



Máster Universitario de Investigación en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos

Itinerario de Ingeniería de Software (Código 31105128)

Rating de Salud

Angel Fernández Torrijos

Director: José Antonio Cerrada Somolinos

Curso Académico 2016-2017 - Convocatoria de septiembre

Máster Universitario de Investigación en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos

Itinerario de Ingeniería de Software (Código 31105128)

Rating de Salud

Trabajo específico propuesto por el alumno

Angel Fernández Torrijos
Director: José Antonio Cerrada Somolinos

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO CIENTÍFICO, PARA LA DEFENSA DEL TRABAJO FIN DE MASTER

Fecha: 08/09/2017

Quién suscribe:

Autor(a): Angel Fernández Torrijos
D.N.I/N.I.E/Pasaporte.: 50108373K

Hace constar que es la autor(a) del trabajo:

Rating de Salud

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores, se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

DECLARACIÓN:

- Garantizo que el trabajo que remito es un documento original y no ha sido publicado, total ni parcialmente por otros autores, en soporte papel ni en formato digital.
- Certifico que he contribuido directamente al contenido intelectual de este manuscrito, a la génesis y análisis de sus datos, por lo cual estoy en condiciones de hacerme públicamente responsable de él.
- No he incurrido en fraude científico, plagio o vicios de autoría; en caso contrario, aceptaré las medidas disciplinarias sancionadoras que correspondan.



Firmado: Angel Fernández Torrijos

AUTORIZACIÓN

Autorizo/amos a la Universidad Nacional de Educación a Distancia a difundir y utilizar, con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a sus autores, tanto la memoria de este Trabajo Fin de Máster, como el código, la documentación y/o el prototipo desarrollado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angel Fernández Torrijos', enclosed within a large, loopy oval shape.

Firmado: Angel Fernández Torrijos

Resumen

El ámbito de la salud es una de las áreas de aplicación de la Ciencia que más repercusión tiene en nuestro día a día. En buena parte de las sociedades occidentales, además, los sistemas de salud son considerados como uno de los pilares sobre los que se sustenta el auténtico desarrollo de un estado moderno. En el caso de las democracias que valoran especialmente los aspectos sociales, constituyen una seña de identidad de las políticas gubernamentales, en aras de la protección de la salud como un bien de interés general y de progreso. En último término, los baremos económicos que manejan los gobiernos sustentan que un buen estado de salud de la población repercute directamente sobre el ahorro en gastos sanitarios, mejora la productividad laboral y sitúa al país en una mejor posición para lograr el tan cacareado equilibrio presupuestario.

En este contexto, y a lo largo de los últimos años, todos los Sistemas de Información, incluidos los de Salud, se han visto inmersos en una necesaria revisión, donde conceptos como el Big Data, la Business Intelligence, las Arquitecturas Orientadas a Servicios, los Enterprise Service Bus, etc. han marcado las líneas de los nuevos desarrollos y estrategias.

Con este trabajo pretendemos describir una propuesta de sistema de rating de la salud de los pacientes, apoyado en el intercambio de datos con los preexistentes sistemas sanitarios, basándonos en el estándar marcado por HL7 y sus documentos CDA y CCD, y en la terminología clínica SNOMED-CT. Todo ello para la obtención de una fotografía objetiva y motivada, numérica al fin, que dé un punto de vista único y nuevo a usuarios y profesionales médicos, incluso del ámbito de los seguros.

Palabras Clave

Salud, Rating, HL7, SNOMED-CT, SOA, Big Data, Sistema de Información.

Índice

| | |
|---|----|
| Introducción | 10 |
| Los Sistemas de Información Sanitaria en España | 10 |
| La Telemedicina..... | 11 |
| El paciente | 12 |
| El médico y el factor humano..... | 12 |
| Estado del Arte y Problemática | 13 |
| SIS Españoles en la Actualidad | 13 |
| Consult@web (Comunidad de Madrid)..... | 13 |
| El nuevo CPD de Valdecilla (Cantabria) | 14 |
| Hospital de Sant Pau (Cataluña) | 15 |
| Sistemas de Evaluación Médica (Rating)..... | 17 |
| Computer-based Health Evaluation System (CHES)..... | 18 |
| Healix Risk Rating (Black Box)..... | 19 |
| Encuesta Nacional de Salud del INE | 20 |
| Los Ámbitos del Sistema..... | 20 |
| La Información..... | 20 |
| El criterio médico..... | 21 |
| Los seguros de salud..... | 21 |
| Objetivos | 23 |
| Alcance | 24 |
| Descripción del Proyecto..... | 25 |
| Aspectos Funcionales | 26 |
| Requisitos Operativos del Sistema | 26 |
| Estándares Médicos | 27 |
| Estándares de Mensajería | 27 |
| Estándares en Terminología..... | 29 |
| Estándares de Documentación..... | 30 |
| La Seguridad | 31 |
| Aspectos Legales | 32 |
| Aspectos Técnicos | 33 |
| Rating de Salud (Perfil de Riesgo)..... | 35 |
| Variables Exógenas..... | 37 |
| Variables Endógenas | 41 |

| | |
|--|----|
| Diseño y Arquitectura..... | 49 |
| Lenguaje, Framework y Entorno de Desarrollo..... | 49 |
| Java 8..... | 49 |
| Spring..... | 50 |
| Middleware | 51 |
| Software de Aplicación..... | 52 |
| Servidor Web y de Aplicaciones | 53 |
| Base de Datos..... | 54 |
| Sistema Big Data - NoSQL..... | 55 |
| Modelos de Datos | 56 |
| CDA-XML..... | 56 |
| Esquema de Datos Sql | 56 |
| Esquema de Datos NoSQL | 57 |
| Interfaz Gráfica..... | 58 |
| Login | 58 |
| Acciones del Sistema..... | 59 |
| Alta de Paciente..... | 60 |
| Listado de CDA y Rating..... | 62 |
| CDA (Detalle)..... | 63 |
| Rating (Detalle)..... | 64 |
| Buscador..... | 66 |
| Histórico de Rating | 67 |
| Cambios del CDA (y Rating) | 68 |
| Tablas del Sistema | 69 |
| Conclusiones..... | 70 |
| Referencias y Recursos..... | 72 |
| Glosario de Términos | 76 |
| Anexo I: Configuración y Ejecución del Prototipo | 78 |
| Requisitos del Sistema..... | 78 |
| Configuración | 79 |
| Ejecución | 79 |
| Servicios Web y RESTful | 80 |

Lista de Figuras

| | |
|--|---------|
| Figura 1: Repositorio de Información del SIS Sant Pau de Barcelona | 15 |
| Figura 2: Información para la Organización del SIS Sant Pau de Barcelona | 16 |
| Figura 3: Información para la Dirección del SIS Sant Pau de Barcelona | 16 |
| Figura 4: Pantalla de Login | 58 |
| Figura 5: Pantalla de Acciones del Sistema | 59 |
| Figura 6: Pantalla de Alta de Paciente..... | 60 y 61 |
| Figura 7: Pantalla Listado (CDA y Rating) | 62 |
| Figura 8: Pantalla de CDA (Detalle) | 63 |
| Figura 9: Pantalla de Rating (Detalle) | 64 y 65 |
| Figura 10: Pantalla de Buscador | 66 |
| Figura 11: Pantalla de Histórico | 67 |
| Figura 12: Pantalla de Cambios | 68 |
| Figura 13: Pantalla de Tablas del Sistema | 69 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Valoración de Datos Geográficos | 38 |
| Tabla 2: Valoración de Aspectos Laborales | 39 |
| Tabla 3: Valoración de Hábitos Sociales | 40 |
| Tabla 4: Valoración de Patologías | 41 |
| Tabla 5: Valoración de Alergias | 42 |
| Tabla 6: Valoración de Tratamientos Médicos | 43 |
| Tabla 7: Valoración de Medicamentos | 44 |
| Tabla 8: Valoración de Antecedentes | 45 |
| Tabla 9: Valoración de Biometrías | 46 |

Introducción

Los Sistemas de Información Sanitaria en España

Bajo la denominación de Sistema de Información Sanitaria (SIS o HIS) se engloban diferentes conceptos relacionados con la tecnologías de la información y su aplicación dentro de la práctica médica general. Hablamos así de la Administración de la Salud, la Historia Clínica Electrónica o la Informática Médica o el Software Sanitario como patas que levantan una entelequia difícil de concretar. De forma amplia podemos aventurar la siguiente definición:

Conjunto de sistemas de software y hardware, metodologías y tecnologías de la información que se emplean dentro de un sistema de gestión de la salud

En este sentido, no existe un modelo homogéneo de HIS, y sí más bien soluciones particulares, entre las que se encuentran multitud de productos de software, que tratan de ofrecer respuestas específicas a cada necesidad, como la gestión administrativa de un hospital, el control de stock en una farmacia, o la dirección estratégica de una política sanitaria gubernamental al estilo de cuadros de mando.

En España existe un marco sobre el que se desarrollan los distintos sistemas de salud, es el llamado **Sistema de Información Sanitaria del Sistema Nacional de Salud**, que trata de coordinar las Comunidades Autónomas con la Administración Central [1]. En su texto fundacional establece que:

*... siendo sus competencias descentralizadas, debe funcionar de una manera armónica y **cohesionada**, para garantizar que el acceso y las prestaciones sanitarias para todos los ciudadanos se realicen en condiciones de igualdad efectiva y que la política de salud esté orientada a la superación de desequilibrios territoriales y sociales.*

Como resultado del marco de trabajo planteado por el SIS, se obtienen los denominados **Indicadores Clave**, que el ministerio hace públicos en la siguiente web:

<http://inclasns.msssi.es>

Conforman una única base de datos sobre la salud y los servicios sanitarios españoles. Los datos se desagregan por comunidad autónoma y por sexo y se presentan en series temporales que abarcan para algunos de ellos más de 20 años. Una selección de 50 indicadores proporciona un conocimiento rápido del perfil del Sistema Nacional de Salud y de las Comunidades Autónomas, que en nuestro trabajo van a servirnos de utilidad en la configuración de las variables que entrarán en juego para la confección del rating.

Además, el Sistema de Información Sanitaria del SNS ofrece sus productos y servicios en el marco de un Portal Estadístico, también muy útil en nuestro trabajo:

<http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/home.htm>

Existe así una voluntad vehemente por el tratamiento estadístico de la información, por la integración, por las clasificaciones y normalizaciones de datos, que de manera explícita se orienta al cuidado de la salud. Pero entendemos que el potencia de un sistema sanitario no reside en actuar como registro forense sino en la anticipación y proactividad, en la trillada ventaja competitiva y en la participación directa del usuario (paciente), y es esta línea en la que pretendemos situar nuestro sistema.

La Telemedicina

Con la participación del paciente en el sistema incluimos un concepto muy en boga y muy importante dentro de los HIS en la actualidad, como es la telemedicina, o medicina a distancia (también **eSalud**), cuya aplicación, más allá de una simple consulta a través del móvil, llega incluso a cirugías a distancia y en tiempo real.

La telemedicina es en sí una filosofía de trabajo médico que incluye el diagnóstico y el tratamiento, y además, la prevención e investigación. Implica importantes ahorros de tiempo y dinero y facilita el acceso a zonas geográficas de difícil acceso o cobertura. También tiene una destacada vocación educacional, en la que los propios estudiantes de Medicina son capaces de obtener datos médicos en tiempo real y asistir a operaciones quirúrgicas en directo desde las aulas o instalaciones universitarias.

Entre las diversas funcionalidades que ofrece están [2]:

- Obtención de una segunda opinión médica instantánea.
- Diagnósticos inmediatos del especialista.
- Educación remota de alumnos médicos, de enfermería e investigadores.
- Servicios de archivo digital de exámenes por imagen y telemetrías biomédicas.

Así pues, sus aplicaciones se extienden por la telediagnos, teleconsultas, los sistemas de monitorización remota (medición tipo Holter, presión arterial, niveles de glucosa, temperatura, oxígeno en sangre, etc.), reuniones remotas y call conferences, streaming quirúrgico, eLearning, etc.

La adopción de un sistema eficiente de telemedicina requiere de una infraestructura tecnológica robusta que lo sustente, basada en comunicaciones rápidas y seguras, dispositivos IOT, y equipos de trabajo coordinados y orientados a la comunicación constante con paciente, estudiantes y con el resto de profesionales médicos.

Precisa además de una importante iniciativa por parte de la dirección médica, que transmita a los profesionales de las ventajas de este tipo de trabajo en multitud de casos clínicos, donde la atención tradicional no llega, o es más lenta y más cara. También de la

necesidad de coordinarse con otros centros médicos en el apoyo a la toma de decisiones y en el Know-How ante determinados casos. Finalmente, la implicación de la comunidad científica y educativa a través de esta filosofía revierten en la consecución de una calidad de servicio y una mejora constantes que confluyen en el objetivo final de todo sistema de información sanitaria, que no es otro que la mejora en la atención de la salud de sus pacientes.

El paciente

Todos somos el paciente. Y desde esta premisa, el paciente se convierte en lo más importante de un sistema sanitario, en su objetivo fundamental: la protección, defensa y mejora de las condiciones sanitarias de los ciudadanos. Sin el reflejo de esta mejora, nada de lo anterior tiene sentido.

Más allá de los sistemas de cita electrónica, que poco o nada aportan como ventaja tecnológica en los sistemas tradicionales, sería muy interesante promover una participación más activa de los pacientes dentro del sistema, un feedback que permita ayudar a todos los actores a mejorar. Pero además, esta participación implica una responsabilidad para consigo mismo, una conciencia de su situación (de su rating, en nuestro caso) que le sitúe definitivamente a las riendas de su propia salud.

En el caso de pacientes, ha tenido una especial irrupción durante los últimos años la llamada Internet de las Cosas (IOT), con cada vez más dispositivos biométricos que envían muestreos a través de Internet o aplicaciones de móviles y tablets que ofrecen al paciente una comunicación efectiva y directa con su médico.

El médico y el factor humano

Los profesionales médicos de nuestro sistema sanitario tienen una valoración altísima según los usuarios y las métricas de calidad internacionales. Sin embargo muchas veces los desajustes dentro del propio contexto sanitario, la escasa actualización de procesos y tecnologías, la burocracia, la precarización de servicios derivados de las políticas restrictivas, etc. minan de forma evidente la posibilidad de alcanzar la excelencia.

A todo esto hemos de sumar el inherente factor humano, con su margen de error y subjetividad, que en ocasiones produce que ante una misma situación clínica, las opiniones, las valoraciones y, finalmente, las decisiones médicas puedan ser distintas y, en ocasiones, contrarias, con la evidente desorientación e indefensión de los pacientes.

En este contexto, un sistema de rating, basado en la cuantificación objetiva a priori de la situación clínica del paciente, siendo él mismo consciente, puede contribuir, como una pequeña gotita, en el torrente de la sabiduría médica para tener una fotografía válida sobre la que situarse y trabajar con más información y seguridad.

Estado del Arte y Problemática

SIS Españoles en la Actualidad

CONSULT@WEB (COMUNIDAD DE MADRID)

Desde enero de 2015 la Comunidad de Madrid viene manejando esta nueva aplicación informática que permite que los médicos de familia, pediatras y enfermeros de los centros de salud puedan acceder a mayor información sobre los datos clínicos de sus pacientes [3.1].

Con este sistema el profesional de atención primaria dispone de la posibilidad de consultar información de diferentes ámbitos sanitarios y, por lo tanto, se persigue mejorar la atención al paciente. Puede, así, identificar a los pacientes con patologías de especial seguimiento, los ingresos hospitalarios o los fármacos con los que son tratados. El aplicativo permite además analizar si el paciente cumple con su tratamiento terapéutico, así como recopilar la información de vacunas o de alergias, registradas en los diferentes sistemas de información de la Consejería de Sanidad.

Los usuarios médicos podrán consultar por qué ingresan en el hospital sus pacientes con determinados problemas de salud o detectar aquellos pacientes que requieran un control especial de sus enfermedades crónicas como la diabetes o hipertensión. Además, se enlaza con la Estrategia de Atención a Pacientes con Enfermedades Crónicas en la Comunidad, donde el Centro de Salud es el eje principal. En este sentido, se considera prioritario tener la mayor información clínica del paciente, para una adecuada coordinación entre los profesionales sanitarios de distintos ámbitos.

Consult@web sigue la estela de la anterior implantación de la historia clínica electrónica única de Atención Primaria en la Comunidad de Madrid, y supone un paso más hacia un uso significativo de la información sanitaria almacenada en los sistemas informáticos.

Almacena 120 millones de episodios de Atención Primaria, 120 millones de prescripciones y dispensaciones de fármacos, así como información clínica de 785.000 diagnósticos de alta de Atención Especializada y 60 millones de datos generales del paciente. Estos datos la convierten, según promulga la propia Comunidad de Madrid, en una de las mayores bases de datos disponible en el ámbito de los sistemas de información sanitaria de nuestro país.

A priori este sistema, por su novedad, por su afán renovador y aplicación de importantes avances relativos a la inteligencia de negocio, las sinergias, Datawarehousing, incluso los cuadros de mando, tiene todas las papeletas para convertirse en la línea a seguir por cualquier SIS autonómico. Sin embargo, la experiencia como paciente y familiar acompañante, así como la propia reflexión de muchos profesionales en su trabajo de atención primaria o en las labores hospitalarias, incluso de los responsables de las TIC en

estos contextos [3.3], muestran una realidad muy distinta: predominio del papel, historias perdidas, análisis redundantes, ausencia de normalización en los datos, descoordinación de las urgencias, desconexión entre atención primaria y especializada, etc.

Muchas veces es el oportunismo político el que se centra en el lanzamiento de algo nuevo, en la presentación de un servicio deslumbrante para el ciudadano, pero se despreocupan por el mantenimiento y la vigilancia de un nuevo sistema, de su verdadera implantación superando resistencias y viejas metodologías. Y es aquí donde Consult@web tiene aún un largo camino por recorrer.

EL NUEVO CPD DE VALDECILLA (CANTABRIA)

El nuevo cerebro informático del sistema de salud de Cantabria comenzó a funcionar en mayo de 2015. El Centro de Proceso de Datos (CPD) de Valdecilla incorpora la última generación en comunicaciones, procesos y seguridad, y está ubicado en la planta baja del pabellón 21 del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, en Santander [4].

El CPD sirve de hosting de todas las aplicaciones corporativas que dan servicios a los centros sanitarios y administrativos (hospitales y centros de salud) del Servicio Cántabro de Salud (SCS), sin limitaciones de disponibilidad (24x7). Según el gobierno autonómico el CPD tiene una capacidad de proceso de datos y crecimiento que supera ampliamente la de los hospitales más relevantes de España y cuenta con una red de respaldo que garantiza su operatividad al cien por cien en caso de contingencia.

