W. A. Rush, P. E. Johnson, G. H. Amundson, S. E. Asche, H. L. Ekstrom, and T. P. Gilmer, "Impact of electronic health record clinical decision support on diabetes care: a randomized trial," *Ann. Fam. Med.*, vol. 9, no. 1, pp. 12–21, 2011.
- [12] C. Y. Osborn, L. S. Mayberry, S. A. Mulvaney, and R. Hess, "Patient web portals to improve diabetes outcomes: a systematic review," *Curr. Diab. Rep.*, vol. 10, no. 6, pp. 422–435, 2010.
- [13] C. C. Quinn, M. D. Shardell, M. L. Terrin, E. A. Barr, S. H. Ballew, and A. L. Gruber-Baldini, "Cluster-randomized trial of a mobile phone personalized behavioral intervention for blood glucose control," *Diabetes Care*, vol. 34, no. 9, pp. 1934–1942, 2011.
- [14] R. Ran, C. Zhao, X. Xu, and G. Yao, "Improving perfect electronic health records and integrated health information in china: a case on disease management of diabetes," in *Health Information Science*, Springer, 2013, pp. 232–243.
- [15] M. Reed, J. Huang, I. Graetz, R. Brand, J. Hsu, B. Fireman, and M. Jaffe, "Outpatient electronic health records and the clinical care and outcomes of patients with diabetes mellitus," *Ann. Intern. Med.*, vol. 157, no. 7, pp. 482–489, 2012.
- [16] S. Santana, "Diabetes population management with an electronic health record," *Online J. Nurs. Inform. OJNI*, vol. 17, no. 1, 2013.
- [17] J. L. Schnipper, T. K. Gandhi, J. S. Wald, R. W. Grant, E. G. Poon, L. A. Volk, A. Businger, D. H. Williams, E. Siteman, and L. Buckel, "Effects of an online personal health record on medication accuracy and safety: a cluster-randomized trial," *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 19, no. 5, pp. 728–734, 2012.

- [18] N. Segall, J. G. Saville, P. L'Engle, B. Carlson, M. C. Wright, K. Schulman, and J. E. Tchong, "Usability evaluation of a personal health record," in *AMIA Annual Symposium Proceedings*, 2011, vol. 2011, p. 1233.
- [19] K. Tchuitcheu and G. Berenger, "Development and evaluation of a conceptual model with an electronic medical record system for diabetes management in Sub-Saharan Africa," PhD. Thesis, Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen, Göttingen, 2011.
- [20] D. J. Wake and S. G. Cunningham, "'Digital Diabetes'-Looking to the Future," *Br. J. Diabetes Vasc. Dis.*, vol. 13, no. 1, pp. 13–20, 2013.
- [21] J. S. Wald, R. W. Grant, J. L. Schnipper, T. K. Gandhi, E. G. Poon, A. C. Businger, E. J. Orav, D. H. Williams, L. A. Volk, and B. Middleton, "Survey analysis of patient experience using a practice-linked PHR for type 2 diabetes mellitus," in *AMIA Annual Symposium Proceedings*, 2009, vol. 2009, p. 678.
- [22] N. Archer, U. Fevrier-Thomas, C. Lokker, K. A. McKibbin, and S. E. Straus, "Personal health records: a scoping review," *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 18, no. 4, pp. 515–522, 2011.
- [23] P. V. Dyke, "HL7 PHR System Functional Model," *HL7 PHR System Functional Model*, 2011. [Online]. Available: http://www.hl7.org/documentcenter/public_temp_44B954CE-1C23-BA17-0C180767EF63C491/calendarofevents/ambassador/HL7%20PHR%202011%20Ambassador%20Presentation%2020110531.pdf. [Accessed: 10-Feb-2014].
- [24] B. Blobel, "Knowledge Representation and Management Enabling Intelligent Interoperability—Principles and Standards," *Data Knowl. Med. Decis. Support*, pp. 3–18, 2013.
- [25] S. Castano, A. Ferrara, and S. Montanelli, "Ontology-based Interoperability Services for Semantic Collaboration in Open Networked Systems," *Springer Lond.*, pp. 135–146, 2006.
- [26] N. Chungoora, R. I. Young, G. Gunendran, C. Palmer, Z. Usman, N. A. Anjum, A.-F. Cutting-Decelle, J. A. Harding, and K. Case, "A model-driven ontology approach for manufacturing system interoperability and knowledge sharing," *Comput. Ind.*, vol. 64, no. 4, pp. 392–401, 2013.
- [27] S. M. Tessier, "Ontology-based approach to enable feature interoperability between CAD systems," Georgia Institute of Technology, Georgia, 2011.
- [28] N. Arch-int and S. Arch-int, "Semantic Ontology Mapping for Interoperability of Learning Resource Systems using a rule-based reasoning approach," *Expert Syst. Appl.*, vol. 40, no. 18, pp. 7428–7443, 2013.
- [29] S. Sonsilphong and N. Arch-int, "Semantic Interoperability for data integration framework using semantic web services and rule-based inference: A case study in healthcare domain," *J. Converg. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 3, 2013.
- [30] T. Snyder and A. P. Honey, "Semantic Interoperability System for Medicinal Information (US Patent)," 20130030827, Jan-2013.
- [31] G. A. Uribe, "Ontology-based Interoperability Service for EHR Systems -- Semantic Interoperability of Clinical Information between two Legacy EHR Systems in the Diabetes Context." 2013.
- [32] IHTSDO, "SNOMED Clinical Terms Overview." Sep-2008.
- [33] T. ISO, *22600 Health Informatics: Privilege Management and Access Control*. Part.