La apuesta por la innovación tecnológica que representa el CPD forma parte de un proyecto más amplio de renovación integral de toda la dotación y mantenimiento de los servicios informáticos para el funcionamiento del hospital. Este proceso de actualización del equipamiento y sistemas informáticos supone la renovación de 3.160 equipos y 950 impresoras y en la instalación de nuevas redes Lan y Wifi más rápidas y de mayor ancho de banda. Pacientes y acompañantes tienen acceso gratuito a la red Wifi del hospital.

Otra de las prioridades del proyecto es la seguridad, y por ello se ha renovado completamente el equipamiento, instalando sistemas de última generación que promueven una gestión más eficiente de la seguridad de los accesos permitidos y establecen un entorno robusto para impedir intrusiones o ataques al sistema desde el exterior, garantizándose así la protección de los datos.

En este ambicioso proyecto queda excluida la gestión de las aplicaciones informáticas de carácter asistencial, como la historia clínica o la receta electrónica. Tampoco se contempla ningún avance en la integración de datos del sistema de salud, optimización de los procesos analíticos, o una mejora en los sistemas asistenciales, como sí se formulaba en Consult@web, por ejemplo. El "gran cerebro" del gobierno cántabro para su sistema sanitario es un enorme Datacenter con redes rápidas (y gratis) y nuevas máquinas... Pero no se nos antoja demasiado inteligente si es incapaz de trabajar en patrones de enfermedades o diseñar campañas de prevención... Inversión en hardware y abandono del software. Una vez más, mucho ruido, pocas nueces y muchísimo trabajo por hacer.

HOSPITAL DE SANT PAU (CATALUÑA)

El Portal de Información del Hospital de la Santa Creu y Sant Pau en Barcelona es una de las apuestas más novedosas e interesantes que hemos encontrado dentro de los SIS que se han desarrollado recientemente en nuestro país. Desde 2011 este sistema da servicio a más de 3 mil usuarios de todo tipo, desde administrativos a cirujanos, conteniendo más de mil millones de registros en Base de Datos y más de 300 indicadores de otros 15 distintos cuadros de mando navegables, y arrojando 80 tipos de informe de gestión estables, de esencial utilidad en la estrategia directiva y en su vertebración táctica.

La construcción del sistema llevó más de 3 años, y a día de hoy sigue evolucionando dentro de una natural pervivencia del producto software. Para ello se han construido más de 200 estructuras de datos, con 300 modificaciones de los datos de base. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de nuevos cuadros de mando relativos a la gestión clínica de todas las áreas asistenciales.

El equipo de gestión de la información responde continuamente a peticiones complejas de análisis, como por ejemplo las variables que influyen en las patologías infecciosas de su área de influencia, una auténtica innovación dentro del panorama de la Sanidad en nuestro país.

De una forma sintética, el sistema del Sant Pau está compuesto por tres capas de información bien diferenciadas [5]:

- **Repositorio de Información.** Se trata de la primera capa, la más baja, donde se alojan todos los datos de los grandes sistemas SAP R3, los SGBD y heterogéneos ficheros, tanto manuales como automatizados.

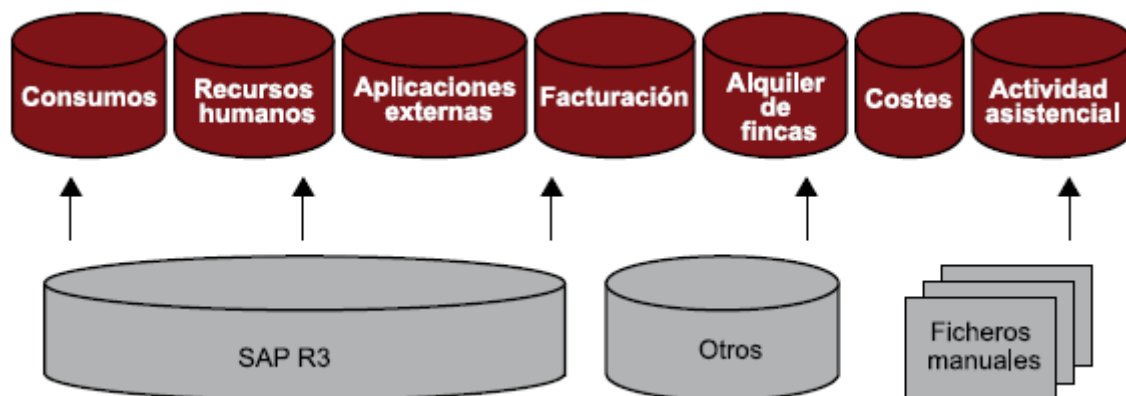


Figura 1: Repositorio de Información del SIS Sant Pau de Barcelona

- **Información para la Organización.** Es la segunda capa (superior) donde existe una mayor especialización y orientación de los datos, a través de datamarts, componentes de datawarehousing, etc. agrupados por servicios.

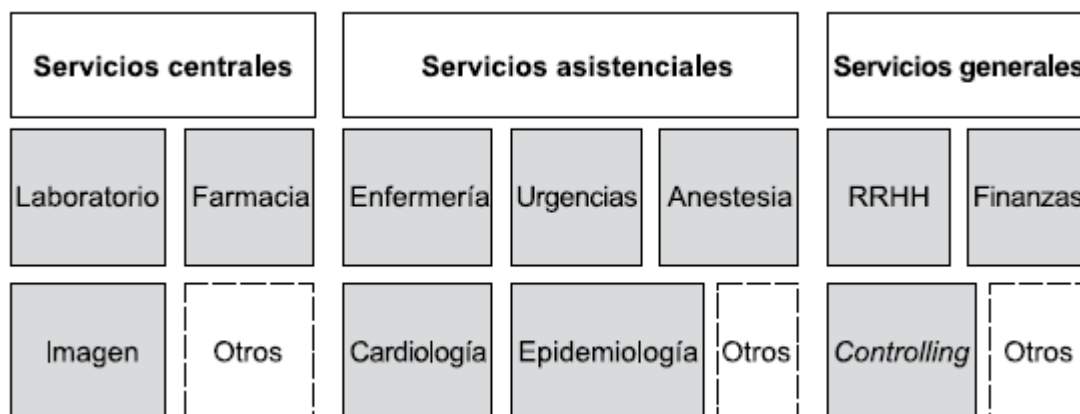


Figura 2: Información para la Organización del SIS Sant Pau de Barcelona

- Información para la Dirección.** Sería una capa superior con datos estratégicos para la decisión y planteamientos tácticos. Encontramos el reporting, los cuadros de mando y un ciclo de trabajo donde participan elementos como la diagnosis y la investigación.



Figura 3: Información para la Dirección del SIS Sant Pau de Barcelona

El modelo mostrado por el Sant Pau, desde esta aproximación al más alto nivel, nos parece realmente admirable e inspiradora para cualquier sistema de gestión hospitalaria, hasta el punto que incluso es analizado en algunos currículos de los estudios de Grado y Posgrado de Informática impartidos en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

Sistemas de Evaluación Médica (Rating)

Hemos comentado los 3 sistemas sanitarios integrales que consideramos punteros dentro del ámbito nacional. Pero nuestro sistema, en su especificidad, se basa en el área concreta de evaluación de la salud del paciente, y en este contexto vamos a analizar lo preexistente.

Antes de ello, nos parece interesante conocer la perspectiva de una aseguradora tan relevante como Mapfre, que a través de su Directora del Área Médica, Ana Luisa Villanueva, en su artículo *¿Qué está cambiando en la selección de riesgos de los seguros personales?* [6], establece la importancia de evaluar los riesgos de una forma justa y objetiva basándose en cuatro premisas de futuro:

- Se va a empezar a prestar más atención a la evaluación individual, teniendo en cuenta no solo el estado de salud, sino otros factores como el estilo de vida, las actividades físicas, el tipo de trabajo y las medidas de protección de su estado de salud.
- La introducción de nuevos elementos diagnósticos y pronósticos van a proporcionar nuevos criterios que nos permitan reevaluar la esperanza de vida y, por lo tanto, los riesgos a tarificar.
- La utilización de sistemas expertos va a permitir no solo la determinación de los distintos niveles de riesgo sino la introducción de mayor intensidad al proceso, permitiendo una homogeneidad en la búsqueda de información con mayor rapidez y menor coste.
- Se necesita una mayor transparencia por parte de las aseguradoras en los criterios de evaluación y las motivaciones del rechazo del riesgo, que genere confianza y facilite el entendimiento con el asegurado.

En este contexto, un sistema como el que proponemos, aporta una visión genérica del concepto de salud, basado en un amplio espectro de variables biométricas, genéticas, farmacológicas, pero también estilo de vida, profesión, factores geográficos... que permiten el establecimiento de unos rangos de riesgo objetivos, basados en el criterio médico, transparente para el paciente, el profesional de la salud y la propia aseguradora.

Por otra parte, desde el punto de vista médico profesional, la próxima Conferencia Mundial para la Salud de Berlín, en octubre de 2017, ya recoge en su programa [7] la relevancia de los registros médicos de pacientes, concretamente en su último punto, dedicado a la Gobernanza de la Salud basada en Big Data.

Desde la WHS se subraya la importancia de los datos de pacientes en el avance de la ciencia médica, en el tratamiento efectivo de pacientes, incluso en la gestión efectiva por

parte de las aseguradoras; y a la vez se manifiesta el reto legal y tecnológico que implica el manejo de toda esta información sensible.

En este documento trataremos de dar respuesta, en la medida de nuestras posibilidades, a este doble reto.

Antes de repasar algunos ejemplos de rating médico, hemos de señalar que, como tal, no hemos encontrado un sistema integrado de evaluación automática que agrupe todas estas variables de salud que nosotros hemos planteado en nuestro trabajo e implementado en nuestro prototipo. Lejos de nuestro ánimo está el pretender reinventar la rueda, pero lo cierto es que salvo algunas analogías en los ejemplos que mostramos a continuación, confiamos en cierta originalidad de nuestra solución.

COMPUTER-BASED HEALTH EVALUATION SYSTEM (CHES)

El sistema de evaluación de salud CHES [8] es un proyecto de la empresa austriaca ESD (Evaluation Software Development) que constituye el ejemplo más similar, en cuanto a la funcionalidad planteada, obviamente, a nuestro sistema. El sistema ha sido implementado en diferentes instituciones médicas de Austria, Suiza, Alemania y Reino Unido, con un repositorio de unos 5 mil pacientes y unas 15 mil evaluaciones realizadas.

El método de desarrollo del sistema es muy novedoso, y basado en la XP, plantea el trabajo de profesionales del software con médicos, investigadores y pacientes, para lograr el producto más ajustado a las necesidades de todos ellos, conociendo de primera mano sus demandas específicas. El resultado es una herramienta que incluye informes, diagramas de datos de pacientes y médicos, una interfaz web de acceso público (para pacientes) y una intranet de trabajo para los profesionales médicos.

La arquitectura se basa por tanto en dos entornos securizados con firewalls y HTTPS e intercambio de datos basado en los estándares marcados por HL7. El aplicativo permite la exportación de datos, y su propia administración a través de un panel de control.

El sistema se centra prácticamente en su totalidad en la gestión los resultados de paciente (PRO), algo que nos parece muy interesante, pero limitado. Desde CHES se delega toda esa información en el propio paciente quien, a través de encuestas creadas por el usuario médico, vierte sobre el sistema la información que constituirá los EMR del sistema.

Como digo, creo positiva la participación directa y activa del paciente en el sistema, de hecho la he recogido en el prototipo una encuesta de 25 preguntas, a responder directamente por este usuario. Sin embargo, entiendo que los registros médicos deben basarse además en toda la información que pueda transmitir el sistema sanitario en el que este paciente está adscrito, completando a través de datos patológicos, biométricos, etc. objetivos, aquello que se indica en un formulario.

No es baladí la cuestión de que las encuestas siempre van viciadas de un gran subjetivismo, en el que muchas veces se miente, o se omiten datos intencionadamente. El sistema de CHES, tal cual lo entendemos, está contaminado por este factor, que nosotros pretendemos corregir con la evidencia médica.

Por ejemplo, un paciente puede decir que no fuma, o no ha sufrido ingresos hospitalarios en el último año, pero sus datos biométricos o patologías, y los datos de atención hospitalaria vertidos por su sistema sanitario pueden decir lo contrario.

La encuesta sí la consideramos muy útil, en cambio, tal y como recogimos del propio INE en su Encuesta Nacional de Salud, para perfilar determinados aspectos no tan fáciles de medir, como los factores psicológicos, la autopercepción de salud, la accidentalidad, los hábitos sanitarios y, en general, aquellas variables que no están perfectamente definidas dentro de un SIS tradicional.

HEALIX RISK RATING (BLACK BOX)

Otro acercamiento a la evaluación de salud es el sistema Black Box [9] de la compañía Healix España, perteneciente a la matriz estadounidense de Veririsk Analytics, especializada en el análisis global de riesgos, incluyendo en este caso el médico.

La herramienta presentada por Healix está orientada a la evaluación del riesgo de personas con condiciones de salud preexistentes ante la contratación de una modalidad de seguro determinada. Se señala igualmente que en España no existen mecanismos para evaluar a priori este riesgo, y las compañías optan por prescindir directamente de la contratación de productos por parte de este tipo de cliente.

Black Box se presenta como una solución global capaz de ofrecer a las compañías aseguradoras herramientas online y soporte telefónico para la evaluación del riesgo médico de sus futuros clientes, además de soporte de Know-How en cuanto al apoyo médico de sus servicios comerciales y de contratación.

No conocemos más allá de este sistema, entre otras cosas porque desde el departamento comercial de Healix no han querido ofrecernos información adicional, al no trabajar en una entidad aseguradora.

Tecnológicamente no es el tipo de solución que nosotros estamos planteando, ni el objetivo, ni la metodología. Tampoco se contempla la integración con otros sistemas sanitarios ni el uso de estándares abiertos que normalicen los mensajes y hagan más transparentes sus resultados.

Por todo ello, entendemos que está llegando al punto que queremos alcanzar con nuestro sistema.

ENCUESTA NACIONAL DE SALUD DEL INE

Finalmente, y pese a no ser un sistema de software, nos gustaría apuntar la Encuesta Nacional de Salud del INE [10] como un sistema de evaluación de la salud de los pacientes con unas importantes posibilidades de explotación y uso por parte de las autoridades sanitarias y las aseguradoras.

A través de 150 preguntas, esta encuesta dirigida directamente al paciente hace una fotografía bastante fidedigna de los condicionantes médicos y de bienestar. Como toda encuesta, tiene unos pesos, unas interpretaciones y una “cocina”, que extrae un valor estadístico relevante y que luego emplean las instituciones públicas, entre ellas el propio Ministerio de Sanidad.

Desde nuestra aplicación de Health-Rating hemos realizado un extracto de 25 preguntas que, con asesoramiento médico, hemos considerado relevantes en nuestro análisis particular de la salud del paciente, combinado junto con el resto de elementos de valor. Un trabajo similar proyectado a una encuesta de 150 preguntas, aunque lejos de la intención inicial planteada por nuestro prototipo, sí puede significar resultados interesantes y posibilidades reales de explotación de los mismos, desde el ámbito clínico, o de gestión de la evaluación del riesgo por parte de una aseguradora.

Bien es cierto que estos cuestionarios, tan extensos, son un verdadero quebradero de cabeza para el paciente, y terminan destinándose exclusivamente a proyecciones estadísticas de encuestas basadas en poblaciones reducidas y medianamente entrenadas o instruidas para responderlos. De hecho las propias aseguradoras, como Mapfre, señalan la necesidad de reducirlos y sustituirlos por herramientas alternativas.

En este camino es en el que desarrollamos nuestro sistema.

Veamos ahora algunos conceptos teóricos importantes para su implementación.

Los Ámbitos del Sistema

LA INFORMACIÓN

Todos estos sistemas, incluyendo los punteros en el sector sanitario español, manejan una información particular, dentro de sus modelos de negocio, y que a priori no comparten un estándar de comunicación y de mensajería que facilite su integración y cooperación. Esto se plantea como un evidente problema cuando pensamos que las prácticas clínicas se rigen por protocolos muy rígidos y que exigen una información clara y precisa.

En el caso de Consult@Web, por ejemplo, son evidentes los esfuerzos por unificar los registros clínicos dentro de la historia del paciente, pero la realidad prevalece una ingente

cantidad de documentación en papel, desestructurada, repetitiva, desfasada e incluso contradictoria, con los evidentes peligros que ello implica en el tratamiento de la salud de los pacientes.

El sistema de rating implica una apuesta por el uso de estándares en la comunicación de datos clínicos, en su actualización, en su seguridad, en los protocolos de mensajería, y en los flujos que desembocan en una visión nítida de la información, que aunque en una modesta y limitada aproximación, sí establece un vínculo importante entre los sistemas preexistentes y una apuesta por la sinergia y la mejora.

Este sistema supone además un primer paso en el tratamiento automático y efectivo de registros clínicos estructurados y normalizados, en su actualización, que puede llegar mucho más allá del establecimiento de un rating, pero que inexorablemente requiere de todos los pasos previos que nosotros hemos intentado dar.

EL CRITERIO MÉDICO

La disciplina médica no se substraer a la naturaleza humana. Aunque fundada en los principios de la ciencia, anclada en una necesaria y continua actualización, y regida por unos estrictos protocolos y técnicas, no se guía por las verdades absolutas e irrefutables, ni tampoco ha podido desterrar la subjetividad de los juicios ni un importante margen de error.

Esto, que es evidente y que todos los usuarios de un sistema médico damos por hecho (si no desconoceríamos los conceptos de negligencia médica o segunda opinión) siempre será un hándicap de mejora continua e iterativa en los sistemas de información médica, con el fin de reducir al máximo la incertidumbre de los profesionales.

En este contexto, el sistema que proponemos, sin poder adscribirse en el ámbito de los sistemas expertos, puede significar un punto de vista objetivo y nuevo, que si bien jamás intenta desplazar la imprescindible presencia del juicio médico, sí abstrae cierta objetividad a la situación concreta de un paciente, y le hace partícipe y en gran medida responsable de su propia salud.

A la larga, por ejemplo, no es desmesurado pensar que para realizar cierta intervención quirúrgica, un paciente debe superar, no sólo las pruebas específicas para la cirugía, sino un nivel general de salud de "X" puntos.

LOS SEGUROS DE SALUD

Otro ámbito particular que nos parece interesante y que se relaciona directamente con la aplicación de nuestro sistema de rating de salud es el de los seguros médicos.

Los que hemos suscrito alguna póliza por una elevada cantidad de dinero, alguna vez en la vida, por ejemplo, por una hipoteca, sabemos que en ocasiones las aseguradoras someten a los particulares a exámenes médicos exhaustivos, cuestionarios interminables,

incluso pruebas físicas dignas de un atleta maratoniano. Se entiende la finalidad de todos estos test, y los que cuidamos (y mantenemos más o menos) nuestra salud de manera activa agradecemos pagar menos por nuestro seguro.

Pero es cierto que, al igual que los bancos se rigen por sistemas de rating externos de información comercial y financiera para, por ejemplo, evaluar el riesgo de conceder un préstamo a una determinada empresa, las compañías de seguros también podrían perfectamente obtener sus ratios y criterios de evaluación de un futuro suscriptor de póliza a través de un sistema externo, válido, actualizado y rigurosamente científico.

En este terreno un sistema como el que proponemos podría perfectamente (con el obvio consentimiento del usuario y el ineludible amparo de la LOPD) ofrecer a las aseguradoras una fotografía válida para realizar sus estimaciones y proyecciones.

En último término, existe además un punto de conflicto muy recurrente con las aseguradoras cuando se producen siniestros en los que la salud de un cliente ha podido jugar (o no) algún papel importante. Todos podemos conocer, bien personalmente, bien vía medios de comunicación, casos en los que las compañías se han negado al pago de las indemnizaciones pactadas aduciendo este tipo de razones. En estos casos, tanto para una, como para la otra parte, la existencia de un sistema externo, independiente, auditable y objetivo de evaluación, pudiera suponer una importante herramienta de defensa ante cualquier litigio.

Objetivos

- Aunque se caiga en la redundancia, el principal objetivo de nuestro sistema es la **objetividad**, basada en la medición de variables cuantitativas (discretas y continuas) y el destierro (no completo, porque es imposible) de elementos cualitativos que puedan conducir a distorsiones de los datos.
- Otra finalidad básica de nuestro aplicativo es su **autonomía** o desacoplamiento de los sistemas preexistentes, basada en el uso de estándares de comunicación y mensajería, lo que le otorga una flexibilidad esencial en su desarrollo y posterior implantación, si se considera viable (como así lo creemos). La otra cara de la autonomía sería la **integración** con estos sistemas, en tanto que obtiene información médica y abastece de datos evaluativos, algo siempre deseable [] en este tipo de contextos.
- En su construcción es importante y deseada una **implicación** de los profesionales sanitarios e investigadores, en la definición y acotación de variables del algoritmo de rating, determinando los aspectos que consideran más significativos y vigilando las posibles desviaciones de los cálculos con la realidad científica. Para nuestro trabajo inicial, que configura este Trabajo de Final de Máster, hemos contando con la ayuda de una investigadora oncológica del Hospital Universitario Clínico San Carlos de Madrid, que nos ha permitido perfilar muchas claves de este algoritmo que, sin embargo, está expuesto a una iterativa y necesaria **mejora continua**.
- Una meta perseguible además con este sistema es la **independencia** respecto de elementos cualitativos como opiniones médicas que pudieran resultar distintas e incluso opuestas, como sucede en ocasiones con profesionales de distintos sistemas sanitarios. Pensamos, como dijimos anteriormente en situaciones de conflicto entre aseguradoras, ante determinados siniestros, y aquí cobra un valor importante esta imparcialidad.
- Es también deseable la **participación y responsabilidad** directa del paciente. La formulación de una nota, de una valoración real y sustentada de nuestro estado de salud no admite demasiadas objeciones y además lleva al usuario del sistema sanitario a tomar conciencia de su situación. Desde aquí existe una doble consecuencia: la sanitaria, de cara a participar de la valoración médica, y la legal, de modo que no podrá eximir el no conocimiento de su situación real, ante un conflicto con una aseguradora, por ejemplo.
- Finalmente, y aunque es algo que en un trabajo de estas características debe darse por sentado, nuestro proyecto pretende alcanzar un cierto grado de **innovación** tanto en el planteamiento inicial, como en su metodología, en sus aspectos tecnológicos y en su propuesta de funcionamiento. Esperamos y confiamos en haberlo logrado.

Alcance

Nuestro trabajo constituye un planteamiento fundado y detallado acerca de un sistema de rating de la salud. Se han detallado los elementos de software y de arquitectura que lo configuran como una solución tecnológica viable, se han formulado unas premisas o precondiciones que son inherentes a su puesta en funcionamiento, y se han creado prototipos y test que, finalmente, demuestran unos **resultados reales**.

Sin embargo, tampoco queremos hacer un brindis al sol, y entendemos que se trata de una propuesta inicial, susceptible de modificaciones y continuas mejoras. Su articulación dentro de un contexto de multitud de sistemas sanitarios independientes y heterogéneos, carentes de una normalización y estandarización exigibles, puede ser una **tarea compleja**.

Los **requisitos iniciales** presentan la necesidad de crear procesos de ETL y flujos en aquellos sistemas que van a abastecer a nuestro subsistema de rating, y que necesitan ser analizados en un trabajo diferente a este. Nosotros nos hemos centrado en el consumo de estos datos una vez tratados, en el trabajo con unos input ya fabricados, ya que su creación es algo inherente a la naturaleza de cada sistema externo. Aparte quedan también el análisis exhaustivo de los **aspectos legales** que pudieran afectar a los datos médicos de los ciudadanos, y que tienen que ver con el marco jurídico, algo que no es esencial en este trabajo de investigación.

El planteamiento en el tratamiento de los datos médicos, además, parte de un escenario que es el deseado, pero actualmente no es el real, como es el uso profuso de los **estándares médicos** de mensajería, nomenclatura o terminología, documentación y comunicación, en todos los procesos médicos que tienen que ver con los registros de los pacientes, algo infranqueable en un sistema que debe manejar cantidades ingentes de datos de forma efectiva. El estándar y normalización se plantean además para información farmacológica, y para una gran variedad de hechos clínicos, como hábitos, biometrías, etc.

Por otro lado, el **algoritmo** propuesto no ha sido elaborado por un nutrido grupo de investigadores científicos a lo largo de años de investigación. Es, otra vez, una aproximación, una propuesta, una invitación a revisarlo y corregirlo. Pero en esto también creemos que el **primer paso** que pueda representar nuestro trabajo, cobra especial importancia, más cuando este paso es firme, tal vez corto, pero fundamentado y demostrado.

Pese a todo, la simple propuesta, el trabajo de investigación y la discusión de esta solución nos han animado a presentarlo como un prototipo completamente funcional, con posibilidades reales, resultados palpables, y como un Trabajo de Final de Máster con fines académicos y eminentemente prácticos.

Descripción del Proyecto

El sistema de rating que proponemos en nuestro trabajo es un aplicativo encargado de obtener información médica de los usuarios de distintos sistemas sanitarios, a través de sus historias clínicas (CDA) y registros de continuidad en el cuidado de los pacientes (CCD), para almacenarla en un repositorio independiente y extraer, mediante un algoritmo propio basado en multitud de variables (médicas y no médicas), una nota o valoración numérica que refleja en una escala el grado de salud que tiene un paciente. Además, el sistema ofrece junto a la nota, un extracto de las valoraciones cuantitativas que han llevado a la consecución de esa nota, para de ese modo entender de una forma más transparente el por qué de esa cifra.

Por tanto, al más alto nivel, la definición de los inputs, los outputs, y el algoritmo, nos hacen entender en qué consiste nuestro modelo. Por razones de investigación y de economía en el desarrollo (sólo una persona a cargo de este software) el resultado final de nuestro proyecto no es un entregable operativo para instalar con el 100% de las funcionalidades planteadas y datos clínicos en un sistema productivo en real, sino un prototipo con los distintos subsistemas integrados, estructuras de datos y juegos de test, que permiten entender cómo opera y qué puede lograrse con una solución completamente implantada.

Una vez entendido el por qué y el qué de nuestro sistema, vamos a pasar a lo más interesante, el cómo.

Aspectos Funcionales

Para entender cómo funciona nuestro rating, previamente vamos a determinar los requisitos que debe cumplir, a nivel operativo, el sistema planteado, como un producto de software de calidad [11]. Seguidamente haremos un repaso por los estándares médicos que debemos manejar en el trabajo con los datos de entrada, a nivel de mensajería, semántica y comunicación. Finalmente, y desde el punto de vista funcional, describiremos el algoritmo y todos los ítems o variables de salud que lo configuran.

Requisitos Operativos del Sistema

- **Centralización.** Se trata de buscar la unicidad y la coherencia de la información en todos los ámbitos del sistema, consiguiendo la sinergia con el resto de sistemas externos, eliminando redundancias y garantizando un mejor control de los datos.
- **Disponibilidad.** El aplicativo está concebido con un sistema de usuarios concurrentes de alta disponibilidad, con un funcionamiento continuo de 24x7 en todos los contextos donde opera.
- **Accesibilidad.** Debe garantizar el acceso de todos los roles establecidos: médico, paciente, aseguradora, desde cualquier punto de conexión al mismo.
- **Responsabilidad.** Debe existir un control de acceso y operaciones por autor y usuario, con un control transaccional de todas las operaciones que se realizan en el sistema.
- **Integración.** El sistema va a sostenerse sobre distintos protocolos, estándares y metodologías que aporten robustez bajo el principio de máxima cohesión y mínimo acoplamiento. En este punto se adscribe el principio de gestión basada en la información.
- **Escalabilidad.** La arquitectura de hardware y software debe permitir un crecimiento, dimensionamiento y evolución del sistema de una manera lo más sencilla posible de acuerdo con los nuevos requisitos y su evolución dentro del ciclo de vida lógico de un aplicativo informático.
- **Seguridad.** Los datos clínicos y personales están fuertemente protegidos legalmente a través de la LOPD, y debe asegurarse el acceso lícito y exclusivo protegiendo al sistema de violaciones y ataques.
- **Productividad.** Nuestro sistema debe obtener los resultados esperados en cuanto a productos y servicios planteados, es decir, el rating debe ser coherente en función de un tratamiento efectivo y continuo de los registros de paciente.

- **Calidad.** Es el fin último inherente a cualquier sistema software y que debe impregnar todos los procesos y productos que emanen de él, mediante el uso de metodologías y prácticas dirigidas al control y aseguramiento de los parámetros definidos en el modelo o política adoptados.

Estándares Médicos

La informática de la Salud está afectada, como otras muchas disciplinas de trabajo y negocios que buscan unas comunicaciones y manejo de datos más eficiente, por diferentes estándares y patrones que delimitan, estructuran y mejoran el trabajo con información médica de pacientes entre instituciones. Para entender más correctamente el proyecto que presentamos, y la apuesta por la normalización que formulamos con él, es necesario hacer un recorrido breve pero concreto sobre los más utilizados y aquellos que vamos a manejar en nuestro software. Veámoslos.

Un HIS está enfocado normalmente a buscar una interoperabilidad con otros HIS, para lo cual debe garantizar:

- La capacidad de intercambiar información útil con el resto de sistemas de forma que todos sean capaces de interpretarla.
- La capacidad de hacer uso de esta información.

La diferencia entre el intercambio y el uso de la información es la que da sentido a los dos grandes grupos de estándares sanitarios [12]:

- Estándares de mensajería o intercambio de datos.
- Estándares de terminología o vocabularios controlados.

ESTÁNDARES DE MENSAJERÍA

Son los responsables de asegurar que el intercambio de información se realiza de forma consistente entre nuestro sistema y el resto. Para ello se definen unas instrucciones para el formato, los tipos y las estructuras de datos, necesarios para que todos los sistemas tengan unas reglas comunes para compartir información clínica. En este ámbito, los estándares más importantes son:

- **HL7.** Es la pieza clave en la normalización de la información médica, y en realidad se compone de un conjunto de estándares relacionados para el intercambio, la integración y la recuperación de información electrónica de salud que soporta la práctica y la gestión clínica. Está mantenida por la HL7 International, una Organización para el Desarrollo de Estándares (SDO) orientada a la salud, y cuya misión se centra en el trabajo de estándares globales internacionales, como los que vemos a continuación [13]:

- Mensajería basada en XML-MML.
- Historia Clínica Electrónica (CDA).
- Modelo de Referencia de la Información (RIM).
- Documento de Continuidad de Cuidado al Paciente (CCD).
- Servicios de Terminología Común (CTS).
- Especificación para la Gestión del Contexto Clínico (CCOW).
- Modelo Funcional de Historia Clínica Electrónica (EHR-S FM).
- Modelo Funcional de Historia Clínica Electrónica Personal (EHR-S FM DSTU).
- Guía Práctica de SOA para Sistemas de Salud (HL7-SOA).
- Sintaxis Arden.
- Genómica Clínica.
- Etiquetaje Estructurado de Productos (SPL).
- Anexión de Informes para Tramitación.

Como vemos, HL7 es un proyecto amplio y ambicioso, que afecta a todos los dominios de la Salud: ámbito clínico, asistencial y administrativo. Se trata de un estándar de uso gratuito y sin duda es el más importante en cuanto a su uso. Después de 30 años desde su creación, en la actualidad se ha lanzado su versión 3, que será la que usaremos en nuestro sistema de rating.

- **FHIR.** Afecta también a la interoperabilidad de los HIS, y define un conjunto de recursos que representan conceptos clínicos granulares, y que pueden representarse de forma aislada o bien agregarse en documentos de mayor complejidad. La orientación técnica de FHIR es su uso en la web, y se basa en estructuras simples de XML o JSON, con transmisiones HTTP-RESTful. El proyecto de FHIR está incluido también en la HL7 International
- **DICOM.** Refiere a la Comunicación Digital de Imágenes para Medicina, y es el estándar de mayor uso dentro de los sistemas de información radiológica (RIS). Permite el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de este tipo de imágenes a través de ficheros específicos y comunicaciones sobre protocolo TCP/IP.

DICOM permite la integración de escáneres, servidores (PACS), estaciones de trabajo, impresoras y hardware de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes. DICOM ha sido adoptado ampliamente por hospitales y centros de salud, y está haciendo incursión en pequeñas aplicaciones de oficinas de dentistas y de médicos.

En su versión 3, HL7 incluye un dominio de imagen diagnóstica para la integración con DICOM. Este dominio cuenta con modelos, guías de implementación y ejemplos de documentos e imágenes necesarios para ilustrar la transformación de un reporte estructurado DICOM a documentos electrónicos CDA R2 HL7, así como la creación de informes CDA de imagen diagnóstica.

- **IHE.** Se trata de una iniciativa internacional, más que un estándar, de empresas y profesionales de la sanidad cuya finalidad es mejorar la colaboración y comunicación entre los distintos sistemas de información sanitaria. Aglutina a sociedades médicas,

hospitales y organizaciones para promover la adopción coordinada de estándares. El trabajo en el IHE se rige por las peticiones de los usuarios médicos, que son los encargados de definir los problemas de integración existentes, mientras que la industria que soporta los sistemas se encarga de implementar estas propuestas.

IHE no desarrolla nuevos estándares, sino que promueve el uso coordinado de estándares ya existentes para resolver necesidades específicas de los sanitarios y mejorar la calidad de la atención a los pacientes. Para ello edita los llamados Marcos Técnicos, documentos de referencia que definen qué estándares utilizar en cada situación y cómo hacerlo, en el ámbito de un escenario sanitario concreto y un flujo de trabajo definido.

ESTÁNDARES EN TERMINOLOGÍA

Como decíamos, además de transmisible, hemos de asegurar que nuestro sistema es capaz de entender la información que comparte con otros sistemas. De esta necesidad surgen vocabularios específicos para conceptos clínicos como enfermedades, alergias, medicaciones, diagnósticos, etc. Entre ellos, los más destacados son:

- **SNOMED-CT.** Es una nomenclatura sistematizada de medicina relativa a términos clínicos y tiene como propósito aportar todos aquellos conceptos que se expresan en el dominio de la medicina, y hacerlo de una forma no ambigua, sin riesgo de confusión. Actualmente es el vocabulario médico más rico que existe con más de 300 mil conceptos combinables y relacionables [14], y cubriendo todo el espectro del dominio de la salud. Toda su terminología es mantenida y distribuida por la Organización Internacional para el Desarrollo de Estándares de Terminología de la Salud (IHTSDO).
- **ICD-10.** Es una Clasificación Internacional Estadística de Enfermedades y Problemas de Salud Relacionados, en su versión 10, y proporciona una codificación completa de enfermedades, así como para una amplia variedad de signos, síntomas, hallazgos anormales, denuncias, circunstancias sociales y causas externas de daños o enfermedad [15]. Se usa principalmente si necesitamos recopilar información sanitaria útil relacionada con defunciones, enfermedades y traumatismos (mortalidad y morbilidad), para comunicarla a Organismos Oficiales. Su uso en lengua española está muy extendido.
- **LOINC.** Está formado por una base de datos y un estándar universal para la identificación de las observaciones médicas en laboratorio, es decir, para codificar los resultados de estas pruebas, que gestionan habitualmente los sistemas de información de laboratorios (LIS). Ha evolucionado mucho desde su creación, lo que permite que actualmente pueda emplearse también para exámenes físicos y otras observaciones clínicas [16].

Aparte de estos tres estándares internacionales, existen además otros esfuerzos locales o nacionales que tratan de racionalizar la inmensa terminología médica. Es el caso del GNC [17] de la Consejería de Sanidad de la Junta de Andalucía, en España, que trata de establecer patrones de identificación de pruebas clínicas. También son destacables los proyectos de codificación de medicamentos del gobierno de Colombia y de la FDA en Estados Unidos [18].

Tras un estudio pormenorizado de todos ellos, el trabajo de normalización de hechos clínicos de nuestro sistema de rating de Salud se ha basado en la terminología SNOMED-CT, dado su carácter unívoco, su profusión, y porque es capaz de identificar hechos clínicos relevantes que van una patología concreta hasta un hecho personal, como vivir solo. Evidentemente en nuestro prototipo no podemos manejar ni evaluar las más de 300 mil entradas que maneja, pero sí hemos hecho un extracto categorizado de ellos mostrando la viabilidad de manejarlos de forma flexible en la comunicación entre sistemas.

ESTÁNDARES DE DOCUMENTACIÓN

Además de las dos clasificaciones que hemos presentado, es necesario agregar un nivel de estandarización que afecta al intercambio de información en forma de documentos, no ya mensajes. La necesidad de usar esta estructura de información parte de la propia naturaleza de los documentos:

- Son productos u objetos habituales para el médico en el intercambio de información y en su trabajo general.
- Tienen una validez legal a través de la firma del responsables.
- Suponen una información completa que cubre el acto médico referido.
- Son legibles y manejables por los humanos.

Para normalizar, estructurar y tratar la información contenida en los documentos médicos es necesario conocer y aplicar los siguientes estándares [19]:

- **CDA.** Describe la arquitectura del documento clínico, y en la actualidad es el estándar más utilizado para el intercambio de documentos clínicos, especialmente para la elaboración de altas y evoluciones. Provee de una especificación completa para el intercambio basado en XML y en el estándar definido por HL7 v3. Se presentó en 1999, y destaca por su flexibilidad, ya que permite la elaboración de informes muy sencillos y reportes completamente codificados y referenciados.
- **CCR.** Es el Registro de Continuidad de Cuidados al Paciente y provee de un formato para la comunicación de la información con la siguiente estructura:
 - Identificación de pacientes.
 - Historia Clínica.
 - Medicación.

- Alergias.
- Recomendaciones para el Plan de Cuidados.

CCR se lanzó en 2004 y ha evolucionado finalmente hacia el nuevo estándar CCD, resultado de su combinación con CDA.

- **CCD.** Es el Documento de Continuidad de Cuidados al Paciente, publicado en 2007, y es fruto del trabajo conjunto de HL7 International y la Sociedad Americana de Test y Materiales (ASTM). Permite la representación de datos del CCR en un CDA con XML.
- **CCDA.** Es el estándar de documentación más novedoso, registrado en 2011, y representa la última apuesta por las plantillas de documentos CCD. Por extensión y economía, va a referirse simplemente como CDA (en su Release 2).

En nuestra aplicación hemos empleado la creación de modelos CDA con posibilidad de incorporar información CCD, por tanto más cercanos al estándar CCDA que comentamos en este último punto. Lo cierto es que, por norma general en la vida real, estos documentos están más destinados a la gestión de cargos de servicios por parte de las aseguradoras y corporaciones médicas, y a la visualización instantánea de los datos (autolegibilidad del XML), que al tratamiento efectivo de la información médica de los pacientes.

En nuestra opinión este hecho resta muchísima funcionalidad al concepto que plantean los propios CDA, y en el trabajo de desarrollo del prototipo hemos apostado nuevamente, desde un modelo simple (limitado lógicamente por la economía de medios humanos para su desarrollo) que aprovechara la esencia de la categorización, jerarquización de los datos, para su tratamiento efectivo por parte de los subsistemas participantes en el rating.

La Seguridad

Sin duda el reto más importante que se nos presenta con el desarrollo de un sistema de software que va a manejar datos médicos de miles/millones, o tan solo un paciente, es la seguridad de los datos, afectada en sus múltiples vertientes: acceso, salvaguarda, comunicación, etc. En consecuencia, se hace necesaria la aplicación de las siguientes directrices a tener en cuenta dentro de un marco global del ISMS [20]:

- **Confidencialidad.** La información tratada por el sistema será conocida exclusivamente por las personas autorizadas, previa identificación en el momento y por los medios habilitados.
- **Integridad.** La información tratada por el sistema será completa, exacta y válida, siendo su contenido el facilitado por los afectados, sin ningún tipo de manipulación.

- **Disponibilidad.** La información tratada por el sistema será accesible y utilizable en todo momento por los usuarios autenticados y autorizados, quedando garantizada su propia persistencia ante cualquier eventualidad prevista.
- **Legalidad.** Se garantiza el cumplimiento de toda la legislación vigente, que le sea de aplicación, en concreto, aquella referente al tratamiento de datos de carácter personal.

Una vez establecidas las premisas de seguridad, vamos a analizar más concretamente su aplicación legal y técnica.

ASPECTOS LEGALES

La Agencia Española de Protección de Datos recoge dentro de su listado de “datos especialmente protegidos” por afectar especialmente a la intimidad, los derechos fundamentales y las libertades públicas de las personas [21] los datos médicos o de información sanitaria. Por tanto, se exige una mayor protección que para el resto de datos personales. Estos datos sólo podrán ser recogidos, tratados y cedidos por razones de interés público, cuando lo establezca expresamente una ley o con el consentimiento previo y manifiesto del interesado.

En el caso concreto de nuestro ámbito de datos, vamos a trabajar con historias clínicas, y registros de cuidado del paciente. La LOPD considera responsable de ese fichero al Hospital, Clínica o Profesional de la salud que tiene su consulta privada. Con carácter previo a la recogida de los datos personales se debe crear el fichero e inscribirlo [22].

La LOPD vela porque cualquier transmisión o cesión de estos datos a terceros deba contener la comunicación expresa al paciente de este hecho y su necesaria autorización, más allá de los casos que se consideran que cumplen con los principios de calidad, o que dicha solicitud sea motivada con el fundamento de la prevención de un peligro real, castigo de infracciones penales o para una investigación concreta.

Así mismo, el paciente puede ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, y para poder hacerlo deberá ser informado de la identidad del responsable del tratamiento y de la dirección del mismo.

Desde esta perspectiva legal, por tanto, tenemos claro que la información de los pacientes está regida por un evidente y lógico afán de protección, que está limitado a la propia ley de la Administración o al propio acuerdo del interesado. No entendemos el objeto de nuestro trabajo el análisis legal de este concepto sino más bien el encono en mantener el ineludible respeto por la ley.

Desde este punto de partida, por tanto, nuestro sistema es una propuesta inicial de seguridad cuya perfecta viabilidad técnica debería encajarse después en forma de acuerdos, contratos de servicio, etc. con el resto de sistemas informáticos, administraciones,

aseguradoras, pacientes, pero cuyo escenario de trabajo se escapa de la naturaleza técnica de nuestro trabajo.

Sin embargo, el propio beneficio del individuo, su información, el aporte de una nueva herramienta a aseguradoras y servicios médicos se nos antoja como una ventaja, un valor añadido que podría encajar perfectamente en el actual marco legal.

En este sentido la limitación de acceso a la información por perfiles nos parece una salvaguarda muy interesante en el manejo de esta información. Así, los datos personales más sensibles estarán ocultos para aquellos usuarios no autorizados, siendo los avanzados o administradores los únicos con acceso a toda la información.

Por ejemplo, todos los datos médicos de un usuario pueden ser ocultados completamente a la aseguradora, a quien sin embargo sí podría autorizar a conocer el resultado global de su rating de salud.

Finalmente, subrayar un concepto muy importante dentro de la protección de los datos de carácter personal, y es la calidad de los mismos. El sistema trabaja con datos de pacientes, cuya calidad está directamente intrincada con la actualización de los mismos, es decir, será mejor no solo cuanto más completa, sino también cuanto más actualizada.

El sistema, incluso el prototipo, permite a través de un web service, el abastecimiento continuo de datos médicos vía mensajes CDA, y el cálculo continuo de las notas a pacientes. Depende, por tanto, del resto de subsistemas que remiten información, el aseguramiento de esta calidad.

ASPECTOS TÉCNICOS

Dicho lo cual, nuestro sistema de rating médico va a garantizar la seguridad a través de los siguientes elementos técnicos:

- Seguridad Física: Creación de un **Datacenter**, de acceso personal restringido y sistemas anti-incendio, anti-inundación, SAI, Redundancia, Backup, etc. alojado en un ISP con garantías de servicio 24x7x365, en el que residen datos y aplicación.
- Comunicaciones filtradas por sistema de **Firewall**. Se creará una DMZ para las peticiones web, SOAP, RESTful y HTTPS, cuyo acceso a los datos (Base de Datos y Big Data-NoSQL) estará filtrado por un cortafuegos (zona MZ), que desligará de Internet la red interna donde trabaja el sistema.
- Comunicaciones cifradas basadas en HTTP con TLS (servidor certificado). Se implementará el protocolo **HTTPS** mediante el uso de certificados de seguridad (sistema de clave pública-privada RSA de 128 bits) para una transmisión securizada de datos sensibles en las peticiones desde origen a destino y viceversa. El prototipo ya incorpora un certificado autovalidado almacenado en un repositorio de tipo JKS, propio de entornos Java.

- Autenticación basada en **filtrado de IP** (Security Chain). Para lograr la autenticación en los clientes que van a acceder a los servicios avanzados, el sistema permite una configuración basada en la identificación de direcciones IP. De este modo, por ejemplo, sólo podrán acceder a los datos médicos completos de todos los usuarios o dar de alta CDA en el sistema, los centros médicos registrados en el sistema e identificados por su dirección IPv4. El resto de usuarios no podrán acceder a estos servicios.
- Autenticación de los mensajes basada en **WS-Security** (UsernameToken). Dentro del servicio web que publica el sistema para dar de alta CDA, se implementan además cabeceras de seguridad propias de SOAP para identificación de usuarios a través de un token que incluye el usuario y la contraseña cifrada, cuya validación es condición necesaria para el establecimiento válido de una comunicación entre cliente y servidor.
- Autenticación de **formulario web** (Web Security). Es la clásica puerta de acceso a aplicativos web de identificación vía usuario y contraseña. En función de esta autenticación, y del paso por las capas anteriores, el sistema creará el perfil de usuario (o rol) y le otorgará los permisos correspondientes, como vemos en el siguiente punto.
- Autorización por **perfiles** (securización de datos sensibles y acciones del sistema). Como decimos, dentro de un último paso de seguridad, siguiente a todos los anteriores, se ha implementado la disposición o denegación de servicios en función del rol del usuario autenticado, de tal forma que siempre esté tipificado y controlado quién accede a qué.
- Finalmente, los datos de pacientes y su evaluación residirán en un **repositorio NoSQL**, que igualmente incorpora autenticación para los subsistemas (servidor de aplicaciones) que accedan a él, con encriptación de password de acceso a través de una variable de usuario del sistema (Jasypt Encryption).

Sin entrar en más detalle sobre estos puntos, algunos de los cuales revisaremos más adelante, consideramos que estos 8 pilares, que afectan a diferentes capas del modelo OSI (red, transporte, aplicación, presentación...) son suficientes para cubrir los requisitos mínimos de seguridad exigibles a un sistema como el que planteamos.

Rating de Salud (Perfil de Riesgo)

El núcleo lógico del sistema (o Core, si se prefiere) lo constituye el **algoritmo de medición**, y está compuesto por la combinación de una serie de variables médicas y no médicas que hemos establecido como pertinentes en la extracción de unos resultados válidos y coherentes respecto de los datos clínicos recibidos, y que verdaderamente reflejan la situación de salud de cada paciente.

El sistema de medición parte de una base muy sencilla, que es el uso de porcentajes. Decimos que la **salud plena** es el 100%, y la ausencia total de salud, por tanto, se expresaría como el 0%. A priori, el algoritmo lo que hará será ir restando respecto de la salud plena, en la medida que encuentre episodios, o items que se constituyen como penalizaciones. Asimismo existirán algunos factores que, por el contrario puedan sumar o atenuar estos decrementos de valor de rating, como por ejemplo las vacunaciones contra determinadas enfermedades.

Como comentamos anteriormente, la confección de este algoritmo es un trabajo de mejora e iteración infinita, si bien esta **primera aproximación** constituye, a nuestro entender, un válido punto de partida, que refleja la validez de nuestra hipótesis, que no es otra que la salud humana, como casi todo, puede medirse con una mayor precisión.

En el establecimiento de **baremos** hemos recurrido a estudios científicos, fuentes públicas estadísticas en materia de salud, y hemos contado con el apoyo de una profesional de la investigación científica en el área de la medicina oncológica, por lo que a priori confiamos en la pertinencia de sus resultados.

Para su confección, la **metodología** que hemos aplicado, y que nos parece más flexible (por su capacidad de modificación y optimización sin tener un impacto crítico con lo ya creado) es la siguiente:

A cada sección del rating le hemos asignado un porcentaje, que es el peso que ocupa dentro de la valoración final. Así por ejemplo, la Edad implica un 4% del estado de salud de una persona, de tal forma que el máximo de salud de una persona que supere los 73 años, por ejemplo es del 96%, ya que por encima de esa edad se alcanza el máximo de penalización (100% de penalización por Edad -4% del rating global-).

En el caso de la edad, tan sólo tenemos un condicionante, pero existen otras secciones o variables, como por ejemplo, la medicación, que podrá estar compuesto por varios sub-ítems (medicamentos). En este caso concreto, de la farmacología, su peso sobre la salud total es del 9%, de tal modo que cada uno de los sub-ítems (medicamentos) tendrán un peso subordinado a ese 9% de la sección. Por ejemplo, un medicamento anticancerígeno de fuerte impacto sobre determinados órganos, sistema inmunológico, etc. tendrá un alto peso (70%) dentro de la sección de fármacos (9%), que se traduce en un descenso de la salud global del 6,3% (70% del 9%).

El resultado de la sección, por tanto, será la evaluación de cada uno de los sub-ítems. Existirán casos en los que el sumatorio pueda superar el 100%, en cuyo caso el peso de la sección será mayor del inicialmente establecido, y así se indicará en el rating, como un flag de "sección con rating superado", indicando que en esa área existe una situación concreta con especial impacto sobre la salud global.

Este método nos va a permitir dos cosas:

- En primer lugar, y desde una perspectiva de sistema, **independizar** cada variable del resto en cuanto a su construcción y, desde una perspectiva de componente, conseguir una **cohesión** en su valoración interna. Sería algo similar al celebrado paradigma de ingeniería del software que postula la "máxima cohesión y mínimo acoplamiento" como un factor de calidad decisivo del producto [11].
- En segundo lugar, permite **reajustar** su peso en el global de acuerdo con correcciones posteriores, inclusión de nuevas variables en el rating y cualquier estimación de orden técnico o científico que pudiera plantearse después de esta primera aproximación.

Por ejemplo, si se tiene en cuenta un último estudio científico que confirma que la esperanza de vida ha aumentado considerablemente como para considerar que la edad de 73 años no debe tener tanta penalización, podríamos aumentar este límite a los 75 sin necesidad de afectar al resto de variables.

Desde el punto de vista global, igualmente, si introdujéramos una nueva sección a tener en cuenta por nuestro algoritmo, y que evidentemente tendrá un peso porcentual nuevo sobre el rating, habremos de reajustar los pesos individuales del resto de secciones, pero desde un punto de vista único, y sin afectar a la infinidad de sub-ítems que cuelgan de cada una.

Por ejemplo, y puestos a soñar, dispusiéramos del nivel de renta de un paciente, factor que la propia OMS y el Eurostat consideran importante si no decisivo para la salud, podríamos agregarlo a nuestro sistema con un valor digamos del 5%, valor que debería cuadrarse dentro del sumatorio total del 100% de todas las secciones.

Finalmente, y una vez examinados todos los ítems de medición, el algoritmo incorpora un **Factor de Corrección** y el llamado **Riesgo Combinado**, que no es otra cosa que el análisis conjunto de determinados factores, que tomados aisladamente pueden no sustraer el peso que realmente implican de manera conjunta.

Por ejemplo, si en el análisis de enfermedades encontramos una cardiopatía que resta un 7% al nivel de salud, y en la exploración de valores biométricos en sangre encontramos unos niveles de glucosa superiores a los límites de normalidad y que representan un decremento del 3%, el peso en el rating final será del 10%. Pero conociendo la premisa que relaciona una cardiopatía preexistente con la hiperglucemia y deduce unas

altísimas probabilidades de sufrir un accidente cardiovascular, esta combinación, este componente de corrección podría llevar este peso del 10% al 20%, por ejemplo.

En todo caso además, el componente de corrección asegura que el valor final del rating es coherente, es decir, que los valores que se presentan tienen sentido, ya que por encima del 100% o por debajo del 0% no tiene sentido la métrica. Esta idea es la de presentar un valor absoluto inteligible y no un mero sumatorio sin criterio.

Las posibilidades de estas correcciones, como podemos entender son infinitas, muchas de ellas perfectamente parametrizables, como hemos hecho en el prototipo, y creemos que configuran una herramienta muy útil a desarrollar y estudiar por parte de los profesionales médicos que quisieran aplicar sus investigaciones en el sistema de forma efectiva.

Definido a alto nivel nuestro algoritmo, a continuación, y desde el punto de vista funcional, pasamos a describir con mayor detalle las variables que lo constituyen y su peso en la métrica. Para ser un poco más precisos, hemos distinguido dos grupos de variables:

- Aquéllas que repercuten en el nivel de salud desde un punto de vista externo al propio individuo, es decir, que le vienen dadas por sus condiciones externas o ajenas a los indicadores del propio organismo. Las hemos denominado **variables exógenas**.
- Factores que vienen determinados por los valores biométricos de los pacientes a través de los reconocimientos médicos, análisis, episodios clínicos, genética, farmacología, hábitos de salud, etc. Son las llamadas **variables endógenas**, que como se entenderá, tendrán un peso final mayor que las primeras.

Vemos ambas a continuación.

VARIABLES EXÓGENAS

Edad

Lo primero que va a comprobar el sistema es la edad del paciente. Se trata de una variable muy sencilla de cuantificar y que, como anticipábamos, parte de un nivel máximo en el nacimiento, y se va decrementando hasta los 73 años, donde alcanza el 100% de penalización.

Por tanto, la edad tiene una relación directamente proporcional con el descuento de salud de este ítem, y se basa en una simple regla de 3. Con 0 años (recién nacidos) se tiene 0% de descuento de salud y con 73 (y a partir de esta edad) se alcanza el máximo (100%). De este modo, por ejemplo, una persona de 27 años tendría una penalización del 36,98% en este ítem, y una de 76 años superaría el 100%.

El peso de la edad en el rating global es del 4%.

Sexo

Está científicamente probado y extendidamente aceptado que la longevidad de las mujeres es mayor que la de los hombres, hasta el punto que dentro de los informes estadísticos de esperanza de vida, las cifras se segregan y evidencian este hecho.

Teniendo en cuenta esto, en nuestro algoritmo, esta variable discreta y binaria, reflejará una penalización máxima para los hombres (100%) y ninguna (0%) para las mujeres.

El peso del sexo en el rating global es del 4%.

Aspectos Geográficos

El Sistema Nacional de Salud recoge en sus estadísticas [23] una variación señalable de la esperanza de vida dependiendo de las Comunidades Autónomas. Para el año 2015, por ejemplo, la diferencia de la esperanza de vida entre la Comunidad de Madrid y las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla era de casi 4 años, para ambos sexos, lo cual es un factor a tener en cuenta, como ya hicimos con el sexo.

De este modo, un paciente madrileño, según nuestro sistema, no tendría ninguna penalización en su rating de salud y, sin embargo, un ceutí alcanzaría el máximo del 100% en este ítem. El resto de comunidades se registrarán por tramos de descuento en función de su posición en las estadísticas que manejan los ya comentados Indicadores Claves, como vemos a continuación:

| Comunidad Autónoma | Penalización |
|------------------------------|--------------|
| Madrid, Comunidad de (MD) | 0% |
| Navarra, C. Foral de (NC) | 10% |
| Castilla y León (CL) | 10% |
| La Rioja (RI) | 10% |
| País Vasco (PV) | 15% |
| Cataluña (CT) | 15% |
| Castilla - La Mancha (CM) | 20% |
| Aragón (AR) | 25% |
| Cantabria (CB) | 25% |
| Galicia (GA) | 25% |
| Balears, Illes (IB) | 30% |
| Comunitat Valenciana (VC) | 40% |
| Murcia, Región de (MC) | 50% |
| Asturias, Principado de (AS) | 60% |
| Canarias (CN) | 70% |
| Extremadura (EX) | 80% |
| Andalucía (AN) | 90% |
| Ceuta (CE) y Melilla (ML) | 100% |

Tabla 1: Valoración de Datos Geográficos

El peso de los aspectos geográficos en el rating global es del 2%.

Aspectos Laborales

Las aseguradoras conocen perfectamente el grado de peligrosidad o de incidencia sobre la salud de las distintas profesiones. Conocemos así el concepto de enfermedad profesional, el grado de estrés y deterioro físico que conllevan algunos oficios, y la incidencia demostrada sobre la calidad y la esperanza de vida de las personas.

Por ello consideramos relevante agregar este ítem dentro de nuestro rating, haciendo una agrupación particular por rangos de oficios, desde los más peligrosos a los considerados inocuos, dentro de los que se incluyen aquellos que no desempeñan actualmente una actividad laboral.

Teniendo en consideración los últimos estudios presentados por el Departamento de Trabajo de Estados Unidos [24], donde se valoran las profesiones más nocivas para la salud de acuerdo con su exposición a condiciones peligrosas, como enfermedades infecciosas, radiación, agentes contaminantes, siniestralidad, jornada laboral, horarios, incluso sedentarismo, hemos elaborado el siguiente listado con los oficios que van a significar una penalización en nuestra nota de salud. Como siempre, es una aproximación inicial susceptible de continuos cambios:

| Profesiones | Penalización |
|--|--------------|
| Dentistas | 100% |
| Artificieros | 100% |
| Asistentes de vuelo | 100% |
| Médicos, Cirujanos, Enfermeros, Auxiliares (Sanidad) | 100% |
| Militares | 100% |
| Mineros | 100% |
| Bomberos y Personal de Rescate | 75% |
| Podólogos | 75% |
| Inspector de Inmigración | 75% |
| Operadores de Calderas y Tratamiento de Aguas | 75% |
| Obreros de la Construcción | 75% |
| Operadores de Refinerías | 75% |
| Personal de Cabina de Aerolíneas | 50% |
| Radiólogos y Técnicos de Medicina Nuclear | 50% |
| Gestor de Residuos Radiactivos | 50% |
| Policías y Fuerzas de Seguridad | 50% |
| Operadores de Plantas Químicas | 50% |
| Transportistas | 50% |
| Mecánicos e Instaladores de Refrigeración | 25% |
| Ascensoristas | 25% |
| Pescadores | 25% |

| | |
|----------------------------|-----|
| Ensambladores Industriales | 25% |
| Operadores de Siderurgia | 25% |

Tabla 2: Valoración de Aspectos Laborales

Como es de entender, el resto de trabajos, inicialmente, no van a surtir ningún descuento en el rating a través de este ítem.

Para el prototipo hemos extraído una selección de profesiones codificadas de acuerdo con la base de datos del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE) del Ministerio de Empleo y Seguridad Social del Gobierno de España.

El peso de los aspectos laborales en el rating global es del 4%.

Hábitos Sociales

Si bien determinados comportamientos que tienen una incidencia directa e irrefutable sobre nuestra salud pudieran considerarse como elementos propiamente endógenos, hemos preferido incluir los hábitos sociales dentro de este primer grupo de variables, ya que no están tan íntimamente ligadas con el tratamiento clínico y los parámetros de medición médica, como aquéllas.

Bien es cierto que en algunas Comunidades Autónomas, se habla claramente de patologías al referirse a tabaquismo o alcoholismo, y las Administraciones con muy buen criterio abogan por sufragar tratamientos para vencer a estas dependencias, habida cuenta de que lo invertido hoy será un ahorro sanitario mañana.

En cualquier caso, y obviando la inclusión en una u otra lista, dentro del ranking de hábitos penalizables, destacamos los siguientes:

| Hábito Social / Dependencia | Penalización |
|--------------------------------------|--------------|
| Tabaquismo | 80% |
| Alcoholismo | 80% |
| Consumo de Cocaína | 80% |
| Consumo de Heroína | 90% |
| Consumo de Drogas Sintéticas | 60% |
| Consumo de Cannabis | 40% |
| Consumo de Esteroides | 40% |
| Consumo de Opiáceos y Antidepresivos | 40% |
| Sedentarismo | 40% |

Tabla 3: Valoración de Hábitos Sociales

En el listado del prototipo hemos incluido estos hábitos de acuerdo con una disgregación mayor, basándonos en los hechos médicos de SNOMED-CT, siendo más específicos en el hábito y su valoración.

El peso de los hábitos sociales en el rating global es del 7%.

VARIABLES ENDÓGENAS

Patologías

No hay nada que condicione más (negativamente) la salud de una persona que las enfermedades y dolencias que pueda sufrir. Por ello, este ítem de valoración es el que va a tener más peso en el rating global, con un 35%.

De las decenas de miles (por encima del centenar) de patologías que abarca la terminología clínica de SNOMED, para nuestro prototipo, por razones obvias de economía de recursos y operatividad, hemos hecho una selección de casi 200 patologías, con sus correspondientes valoraciones. Mostramos un extracto a continuación:

| Código SNOMED-CT | Patología | Penalización (%) |
|------------------|--------------------------------|------------------|
| 32048006 | Adenoma | 60.0 |
| 191816009 | Adicción a drogas | 40.0 |
| 56317004 | Alopecia | 5.0 |
| 363346000 | Cáncer | 80.0 |
| 56265001 | Cardiopatía | 60.0 |
| 76581006 | Colecistitis | 30.0 |
| 41006004 | Depresión | 40.0 |
| 267038008 | Edema | 20.0 |
| 13645005 | EPOC | 50.0 |
| 125605004 | Fractura de hueso | 10.0 |
| 6142004 | Gripe | 10.0 |
| 59621000 | Hipertensión arterial esencial | 20.0 |
| 75258004 | Intoxicación alimentaria | 10.0 |
| 57190000 | Miopía | 3.0 |
| 60389000 | Paraplejía | 40.0 |
| 424413001 | Sarcoma | 50.0 |
| 62479008 | SIDA | 80.0 |
| 427099000 | Tuberculosis activa | 30.0 |

Tabla 4: Valoración de Patologías

Alergias

Son sin duda otro hecho clínico relevante que puede condicionar el estado de salud de una persona y su predisposición a sufrir una patología asociada y a los tratamientos que pueda recibir.

De nuevo, SNOMED-CT ofrece una amplia variedad de hechos alergológicos tipados, de la que hemos extraído las siguientes:

| Código SNOMED-CT | Alergia | Penalización (%) |
|------------------|--------------------------------|------------------|
| 106190000 | Alergia (genérica) | 50.0 |
| 25868003 | Alergia a la leche de soja | 30.0 |
| 91936005 | Alergia a la penicilina | 40.0 |
| 232350006 | Alergia a los ácaros del polvo | 30.0 |
| 416098002 | Alergia a medicamento | 40.0 |
| 91935009 | Alergia al maní | 30.0 |
| 414285001 | Alergia alimentaria | 40.0 |
| 426232007 | Alergia ambiental | 30.0 |
| 90128006 | Fotosensibilidad | 20.0 |
| 77427003 | Intolerancia a la actividad | 20.0 |
| 69215007 | Intolerancia al calor | 30.0 |
| 80585000 | Intolerancia al frío | 30.0 |
| 40178009 | Urticaria alérgica | 40.0 |

Tabla 5: Valoración de Alergias

El peso de las Alergias en el rating global es del 5%.

Tratamientos Médicos

Como ya comentábamos en páginas anteriores, los tratamientos médicos condicionan la salud de los pacientes. Es cierto que puede resultar controvertido valorar el carácter positivo/negativo de determinadas acciones. Por ejemplo, estar recibiendo quimioterapia puede reducir temporal y drásticamente la salud de un enfermo de cáncer, pero puede, también, que a medio/largo plazo resulte beneficiosa.

Según el criterio médico en el que nos hemos apoyado en este trabajo, y nuestro propio punto de vista en el diseño del rating, basado en el momento actual, resulta más conveniente establecer una valoración en el corto plazo, en el momento actual.

En el caso concreto de una quimioterapia, que es el ejemplo que hemos propuesto, este tratamiento se valora, inicialmente, como mermante de la salud dentro del rating. Una vez superado, o finalizado el tratamiento, en el medio plazo, desaparecería del CDA que alimenta al sistema, y por tanto dejaría de restar puntos. Si finalmente (en un plazo más largo) los efectos sobre la patología (cáncer) que trata son positivos, se reflejarán en el cambio de la condición del paciente, incluso en la desaparición de la patología del CDA y, por tanto, reverterá su carácter positivo.

En otros casos como el haber recibido una vacunación, en los que estamos hablando de un carácter preventivo sin patología o síntomas previos, el valor positivo de la acción se refleja inmediatamente en el rating, es decir, su penalización será negativa.

Así las cosas, también SNOMED-CT es tremendamente profuso en la descripción de tratamientos clínicos, que van desde el suministro de aspirina a intervenciones quirúrgicas multiorgánicas complejÍsimas. De entre todos, para nuestro prototipo hemos seleccionado unos 140, algunos de las cuales son éstos:

| Código SNOMED-CT | Tratamiento | Penalización (%) |
|------------------|----------------------------|------------------|
| 41944006 | Amputación | 40 |
| 80146002 | Apendicectomía | 10 |
| 177765008 | Apertura del tórax | 30 |
| 385715006 | Atención cardíaca | 15 |
| 86273004 | Biopsia | 30 |
| 73761001 | Colonoscopia | 20 |
| 122856003 | Examen bucal | 5 |
| 5880005 | Examen clínico | 10 |
| 161167004 | Medición de TSH | 5 |
| 1363680008 | Procedimiento radiográfico | 15 |
| 23719005 | Trasplante de médula ósea | 40 |
| 88039007 | Trasplante de pulmón | 70 |
| 46233009 | Vacuna antigripal | -20 |
| 14745005 | Vacuna anti-hepatitis A | -20 |

Tabla 6: Valoración de Tratamientos Médicos

El peso de los Tratamientos en el rating global es del 6%.

Medicamentos

Existe un erróneo consenso en que la administración de medicamentos revierte en la buena salud de las personas. Pero es algo que se rebate rápidamente a través de los datos. Por ejemplo, el último estudio de Bloomberg, en 2017 [25], sobre los países más saludables del mundo indica que la mayor potencia mundial en gasto farmacéutico (en términos relativos y absolutos), con casi 1.100 dólares anuales per cápita [26], ocupa el puesto 34 en el ránking de salud, por detrás de países como España, en sexta posición y que apenas invierte la tercera parte que los norteamericanos.

Por el contrario, además, existen estudios que relacionan directamente el incremento en el consumo de medicamentos por parte de una persona a lo largo de su vida con su decremento (en buena medida lógico) de su propia salud, debido en parte a la especial sensibilidad de las personas mayores a los efectos secundarios de estos [27]. Es decir, a medida que envejecemos, perdemos salud y consumimos más medicamentos. Por encima de un cierto umbral, de hecho, se considera que el deterioro de la salud es crítico.

Finalmente, el potente lobbie de las farmacéuticas ha ido introduciendo en nuestros sistemas de salud y en el imaginario colectivo la necesidad de tomar medicamentos para prácticamente todo. Es algo muy palpable con el grave problema que presenta el abuso de los antibióticos o en la prescripción de fármacos contra el colesterol alto, cuyo índice ha sido rebajado en varias ocasiones sin sustentarse en estudios clínicos concluyentes.

Iniciativas como la de la OCU para concienciar y controlar el uso de medicamentos (pastillasjustas.org) son otro reflejo que alerta sobre los peligros que encierran en muchos casos, la necesidad de conocimiento, el no confiar ciegamente en todo lo nuevo como algo necesariamente bueno, la cronificación de tratamientos y enfermedades, etc.

Como sucedía con los tratamientos, solo el caso de las vacunas conlleva una penalización negativa, es decir, una mejora de la nota de salud.

En este contexto, basándonos en el catálogo de casi 30 mil medicamentos que tiene registrados la terminología de SNOMED, hemos extraído para nuestro prototipo, un extracto aleatorio de 500, que usaremos para el rating de esta sección, algunos de los cuales son estos:

| Código SNOMED-CT | Medicamento | Penalización (%) |
|------------------|--|------------------|
| 329923004 | Aceclofenac | 2 |
| 374942000 | Adrenalina, 2%, solución | 29 |
| 108572003 | Benazepril | 23 |
| 406326006 | Bicarbonato de sodio, 8,4%, solución inyectable, jeringa precargada de 10 ml | 27 |
| 347115004 | Cocaína, 5%, colirio | 26 |
| 349863007 | Diazepam, forma farmacéutica para administración parenteral | 22 |
| 356380006 | Gluconato de calcio, forma farmacéutica para administración parenteral | 19 |
| 377158006 | Lorazepam, 2 mg/ml, inyectable | 28 |
| 392421004 | Ofloxacino, forma farmacéutica de uso óptico | 17 |
| 71181003 | Vacuna | -16 |

Tabla 7: Valoración de Medicamentos

El peso de los Medicamentos en el rating global es del 9%.

Antecedentes

El factor genético es sin duda una variable muy a tener en cuenta dentro del desarrollo de futuras patologías por parte del paciente. Los antecedentes de familiares directos son una información por tanto valiosa que tenemos que valorar en nuestro rating.

Además, en esta sección también es posible incluir las anteriores enfermedades y dolencias que ya ha padecido el paciente, y que por sus posibles secuelas y recidivas resulta relevante anotar.

Con todo, agrupando factores heredados y ya padecidos, para nuestro prototipo hemos creado un listado de 178 antecedentes, de entre los que se incluyen los siguientes:

| Código SNOMED-CT | Antecedente | Penalización (%) |
|------------------|--|------------------|
| 267014009 | Antecedente de: aborto | 20 |
| 275526006 | Antecedente de accidente cerebrovascular | 40 |
| 161615003 | Antecedente de cirugía | 10 |
| 427749007 | Antecedente de cirugía de rodilla | 10 |
| 161693006 | Antecedente de: diálisis renal | 30 |
| 161523006 | Antecedente de: enfermedad respiratoria | 30 |
| 161501007 | Antecedente de: hipertensión | 20 |
| 428046009 | Antecedente de linfoma no Hodgkin | 60 |
| 428262008 | Antecedente de neoplasia maligna de próstata | 50 |
| 161665007 | Antecedente de trasplante renal | 40 |
| 275104002 | Antecedente familiar de accidente cerebrovascular | 30 |
| 312824007 | Antecedente familiar de cáncer de colon | 35 |
| 160316001 | Antecedente familiar de trastorno hematológico | 20 |
| 415084003 | Antecedente personal de neoplasia maligna primaria de piel | 40 |

Tabla 8: Valoración de Antecedentes

El peso de los Antecedentes en el rating global es del 8%.

Biometrías

En un concepto amplio, como tal, entendemos por biometría la aplicación de métodos estadísticos y cálculo en el estudio de los fenómenos biológicos. También es la toma de medidas estandarizadas de los seres vivos o de procesos biológicos.

En nuestro trabajo a través del prototipo hemos reducido el amplio arco, que sin duda puede explotarse en la valoración de salud, en aquellos datos clínicos típicos incluidos en un análisis rutinario de sangre y orina (Hemograma y Bioquímica), y además los datos de presión sanguínea.

Como en otras secciones, el catálogo de SNOMED-CT es extensísimo en la tipificación de mediciones de factores biométricos y pruebas realizadas en los pacientes. Sería muy interesante, como desarrollo de este prototipo en un sistema real, captar en esta sección los resultados de pruebas como electrocardiogramas, espirometrías, audiometrías, pruebas de esfuerzo, etc.

La metodología aplicada en esta sección se basa en el establecimiento de unos rangos (basados en la estadística) dentro de los cuales el valor de un dato biométrico es considerado normal. Será anormal (penalizable), por tanto, cuando se sitúe por encima o por debajo de este rango de valores.

Por ejemplo, el clásico nivel de colesterol, un elemento muy significativo de salud cardiovascular que se observa en los hemogramas, se considera normal si se sitúa entre los 120 y los 200 miligramos por decilitro de sangre. Si el valor en un paciente es de 230, el sistema lo anotará como penalizable, sumando al rating de la sección la puntuación establecida. En caso de estar por debajo de los 120 también sería objeto de penalización, ya que al existir un nivel inadecuado del llamado colesterol bueno, el riesgo cardiovascular también estará presente.

Algunos ejemplos de las biometrías que usamos en el prototipo son éstos:

| Código | Biometría | Mínimo-Máximo | Magnitud | Penalización (%) |
|-----------|-------------------|---------------|----------|------------------|
| 271649006 | Presión sistólica | 10-15 | mmHg | 5 |
| 166610007 | Bilirrubina | 0,20-1 | mg/dl | 3 |
| 269924007 | Creatinina | 70-110 | ml/min | 4 |
| 270996006 | Colesterol | 120-200 | mg/dl | 4 |

Tabla 9: Valoración de Biometrías

El peso de los factores biométricos en el rating global es del 8%.

Encuesta de Salud

La última sección incluida dentro de los documentos clínicos de paciente (CDA) que recibe nuestro sistema y que procesa para dar una nota de salud, se encuentra la encuesta sanitaria.

Es cierto que este tipo de información, como tal, no forma parte de un clásico informe o historia del paciente, pero dada la flexibilidad que ofrece el modelo de datos de estos documentos HL7, hemos considerado acertado introducirla dentro de ellos.

Otra alternativa sería alimentar el sistema con encuestas estructuradas mediante otro tipo de documentos y mensajes, incluso de emisores (no necesariamente el sistema sanitario, sino la propia aseguradora, por ejemplo), pero entendemos que es algo que no afecta al concepto en sí ni a su peso dentro de nuestro algoritmo, y por tanto tampoco aporta nada más.

Como anticipábamos, en el prototipo hemos introducido una encuesta con 24 preguntas, extraídas de la Encuesta Nacional de Salud del Instituto Nacional de Estadística, e incluso se han incluido elementos biométricos como peso y altura, que perfectamente podrían haberse agregado en la anterior sección, pero que por ser fieles a la encuesta, hemos mantenido.

El sistema de valoración de la encuesta, se basa en la penalización de la pregunta dentro de la sección, en función de la respuesta. Por ejemplo, a la pregunta “¿Cuántos años lleva fumando?”, que tiene una penalización del 4% de la sección, se le aplicará el 100% de esa penalización si la respuesta es “Más de 10 años” y 0% si es “Nunca”.

El caso de peso y altura, lo que se obtiene es el IMC en función de los dos datos, y se valora el rango en que se encuentra el IMC, desde extrema delgadez, normal, u obesidad mórbida, y se penaliza según se separa de la normalidad.

Para la codificación de la encuesta no hemos podido usar SNOMED-CT, ya que es un caso muy particular de hecho médico no contemplado como estándar. Hemos usado uno completamente particular y trivial, pero en este caso, por ejemplo, podría haberse usado el que usa la propia encuesta del INE.

En esta ocasión no hacemos un extracto de las preguntas y respuestas de la encuesta, que conforman dos tablas independientes, y que pueden consultarse en el formulario de alta de paciente y en la consulta de tablas del sistema en el prototipo.

El peso de la Encuesta de Salud en el rating global es del 8%.

Riesgo Combinado y Factor de Corrección

Finalmente, nuestro sistema de rating incorpora dos elementos de “sobreescritura” o post-análisis de la nota en función de los datos recopilados y procesados:

- **Riesgo Combinado.** Como explicábamos anteriormente, la confluencia o acumulación de factores de riesgo de salud puede significar un incremento del riesgo de carácter exponencial y no tanto lineal. En el prototipo hemos aplicado una estimación de riesgo (cardiovascular, concretamente), en este sentido, y basándonos en los siguientes factores, estipulados médicamente como relevantes:
 - Tensión Alta
 - Colesterol Alto
 - Diabético
 - Fumador
 - Bebedor
 - Obeso
 - Mayor de 45 años
 - Hombre

La evaluación de este riesgo combinado se realiza siguiendo un incremento exponencial de base 2, como decíamos. Es decir, si una persona tiene tensión alta tendrá un riesgo del 2% del porcentaje de penalización del riesgo cardiovascular establecido, en nuestro caso, el 25% sobre el total global. Si se agrega colesterol alto, será el 4%, si es fumador, el 8%, y así hasta alcanzar $2^8 = 256\%$ de 25% = 64% de penalización, que es el máximo para el riesgo combinado, si el paciente acumula todos los factores. Esto implica que una persona con todos los factores de riesgo alcanzaría un máximo de 46% de salud.

Existe una amplísima variedad de factores de riesgo combinados que pueden contemplarse, y que engloban a todas las secciones anteriores. Por motivo ilustrativo

hemos elegido éste, pero podrían implementarse multitud de ellos dentro de esta sección.

- **Factor de Corrección.** Se trata de aquellas operaciones diferidas del algoritmo de rating y que aportan información adicional y le dan coherencia. En el caso de prototipo hemos implementado dos operaciones:
 - o Información sobre si una sección ha alcanzado un valor superior al de su penalización particular dentro del rating global. Esto, como comentamos, se produce cuando la acumulación de sub-items es elevada, y supera el 100% del establecido para la sección. En este caso, por valor informativo y valorativo por parte del receptor, se agrega un flag indicativo.
 - o Corrección final del rating, de modo que sea coherente, es decir, no pueda superar el 100% de salud ni tener un valor negativo.

Como sucede con el Riesgo Combinado, el Factor de Corrección permite una configuración flexible y parametrización de distintas situaciones. Se nos ocurre, por ejemplo que puede existir información redundante dentro del CDA, como por ejemplo, el hábito de fumar, que se refleja en la sección de Hábitos y además en la Encuesta; o la hiperglucemia, que puede estar registrada en Patologías y además como ítem penalizable de Biometrías.

En estos casos puede resultar interesante eliminar el duplicado de penalización, agregando una corrección e indicándolo en el desglosado del rating. Por motivos de tiempo, no está implementado en el prototipo, pero se trata de un desarrollo bastante trivial.

Diseño y Arquitectura

Una vez definidos los aspectos funcionales de nuestro proyecto, vamos a hacer un repaso sobre todos los aspectos relativos a su diseño e implementación. Algunos de los detalles de arquitectura, como la seguridad, ya los anticipamos, pero conviene hacer una descripción más concreta del cómo hemos desarrollado el rating de salud a nivel técnico.

Lenguaje, Framework y Entorno de Desarrollo

JAVA 8

Para la implementación del aplicativo hemos elegido el lenguaje de programación más extendido en sistemas de empresa actuales, como es Java, en su versión Enterprise, y la release 8, que es la más reciente en estos momentos. La elección de este y no otro lenguaje se apoya en sus principales ventajas, que son [28]:

- Es un lenguaje que sigue el paradigma de la OOP.
- Es fácil de aprender: escribir, compilar y depurar en un mismo ciclo.
- Es independiente de la plataforma, gracias a su máquina virtual (JVM).
- Es distribuido, y permite el trabajo fácil y rápido en entornos de red.
- Es seguro desde su concepción de la máquina virtual.
- Es robusto y fiable, gracias a su sistema de checking en el compilador.
- Es multihilo, lo cual es clave en un entorno de Grid Computing y Big Data.

Con respecto a las versiones anteriores, la versión 8 de Java, lanzada en marzo de 2014, incluye además una serie de novedades verdaderamente potentes, de entre las que destacamos estas [29]:

- Métodos default en interfaces. Posibilidad de declarar métodos con un comportamiento por defecto en una interfaz.
- `Java.util.function`. Contiene interfaces funcionales, es decir, interfaces que declaran funciones de uso común.
- Expresiones Lambda propias de la programación funcional
- `Java.util.Stream`. Nueva biblioteca para el manejo de clases de tipo Stream y operaciones propias de Big Data (Colecciones y Map-Reduce).

SPRING

El framework de desarrollo **Spring** [30] es tal vez el más empleado para la construcción de aplicaciones empresariales en lenguaje de programación Java. Fundado bajo el principio KISS, es una auténtica máquina virtual dentro de la JVM, que permite al desarrollador contar con un entorno potentísimo soportado por los siguientes módulos de servicio, algunos de los cuales hemos empleado en el desarrollo de nuestro prototipo, y describimos a continuación:

- **Contenedor de Inversión de Control (IOC):** permite la configuración de los componentes de aplicación y la administración del ciclo de vida de los objetos Java. Se lleva a cabo principalmente a través de la inyección de dependencias.
- **Programación orientada a aspectos (AOP):** habilita la implementación de rutinas transversales, con la captura de eventos (aspectos).
- **Acceso a datos:** usa JDBC para SGBDR y herramientas de ORM con bases de datos NoSQL, además de una implementación sumamente práctica y sencilla de JPA.
- **Gestión de transacciones:** unifica distintas APIs de gestión y coordina las transacciones para los objetos Java.
- **Modelo Vista Controlador (MVC):** Un framework basado en HTTP y servlets, que provee herramientas para la extensión y personalización de aplicaciones web, WS y RESTful.
- **Framework de acceso remoto:** Permite la importación y exportación estilo RPC, de objetos Java a través de redes que soporten RMI, CORBA y protocolos basados en HTTP incluyendo servicios web (SOAP).
- **Procesamiento por lotes (batch processing):** incluye un entorno para procesamiento de mucho volumen de datos, aportando funciones de registro/trazado, manejo de transacciones, estadísticas de procesamiento de tareas, reinicio de tareas, y manejo de recursos.
- **Autenticación y Autorización:** procesos de seguridad configurables que soportan un rango de estándares, protocolos, herramientas y prácticas a través del subproyecto Spring Security (antiguo Acegi).
- **Programación de Tareas y Ejecuciones:** dispone de su propio gestor de jobs temporales, altamente configurables y trazables.
- **Mensajes:** registro configurable de objetos receptores de mensajes, para el consumo transparente a través de JMS.

- Test: soporte de clases para desarrollo de unidades de prueba e integración.

Dentro de esta atmósfera de Spring, existe una implementación particular, o suite, llamada **Spring-Boot** [31], y que es la que hemos seleccionado para la implementación del prototipo, en su versión 1.5.3. En los momentos de la entrega de este trabajo ya está liberada la versión 2, que se encontraba en estado Candidate cuando comenzamos el desarrollo del soft, razón por la cual escogimos esta versión estable.

Dado su carácter autoconfigurable y autoejecutable, Spring-Boot permite simplificar en extremo el desarrollo de entregables, que pueden exportarse a entornos reales o, como en nuestro caso, construir artefactos standalone con TODOS los subsistemas embebidos, sin necesidad de instalar componentes adicionales más allá de la propia JVM.

Esta ventaja que ofrece Spring-Boot se traduce en nuestro caso concreto en una facilidad hasta ahora desconocida para adaptar prototipos a sistemas reales, simplemente cambiando la configuración interna del proyecto al construir el entregable o mediante parámetros al ejecutarlo. Realmente potente.

MIDDLEWARE

Además del uso de Spring, que en sí es un middleware, una máquina virtual para interactuar con el sistema y todos los servicios, en nuestro desarrollo, nos hemos apoyado en el uso de una serie de bibliotecas de uso extendido en proyectos Java, y completamente recomendables a la hora de crear un software seguro, de calidad y fácil de mantener. Algunas de ellas son estas:

- Hibernate [32]. Es tal vez el ORM de mayor uso en Java, y también está disponible para la plataforma Microsoft de .Net. Facilita el mapeo de Objetos y sus Atributos hacia Tablas y Campos respectivamente, es decir, permite el traslado de un modelo relacional tradicional de un SGBD a un modelo de objetos dentro de una aplicación Java. Con ello simplificamos el trabajo con datos y evitamos el uso innecesario de sentencias SQL que acoplan nuestro software de negocio con la capa de datos.
- JAXB [33]. Es un proyecto de Oracle para Java, destinado al manejo de datos XML como objetos bean, simplificando enormemente el trabajo habitual con estas estructuras en cuanto a búsquedas, composición, validación y serialización.
- GSON [34]. Se trata de una librería de Google que busca la misma funcionalidad que JAXB pero en este caso en el tratamiento de estructuras JSON, muy típicas en los entornos de Big Data, en comunicaciones y también en el lado cliente (Javascript).
- BSON [35]. Análoga a la anterior, se trata de un componente encargado de convertir objetos y estructuras simples de datos JSON en elementos binarios susceptibles de poder persistirse en un sistema NoSQL como el que hemos empleado, MongoDB.
- Model-Driven Health Tools (MDHT) for CDA [36] es una librería específicamente desarrollada para el tratamiento de información médica en documentos XML de

formato CDA-HL7, que nos ha permitido en nuestro desarrollo, contar con un esquema de datos ya creado, y manejar la información de forma correcta, validada, unívoca y perfectamente estructurada. MDHT es un subproyecto de Open Health Tools (incubado por la fundación Eclipse), una empresa norteamericana especializada en el tratamiento de información médica y en la implementación de estándares y soluciones IT en HIS, mejorando la colaboración entre sistemas, algo con lo que comulgamos a través de nuestro trabajo.

Existen otras librerías especializadas en el tratamiento de CDA [37], pero MDHT, por su soporte y su implementación ha sido la opción elegida.

- JUnit [38]. Lo componen un conjunto de bibliotecas exclusivamente creadas para el desarrollo e implementación de pruebas unitarias de software, a través de el control de resultados al estilo de cajas negras. También permite el lanzamiento de pruebas de regresión ante cambios en el código de aplicación.
- Apache Maven [39]. Es un framework de desarrollo en sí mismo que facilita la construcción y gestión de proyectos mediante el control de dependencias y la configuración sencilla y potente de artefactos entregables. Tal vez su principal potencia es el trabajo en red y gestión de repositorios locales y remotos. Es además la pieza de software encargada de construir los ejecutables a partir de los fuentes.

Existen más librerías que hemos usado dentro del proyecto, pero no nos parece de interés hacer una simple enumeración, y sí destacar aquellas que han sido más relevantes en la creación del prototipo, como hemos hecho.

SOFTWARE DE APLICACIÓN

En este Trabajo de Fin de Máster se hace entrega de todos los fuentes del proyecto, de tal forma que desde estas líneas remitimos a la navegación de los mismos para conocer la implementación, nuestro trabajo de programación al fin, del sistema de rating.

Como indicativo, y previo a este análisis pormenorizado de cada uno de los componentes por parte del lector, sí vamos a hacer una descripción de la estructura de directorios del proyecto, que sirva de guía para su entendimiento completo:

- **SRC.** Carpeta raíz de fuentes
- **SRC>MAIN.** Carpeta principal de la aplicación.
- **SRC>MAIN>JAVA.** Directorio de fuentes Java, que a su vez, podemos subdividir en los siguientes paquetes funcionales:
 - **CONFIG.** Clases de Configuración de Spring, Seguridad, MongoDB, Base de Datos, Web Services, Constantes, etc.

- **DAO.** Data Access Objects.
 - **ENTITY.** Entidades de datos para SGBDR y NoSQL, además de POJOs.
 - **SERVICE.** Clases de acceso a servicios (acceso a DAOs).
 - **UTIL.** Clases de utilidad.
 - **WEB.** Componentes web propios del patrón MVC de Spring, es decir, objetos Form (POJOs de presentación de datos) y Controllers (donde reside casi la totalidad de la lógica de negocio, control de peticiones HTTP y RESTful)
 - **WS.** Endpoint del Web Service para alta de CDA
- SRC>MAIN>**RESOURCES.** Recursos de aplicación y configuración, que también se organizan en los siguientes subdirectorios:
 - **CONF.** Configuración particular de la aplicación de rating
 - **DATA.** Ficheros con los datos de pacientes y tablas del prototipo. Incluye los ficheros de tablas del sistema (**CSV**) y los CDA en formato XML (**CDA**) que se cargan con el arranque del sistema.
 - **KEYSTORE.** Carpeta con el certificado y almacén de certificados para implementar el protocolo HTTPS.
 - **MESSAGES.** Mensajes de aplicación y de validación de formularios y datos.
 - **STATIC.** Ficheros estáticos del software que forman parte del entorno web, en nuestro caso, ficheros de imagen, hojas de estilo y scripts de javascript.
 - **WSDL.** Definición del Web Service y ejemplo de invocación (request).
 - **XSD.** Modelo de datos de los objetos del Web Service

Sobre el raíz de RESOURCES encontramos el fichero clave de configuración de Spring-Boot (application.properties), que contiene toda la información necesaria para el correcto arranque y funcionamiento del sistema sobre esta arquitectura.

- SRC>MAIN>**WEBAPP.** Básicamente las JSP de la interfaz web del prototipo.
- SRC>**TEST.** Carpeta de test de aplicación.

Servidor Web y de Aplicaciones

Las comunicaciones del sistema de rating hacia los clientes se rigen bajo el protocolo de comunicación HTTP para peticiones web y RESTful, y SOAP para Web Services. En todos los casos se agrega una capa de seguridad a nivel de transporte mediante TLS (antigua SSL), implementada finalmente en el protocolo seguro HTTPS.

El servicio web o HTTP en front-end o parte web estará controlado por un servidor encargado de responder a las peticiones de los distintos clientes transfiriendo todos los datos de hipertexto, es decir, páginas web con todos sus elementos característicos. En nuestro sistema el Servidor Web será **Apache HTTP Server**, sin duda el más extendido a lo largo de todos los websites de Internet.

Apache es un servidor completamente gratuito, muy sencillo de instalar y configurar, muy funcional y eficiente en el manejo de gran cantidad de peticiones, y además cuenta con

el respaldo de la Apache Software Foundation y una amplísima comunidad de desarrolladores que utilizan su código abierto para mejorarlo día tras día. Por contra, se trata de un software desnudo sin un panel de manejo de configuración y monitorización, si bien existen multitud de herramientas comerciales que sí nos permitirían obtener estas ventajas de administración.

Finalmente, y enlazando con la siguiente capa de servicio, Apache Http Server tiene un perfecto acoplamiento en cuanto a facilidad de trabajo con el servidor de aplicaciones que, siguiendo con la lógica de la solución, será **Apache Tomcat** [40]. En este sentido, existe alguna controversia sobre si Tomcat es o no un servidor de aplicaciones, pues carece de algunas funcionalidades soportadas tradicionalmente por otras soluciones tanto comerciales como freeware, pero analizando sus características y las necesidades que se plantean con la implementación de los componentes instalables de nuestro aplicativo, se trata de una solución perfectamente asimilable.

El Servidor de Aplicaciones es, de una manera estricta, el responsable de ejecutar el código de aplicación de nuestro sistema de rating, sosteniendo la mayor parte de las funciones de lógica de negocio y acceso a datos del sistema. Esto nos ayudará a centralizar mejor la operativa y a simplificar determinadas funcionalidades ya implementadas por el servidor, como el control del pool de conexiones a datos, el acceso a recursos por servicio de nombres (JNDI) o la aplicación de directivas de seguridad sobre contextos.

Al igual que Apache, la instalación y configuración de un servidor Tomcat es una tarea bastante sencilla. La administración, a través de las extensiones JMX, sin ser un entorno muy profesional, sí permite el control y gestión de todas las aplicaciones y los recursos consumidos en la máquina donde corre. Finalmente, trabaja a la perfección tras el servidor HTTP de Apache, a través del conector mod_jk, que permite el balanceo de carga en el front y alivia a los servidores Tomcat de la coordinación de peticiones, centrándose más en la ejecución del código de aplicación.

En el prototipo que entregamos con nuestro TFM, gracias al uso de Spring-Boot, el servidor HTTP de Apache y Tomcat están integrados y embebidos dentro del ejecutable, de tal modo que resulta innecesaria su instalación aparte del fichero WAR.

Base de Datos

Precisamente por requisitos del ejecutable, creado a través de Spring-Boot, y dada la simplicidad del esquema de datos que inicialmente se presenta en el prototipo, además de una colección de registros limitada, hemos escogido una implementación muy sencilla de Base de Datos SQL en Java llamada **H2** [42], que además se integra a la perfección con el framework.

Se trata de una base de datos en memoria, es decir, volátil, que se arranca con la aplicación generando el esquema de datos. De la misma forma, con el parado del servidor de aplicaciones, se destruyen los datos y se para la base de datos. Es por tanto un subsistema

ligero y suficiente para nuestros propósitos, y trabaja perfectamente dentro de nuestro ejecutable.

Sin embargo, si pretendemos explotar este sistema en un entorno de producción con multitud de transacciones, se hará necesario el uso de otro SGBDR más profesional, como Oracle Database, MySQL o SQL-Server. La implementación de este cambio en el software sería trivial, ya que estamos usando un ORM (Hibernate) compatible con todos estos motores y el cambio de configuración en el contexto de Spring es extremadamente sencillo.

Sistema Big Data - NoSQL

Dentro de todo el conglomerado que implica el concepto de Big Data, una corriente de desarrollo muy extendida en los últimos años ha sido la implementación de repositorios de datos que no tienen por qué respetar las reglas ACID ni las estructuras típicas de un SGBD basado en SQL, son las llamadas bases de datos NoSQL. Básicamente las diferencias entre estas y aquellas bases de datos son:

- En NoSQL se almacenan datos de cualquier tipo indexados por una única clave.
- Los datos no son analizados antes de ser almacenados.
- No existen procesos que aseguren la integridad de los datos.

El resultado de la práctica de esta filosofía es el procesado de datos en un tiempo muy reducido. A esto se añade una escalabilidad horizontal muy considerable, sin cuellos de botella y la creación de clusters de forma sencilla y rápida.

Dentro de estas soluciones NoSQL hemos elegido la base de datos orientada a documentos MongoDB, por agregar algunos extras a las funcionalidades estrictas de los sistemas NoSQL, tales como índices secundarios, un lenguaje completo de búsquedas y consistencia en los datos [42].

El servidor de MongoDB está embebido en nuestro prototipo, de tal modo que tampoco precisa una instalación adicional. Más a favor, el paso de este sistema embebido a un sistema externo y profesional de MongoDB en cluster es, nuevamente, una tarea muy sencilla, totalmente configurable y transparente a nivel de desarrollo.

Modelos de Datos

CDA-XML

La principal estructura de datos de la que se nutre nuestro sistema son los CDA, o entidades de información del paciente. En nuestro prototipo, como indicábamos anteriormente, hemos incluido algunos ejemplos de XML que se cargan automáticamente en el sub-sistema NoSQL una vez arrancado el servidor de aplicaciones, y que emulan una carga batch o una sucesión de altas a través del WS invocado por un cliente.

La estructura de los CDA que hemos creado es bastante sencilla. Si observamos los ficheros, distinguimos los siguientes elementos:

- La raíz del CDA es un **ClinicalDocument**, sobre la que agregamos información de identificación de documento único (**id root**) y fecha de creación (**effectiveTime**).
- A continuación se sitúa la información personal del paciente (**patientRole**) con los datos relativos a su nombre, DNI, edad, residencia, centro médico, etc.
- En tercer lugar, y finalmente, vemos propiamente el cuerpo del CDA, que contiene todas las secciones que hemos definido para nuestro rating (**section**), y los items (**act**) que lo componen, con los códigos de SNOMED-CT, sus descripciones y valoraciones.

Hemos agregado en los CDA información propia del rating, que nada tiene que ver con la que va a enviar, por ejemplo, un centro médico al sistema. Evidentemente, somos conscientes de ello, y del acoplamiento innecesario que se produce, pero lo hemos construido así para mostrar las posibilidades de estos documentos en el prototipo. Su eliminación en una implementación real es trivial y transparente para los clientes.

ESQUEMA DE DATOS SQL

El modelo de datos relacional del sistema de rating se basa exclusivamente en entidades de consulta, ya que no se van a producir actualizaciones en sus registros. En realidad no es un modelo relacional, y se compone de forma íntegra por tablas de sistema, con los juegos de datos necesarios para el arranque y buen funcionamiento del aplicativo. Son las siguientes:

- ALERGIAS
- ANTECEDENTES
- BIOMETRIAS
- HABITOS

- MEDICAMENTOS
- PATOLOGIAS
- PREGUNTAS
- PROFESIONES
- PROVINCIAS
- RESPUESTAS
- TRATAMIENTOS

Prácticamente todas las tablas tienen una estructura de CÓDIGO, DESCRIPCIÓN y VALORACIÓN, salvando la de BIOMETRIAS, que tiene particularidades. La única relación es entre PREGUNTAS y RESPUESTAS para la creación de la encuesta.

ESQUEMA DE DATOS NoSQL

Sobre el esquema de datos de MongoDB hemos creado dos colecciones, que es más o menos el equivalente a tablas en un modelo relacional. Una es para guardar los CDA que llegan al sistema, y otra para los rating que se calculan en función de estos CDA.

En el caso de la entidad **CDA**, se compone de dos propiedades:

- El XML propio del CDA.
- Flag que indica si el CDA ha sido procesado por el cron del rating.

En el caso de la entidad **Rating** se compone de cuatro propiedades:

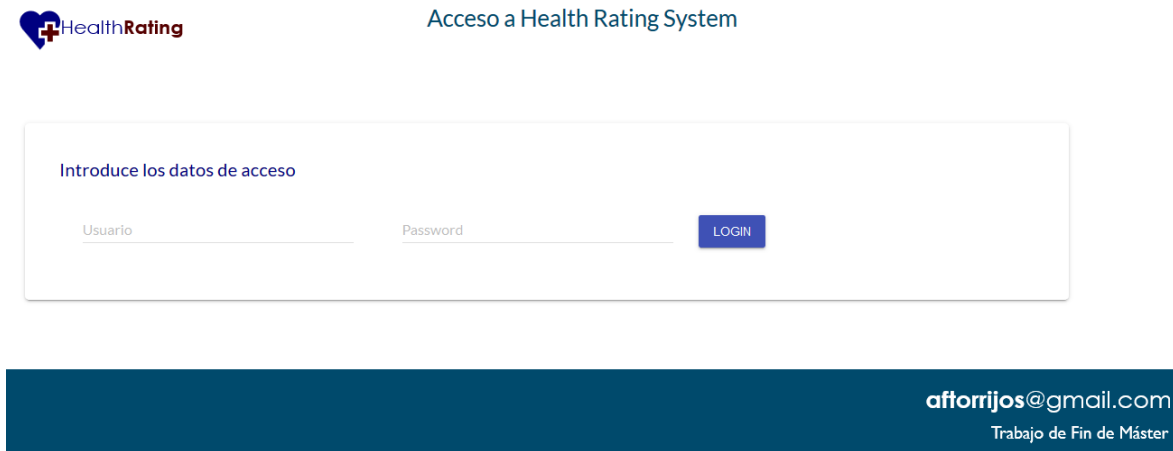
- Valoración numérica del rating.
- Listado de secciones del CDA con valoraciones.
- Flag para saber si existe un rating único o más de uno.
- Riesgos agregados (post-análisis del rating).

Como vemos, no son estructuras típicas SQL, sino entidades mucho más flexibles. Y además agregan una funcionalidad muy cómoda y potente de los sistemas NoSQL, como es la creación de registros múltiples bajo una misma clave. En nuestro caso lo hemos explotado para la obtención de históricos en el rating, de tal manera que podremos observar fácilmente la evolución del mismo de acuerdo con los datos que van llegando de un paciente en sucesivas altas.

Interfaz Gráfica

Para mostrar la funcionalidad completa del sistema, en el prototipo hemos creado un conjunto de páginas web Java (JSP), basada en los principios RIA, que permiten al usuario interactuar, dar de alta pacientes, consultar la evolución de un rating, etc. A continuación las mostramos con una breve descripción de cada una de ellas.

Login



HealthRating

Acceso a Health Rating System

Introduce los datos de acceso

Usuario Password LOGIN

afforrijos@gmail.com
Trabajo de Fin de Máster

Figura 4: Pantalla de Login

Se trata de la página de acceso al sistema, que verifica la identidad del usuario. Como dijimos anteriormente, previamente existe un filtrado por IP, de tal modo que en el prototipo solo podrá accederse desde el localhost.

Existen tres perfiles creados: Administrador (**admin**), Paciente (**paciente**) y Aseguradora (**seguros**), los tres accediendo con la misma contraseña (**healthR**). En función de la autorización, cada cual accederá a la información permitida. En caso de login erróneo, evidentemente, el sistema no permitirá el acceso.

Acciones del Sistema

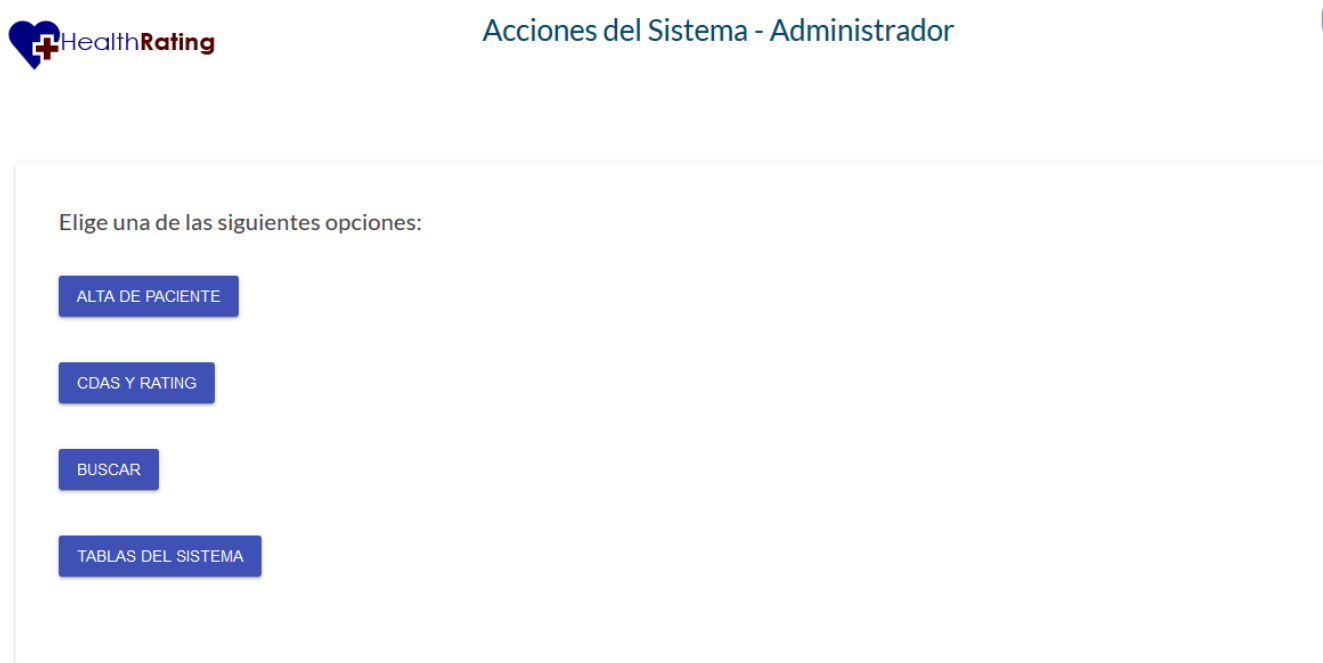


Figura 5: Pantalla de Acciones del Sistema

En este caso, la pantalla muestra las opciones por defecto del administrador, que son todas las del sistema:

- Dar de alta un CDA de paciente.
- Consultar los CDA y Rating existentes.
- Buscar un CDA o un Rating (incluyendo históricos) en concreto, mediante DNI.
- Consultar las tablas del Sistema.

Alta de Paciente



Alta de Paciente en Health Rating



Datos Personales

DNI/NIE Nombre Primer Apellido

Segundo Apellido Fecha de Nacimiento (yyyy-MM-dd)

Sexo
 Hombre
 Mujer

Residencia

Selecciona una Provincia

Ocupación

Selecciona una Profesión

Figura 6 - 1: Pantalla de Alta de Paciente

Esta página web muestra un formulario completo y autovalidado con la posibilidad de crear un CDA a través de todos los datos que se agregan del paciente. Incluye todas las secciones y datos ya descritos del informe de paciente, además de la encuesta.

Durante los últimos doce meses, ¿ha tenido que ingresar en un hospital como paciente al menos durante una noche?

Sí No

¿Cuántas veces ha estado hospitalizado/a en estos últimos doce meses?

Más de 3 veces De 1 a 2 veces Ninguna

¿Cuántas veces ha acudido a los servicios de urgencia en estos últimos doce meses?

Más de 3 veces De 1 a 2 veces Ninguna

Durante los últimos doce meses, ¿ha tenido algún accidente de cualquier tipo, incluido intoxicación o quemadura?

Sí No

¿Toma habitualmente medicamentos sin consultar con su médico/farmacéutico?

Sí No Ocasionalmente

Trabaja o realiza habitualmente tareas en horario nocturno

Sí No Ocasionalmente

ALTA PACIENTE

LIMPIAR

VOLVER

Figura 6 - 2: Pantalla de Alta de Paciente

Listado de CDA y Rating



Listado de CDAs y Rating del Sistema



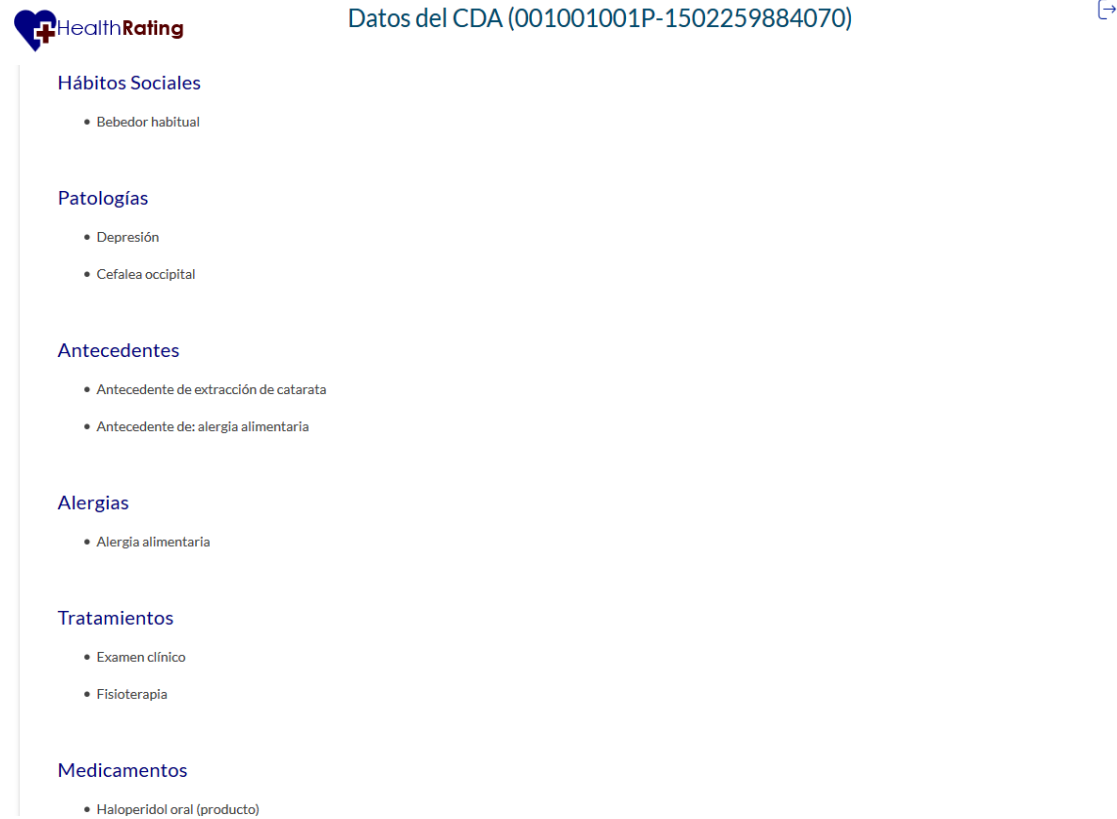
| DNI-CDA_ID | Fecha | Rating |
|--|-----------------------|---------------------------|
| 001001001P-1502259884070 | 2017-07-31 - 20:50:36 | Calculado |
| 123123123S-1502259884070 | 2017-02-20 - 10:00:36 | Calculado |
| 123456789J-1502259884060 | 2017-08-09 - 07:21:15 | Calculado |
| 123456789J-1502259884080 | 2016-11-02 - 15:18:03 | Calculado |
| 123456789J-1502259881111 | 2014-03-15 - 16:40:12 | Calculado |
| 987654321A-1502259884050 | 2017-08-21 - 12:10:53 | Calculado |

VOLVER

Figura 7: Pantalla Listado (CDA y Rating)

En esta interfaz se muestra el listado de todos los CDA dados de alta en el sistema, ordenados por DNI e identificador del CDA y por fecha descendente. Se indica en la columna de Rating si este CDA ha sido calculado, y en caso afirmativo se muestra el link para consultar el Rating Completo.

CDA (Detalle)



HealthRating

Datos del CDA (001001001P-1502259884070)

Hábitos Sociales

- Bebedor habitual

Patologías

- Depresión
- Cefalea occipital

Antecedentes

- Antecedente de extracción de catarata
- Antecedente de: alergia alimentaria

Alergias

- Alergia alimentaria

Tratamientos

- Examen clínico
- Fisioterapia

Medicamentos

- Haloperidol oral (producto)

Figura 8: Pantalla de CDA (Detalle)

Refleja los datos completos de un CDA cargados mediante la pantalla de alta, mediante el job de inicio del sistema, o mediante el uso de un cliente del Web Service creado para tal fin.



Rating Global

A continuación se muestra el Rating Calculado para el paciente con DNI 123456789J. Este porcentaje es el resultado de evaluar cada una de las secciones en que se divide el algoritmo de Rating y restárselas al 100%, que representa la salud total, siendo el 0% la peor evaluación:

7,05 %

Rating por Secciones

A continuación se muestran las secciones que componen el Rating, indicando su título, descripción y el porcentaje (o descuento de Rating -Rating Parcial-) sobre el Rating Global anterior:

Figura 9 - 1: Pantalla de Rating (Detalle)

Es la vista clave de nuestro sistema donde se desengrana los resultados de la evaluación. Primeramente se muestra el Rating Global, o nota de salud del paciente, cuyo color, de verde a rojo, pasando por el amarillo (al modo de un semáforo) denota el carácter positivo o negativo de esta nota. Seguidamente se hace una descripción de cada una de las secciones y de su resultado parcial, anotándose si existe algún factor especial, como una "sobrecarga" de nota en la sección, por acumulación de ítems y penalizaciones, como sucede en la siguiente pantalla con la sección de Patologías, que lleva a una penalización del 47,25%, por encima del 35% inicial establecido para la sección:

Patologías

Información sobre las patologías que tiene el paciente:

- 47,25%
- Sección con penalización excedida

El peso máximo de esta sección en el rating es de 35.0%.

Tratamientos

Información sobre los tratamientos que recibe el paciente:

- 4,5%

El peso máximo de esta sección en el rating es de 6.0%.

Biometrías

Información de hemograma y bioquímica al paciente:

- 1,36%

El peso máximo de esta sección en el rating es de 8.0%.

Encuesta

Encuesta general de salud al paciente:

- 4,87%

El peso máximo de esta sección en el rating es de 8.0%.

Análisis

Análisis comparativo y combinado de riesgos a partir de los resultados del resto de secciones:

- 4%

El peso máximo de esta sección en el rating es de 25.0%.

Figura 9 - 2: Pantalla de Rating (Detalle)



DNI y Tipo de búsqueda

Tipo de búsqueda

CDA

Rating

Figura 10: Pantalla de Buscador

Permite realizar búsquedas en el sistema por el DNI del paciente, eligiendo entre documentos de historia (CDA) o Rating. En el caso del CDA el resultado es un listado como el mostrado anteriormente (Listado de CDA y Rating), mientras que en el caso de Rating nos ofrecerá el histórico o evolución de la salud de la persona en el tiempo, como muestra la siguiente pantalla.

Histórico de Rating



| CDA | Fecha del CDA | Rating | Cambios |
|--|-----------------------|--------|-----------------------------|
| 123456789J-1502259881111 | 2014-03-15 - 16:40:12 | 7.05% | Rating Inicial |
| 123456789J-1502259884080 | 2016-11-02 - 15:18:03 | 48.19% | Ver Cambios |
| 123456789J-1502259884060 | 2017-08-09 - 07:21:15 | 73.01% | Ver Cambios |

[VOLVER](#)

Figura 11: Pantalla de Histórico

Esta vista, resultante de una búsqueda realizada desde la pantalla anterior, nos muestra todos los Rating que han ido calculándose para un paciente en función de los CDA que han ido alimentando el sistema (incluye el link a estos). Están ordenados de manera creciente en el tiempo, de tal modo que podemos observar la evolución de su nota desde el momento inicial hasta el actual. En el caso concreto de este ejemplo, el paciente ha superado patologías graves y abandonado hábitos nocivos, entre otras acciones de salud positivas, de tal modo que su nota ha ido mejorando desde el 7% (en rojo) a más del 70% (en verde claro).

Finalmente, existe un link en la columna de Cambios, para ver los cambios de este rating con respecto al anterior, como vemos a continuación.

Cambios del CDA (y Rating)



Residencia

- [+] Cuenca
- [-] Barcelona

Ocupación

- [+] Empleados en servicios contables, financieros, y de servicios de apoyo a la producción y al transporte
- [-] Conductores de vehículos para el transporte urbano o por carretera

Hábitos Sociales

- Sin cambios

Patologías

- [-] Cáncer

Antecedentes

- Sin cambios

Cambios del CDA



Figura 12: Pantalla de Cambios

Esta página muestra los cambios de un CDA respecto del anterior dado de alta en el sistema. En verde, precedido de un signo + vemos los datos nuevos del paciente, y en rojo aquellos que han desaparecido con la actualización. En este caso concreto, correspondiente al paciente que comentábamos en la sección anterior, ha cambiado de residencia, de ocupación y ha superado un cáncer, factores, que junto con otros que aquí no aparecen, el sistema ha valorado de manera positiva con una mejora de la nota.

Tablas del Sistema



Registros de la Tabla PATOLOGIAS



| Código/SNOMED-CT | Descripción | Valoración |
|------------------|------------------------------|------------|
| 13791008 | Abatimiento | 10.0 |
| 230690007 | ACV | 60.0 |
| 35917007 | Adenocarcinoma | 70.0 |
| 32048006 | Adenoma | 60.0 |
| 191816009 | Adicción a drogas | 40.0 |
| 3716002 | Agrandamiento de la tiroides | 30.0 |
| 56317004 | Alopecia | 5.0 |
| 7011001 | Alucinaciones | 10.0 |
| 90176007 | Amigdalitis | 5.0 |
| 48167000 | Amnesia | 10.0 |
| 271737000 | Anemia | 10.0 |
| 432119003 | Aneurisma | 30.0 |

Figura 13: Pantalla de Tablas del Sistema

Finalmente la aplicación web permite al administrador examinar los registros de las tablas del sistema, en modo exclusivamente de consulta. En este caso concreto vemos los registros de la tabla de Patologías, con el código SNOMED-CT, la descripción de la misma y su valoración dentro del rating sectorial correspondiente.

Conclusiones

Nuestro trabajo durante todo este tiempo se ha centrado en la confección de un sistema concreto de evaluación de la salud, con unas modestas pretensiones de información a pacientes, médicos y empresas aseguradoras. Pero la excusa para su desarrollo no fue otro que el ahondar en la información de origen médico y en el tratamiento que las IT hacen sobre los datos de los servicios de salud existentes.

En el esfuerzo por crear un entorno colaborativo eficiente, basado en estándares, nuevas tecnologías de tratamiento de la información, nomenclaturas ampliamente aceptadas y usadas, seguridad en los procesos y datos, etc. creemos haber demostrado a través de un prototipo, que una solución de evaluación de la salud objetiva es posible.

Sobre el terreno médico hemos sido capaces de conocer el estado del arte de los Sistemas de Información Hospitalaria existentes en nuestro país, siendo conscientes de la necesidad de ahondar en la integración de los mismos y en la creación de sinergias en sus procesos que reviertan en una mejor atención a los pacientes. También hemos descubierto que nuestra propuesta de evaluación ha sido abordada en muy escasas situaciones, motivo que definitivamente nos impulsó a formularla.

En este ámbito también, hemos aprendido la estructuración de los documentos clínicos de la organización HL7 a través de los CDA y CCD (incluso de FHIR, definitivamente no implementado), la increíblemente extensa y concreta nomenclatura sanitaria SNOMED-CT, además de LOINC (descartada también, pero riquísima igualmente).

También hemos explorado, en el plano técnico, el uso de entornos de Big Data a través de repositorios NoSQL, el uso de frameworks autoconfigurables como Spring, y su suite Boot para creación de artefactos standalone. Hemos creado una arquitectura basada en servicios al estilo de muchas aplicaciones SOA, con el apoyo de Web Services y servicios RESTful. Además hemos conseguido crear un entorno seguro para el sistema, a través de un modelo de capas que afectan a los distintos niveles de comunicación y aplicación.

Pero el prototipo que entregamos en este Trabajo de Fin de Máster no es más que un primer paso sobre el que continuar un camino de análisis y explotación de la información médica. Su implementación en un sistema real es completamente factible y apenas exigiría esfuerzo de cambio en la configuración del software, como ya apuntábamos.

Entendemos perfectamente que lo que hemos propuesto es un OUTPUT, pero que exige de un INPUT que no hemos abordado, por lo extensísimo y heterogéneo del contexto actual. El sistema parte de la premisa de la existencia de una información estructurada y normalizada, difícilmente encontrada en la realidad, pero que se antoja valiosa y necesaria en una época marcada en las TIC por el tratamiento masivo de información.

Hablando claro, es preciso que los sistemas clínicos abandonen definitivamente el papel para llegar a la información digital plena. Es imprescindible eliminar duplicidades, evitar pérdida de información crítica, adoptar procesos de actualización continua de los

registros de los pacientes y crear marcos de trabajo cómodos y eficientes a los profesionales médicos, que en multitud de ocasiones emplean su valiosísimo tiempo en procesos inútiles que nada tienen que ver con su trabajo real.

El reto es ineludible. La tecnología médica avanza en una dirección sin vuelta atrás, donde el Machine Learning, el Data Mining, la Ciencia de Datos, la Inteligencia Artificial, la Internet de las Cosas, etc. son áreas que empujan los sistemas hacia la innovación [43]. Los servicios de salud, públicos y privados, deberán adoptar, mejor antes que después, una actitud de cambio, orientada a la calidad de los procesos, en un ciclo de mejora continua.

En el ámbito de las aseguradoras y mutuas de salud, aunque nos parece menos relevante que el anterior, se hace también deseable el establecimiento de criterios transparentes y objetivos que justifiquen la clasificación de sus clientes, su evaluación frente a la firma de pólizas y servicios ofertados.

En último término, los pacientes, que lo somos todos, tenemos derecho a una información médica completa, clara y unívoca, fácilmente accesible, que nada tiene que ver con el malentendido auto-diagnóstico o la nefasta auto-medicación, sino más bien con la responsabilidad que tenemos para el cuidado de nuestro bien más preciado, que no es otro que la salud.

Como usuarios de seguros, además, de difícil regate en muchas circunstancias, podemos ser capaces de defender nuestros derechos de una mejor manera, con un criterio objetivo aceptado y revisable por todas las instancias implicadas.

Con todo, este TFM nos ha supuesto un auténtico esfuerzo de investigación e implementación, a todas luces gratificante, por el conocimiento adquirido, y por las hipótesis de futuro y líneas de trabajo que se nos plantean en sucesivas versiones, como la creación de un rating predictivo, en función de la evolución en la salud de un paciente, la posibilidad del envío de mensajes (de alerta médica, o de cambio en el rating de un asegurado), la inclusión de un ESB para la comunicación con otros sistemas, la exportación de informes gráficos en formato PDF y Excel, la aplicación de minería de datos y análisis estadístico para el descubrimiento de patrones patológicos, etc.

En todo caso, esperamos que tanto la lectura de este documento, como la explotación del prototipo entregado, les haya resultado también una experiencia satisfactoria.

Referencias y Recursos

1. *Sistema de Información Sanitaria del Sistema Nacional de Salud, 2014*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Gobierno de España
2. *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. Ovidiu Vermesan y Peter Friess (Editorial River Publishers, 2013)
3. *Consult@Web*:
http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_Actualidad_FA&cid=1354402970881&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura
<http://www.espormadrid.es/2015/01/consulta-web-para-los-profesionales-del.html>
http://www.crg.eu/sites/default/files/crg_media/323368.PDF
4. *CPD de Valdecilla*:
<http://www.20minutos.es/noticia/2408644/0/valdecilla-tendra-mayo-nuevo-cerebro-informatico-tras-inversion-8-millones>
5. *Características de los Proyectos de Inteligencia de Negocio*. José Ramón Rodríguez (Universitat Oberta de Catalunya, 2017)
6. *¿Qué está cambiando en la selección de riesgos de los seguros personales?*. Ana Luisa Villanueva (Revista Trébol (Mapfre), Nº 59, 2011)
7. *Conferencia Mundial de la Salud 2017* (Berlín, Alemania):
<https://www.worldhealthsummit.org/whs-2017/program.html>
8. *Computer-based Health Evaluation System (CHES)*:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3529695/>
<https://ches.pro/index.php/products/ches>
9. *Healix Risk Rating (Black Box)*
<http://www.healix.com/services/medical-underwriting-tools/travel-black-box/>
<http://healix-spain.com/servicios/herramientas-de-evaluacion-de-riesgo-medico/>
10. *Encuesta Nacional de Salud 2011-2012 del Instituto Nacional de Estadística para el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales y Sanidad de España*:
<https://www.mssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2011.htm>
11. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. Séptima Edición. Roger S. Pressman (Editorial McGraw-Hill, 2011)
12. *Los 9 estándares clave en informática sanitaria*:
<https://www.caduceus.es/blog/2014/01/los-9-estandares-clave-en-informatica-sanitaria-ii-terminologia-y-vocabularios-controlados/>

13. *HL7 y sus estándares:*
<https://es.wikipedia.org/wiki/HL7>
14. *Buscador de Hechos Clínicos de SNOMED-CT:*
<http://browser.ihtsdotools.org/>
15. *Buscador de Hechos Clínicos de la OMS (ICD-10):*
<http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en>
16. *Sistema LOINC de Resultados Clínicos*
<https://loinc.org/>
<https://loinc.org/international/spanish/>
17. *GNC- Base de Datos del Grupo de Nomenclatura y Codificación de Pruebas Clínicas de la Junta de Andalucía:*
<http://www.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hrs3/gnc/bbdddesign.html>
18. *Sistemas de Codificación de Medicamentos (Colombia y Estados Unidos):*
<https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/C-DIGO-NICO-DE-MEDICAMENTOS-VIGENTES/i7cb-raxc/data>
<https://www.fda.gov/drugs/informationondrugs/ucm142438.htm>
19. *Diferencias entre CDA, CCR, CCD y CCDA:*
<https://www.qvera.com/kb/index.php/484/what-are-the-differences-between-cda-ccr-ccd-ccda>
<http://motorcycleguy.blogspot.com.es/p/moving-on-from-c32-to-ccda.html>
20. *Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (ISO27000):*
http://www.iso27000.es/download/doc_sgsi_all.pdf
21. *Agencia Española de Protección de Datos (Datos Especialmente Protegidos):*
http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/informes_juridicos/datos_esp_protegidos/index-ides-idphp.php
22. *Guía Básica para el Cumplimiento de la LOPD en el Sector Sanitario:*
https://www.delorenzoabogados.es/docs/guia_sec_san.pdf
<https://ayudaleyprotecciondatos.es/2016/04/24/datos-sanitarios-seguridad/>
23. *Indicadores Clave del Sistema Nacional de Salud (SNS):*
<http://inclasns.msssi.es>
24. *Los 27 trabajos más peligrosos, en The Independent, según el Departamento de Trabajo de Estados Unidos:*
<http://www.t13.cl/noticia/tendencias/cuales-son-profesiones-mas-peligrosas>
25. *Países Más Sanos del Mundo según Bloomberg:*
https://www.kelownanow.com/news/news/National_News/17/03/20/2017_healthiest_country_index/

26. *Gasto Farmacéutico en el Mundo según la OECD:*
<https://data.oecd.org/healthres/pharmaceutical-spending.htm>
27. *Fármacos y Envejecimiento:*
<http://www.msmanuals.com/es-es/hogar/salud-de-las-personas-de-edad-avanzada/f%C3%A1rmacos-y-envejecimiento/f%C3%A1rmacos-y-envejecimiento>
28. *Core Java Volume 1 - Fundamentals.* Cay S. Hortsman (Prentice Hall, 2015)
29. *Nuevas Funcionalidades de Java 8:*
<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/8-whats-new-2157071.html>
30. *Spring Framework:*
<https://projects.spring.io/spring-framework/>
31. *Spring Boot:*
<https://projects.spring.io/spring-boot/>
32. *Hibernate:*
<http://hibernate.org/orm/>
33. *JAXB:*
<http://www.oracle.com/technetwork/articles/javase/index-140168.html>
34. *GSON:*
<https://github.com/google/gson>
35. *BSON:*
<https://en.wikipedia.org/wiki/BSON>
36. *Model Driven Health Tools:*
<https://projects.eclipse.org/projects/modeling.mdht>
<http://cdatools.org/>
<https://github.com/mdht>
37. *Otras APIs para CDA:*
<http://jeverest.codeplex.com/>
<http://hl7api.sourceforge.net/>
<http://coderpanda.blogspot.com.es/2014/01/open-source-apis-for-ccda-generation.html>
38. *JUnit:*
<http://junit.org/junit4/>
39. *Apache Maven:*
<https://maven.apache.org/>

40. *Apache Tomcat:*

<http://tomcat.apache.org/>

41. *H2 Database:*

<http://www.h2database.com/html/main.html>

42. *MongoDB in Action*. K. Banker (Editorial Manning, 2011)

43. *Advances in Information Technology and Communication in Health*. McDaniel, J.G (IOS Press, 2009)

Glosario de Términos

- **ACID** - Atomicity, Consistency, Isolation and Durability
- **AI** - Artificial Intelligence
- **AOP** - Aspect Oriented Programming
- **CCD** - Continuity of Care Document
- **CCDA** - Consolidated Clinical Document Architecture
- **CDA** - Clinical Document Architecture
- **CCR** - Continuity of Care Record
- **CPD** - Centro de Proceso de Datos
- **CSS** - Cascading Style Sheets
- **DICOM** - Digital Imaging and Communications in Medicine
- **DM** - Data Mining
- **DNS** - Domain Name System
- **ESB** - Enterprise Service Bus
- **EMR/EHR** - Electronic Medical/Health Record
- **ETL** - Extraction, Transformation and Load
- **FHIR** - Fast Healthcare Interoperability Resources
- **GUI** - Graphical User Interface
- **HL7** - Health Level 7
- **HIS** - Health Information System
- **ICD** - International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
- **IHE** - Integrating the Healthcare Enterprise
- **IMC** - Índice de Masa Corporal
- **IOC** - Inversion Of Control
- **ISP** - Internet Service Provider
- **IOT** - Internet Of Things
- **ISMS** - Information Security Management System
- **JAR** - Java Archive
- **JAXB** - Java Architecture for XML Binding
- **JDBC** - Java DataBase Connectivity
- **JMS** - Java Messaging Service
- **JMX** - Java Management Extensions
- **JNDI** - Java Naming and Directory Interface
- **JRE** - Java Runtime Environment
- **JSON** - JavaScript Object Notation
- **JVM** - Java Virtual Machine
- **KISS** - Keep It Simple -Stupid!-
- **LIS** - Laboratory Information System
- **LOINC** - Logical Observation Identifiers Names and Codes
- **ML** - Machine Learning
- **MML** - Medical Markup Language
- **MVC** - Model-View-Controller
- **OECD** - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- **OMS** - Organización Mundial de la Salud

- **OOP** - Object Oriented Programming
- **ORM** - Object-Relational Mapping
- **OSI** - Open System Interconnection
- **PACS** - Picture Archiving and Communication System
- **PRO** – Patient Related Outcome
- **REST** - Representational State Transfer
- **RIA** - Rich Internet Application
- **RIM** - Reference Information Model
- **RIS** - Radiology Information System
- **SAI** - Sistema de Alimentación Ininterrumpida
- **SGBDR** - Sistema Gestor de Base de Datos Relacionales
- **SIS** - Sistema de Información Sanitaria
- **SNOMED-CT** - Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms
- **SNS** - Sistema Nacional de Salud
- **SSL** - Secure Sockets Layer
- **SOA** - Service Oriented Architecture
- **SOAP** - Simple Object Access Protocol
- **TLS** - Transfer Layer Security
- **VPN** - Virtual Private Network
- **W3C** - World Wide Web Consortium
- **WAR** - Web Application Archive
- **WHS** – World Health Summit
- **WS** - Web Service
- **WSDL** - Web Service Definition Language
- **XP** - Extreme Programming

Anexo I: Configuración y Ejecución del Prototipo

Con este documento y como complemento a este Trabajo de Fin de Máster, entregamos un prototipo ejecutable de la aplicación (**health-rating.war**), que para poder usarse es necesario cumplir unos determinados requisitos en el sistema y efectuar algunas acciones previas, como vemos brevemente a continuación.

Requisitos del Sistema

Al ser Java, a través de su JVM, un lenguaje multiplataforma, el WAR que entregamos puede ejecutarse (siempre en teoría, ya que existen excepciones) sobre cualquier sistema operativo de tipo Microsoft (Windows) o UNIX (cualquier distribución de Linux, como Ubuntu o RedHat). Es importante que para evitar bloqueos de servicios necesarios en el software (como el proceso de MongoBD) deshabilitemos el servicio de cortafuegos de nuestro sistema si lo tenemos activo, o agreguemos las excepciones de seguridad que tienen que ver con procesos autorizados que lanza el WAR.

Por tanto, necesitaremos el Runtime Environment (JRE SE -Standar Edition-) de la versión 1.8 en adelante. Recomendamos, como hace Oracle, fundamentalmente por motivos de seguridad, utilizar siempre la última versión estable de este entorno, instalándola y configurándola de acuerdo con sus indicaciones:

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jre8-downloads-2133155.html>

El aplicativo se sustenta en el uso de Spring-Boot, cuyo arranque de servicios (AppServer, Base de Datos, NoSQL, crons, etc.) exige, al menos de 8 Gb de RAM y un procesador multihilo y multinúcleo del tipo Intel Core i5 ó i7 de al menos 2 Ghz de velocidad. Respecto al disco duro, el entregable no pesa más de 80 Mb, por lo que los requisitos son minimos en este sentido. Tan sólo va a generarse un log de aplicación en la carpeta de ejecución del mismo, que está a un nivel elevado, luego no va a suponer una escritura comprometida de disco.

Como navegador, igualmente, podremos elegir el que más nos satisfaga, si bien recomendamos Mozilla Firefox y Google Chrome, por encima de Microsoft Internet Explorer, que en la navegación por páginas de intranet y locales (localhost) podría tener algún problema al bloquear estilos y scripts que considera por defecto peligrosos (y no lo son, obviamente).

En nuestro caso concreto, por ejemplo, para el desarrollo del software y ejecución de test del sistema, hemos empleado un Sistema Operativo Microsoft Windows 10 con 12 Gb de RAM y procesador Intel Core i7 de 3,1 Ghz. La performance del sistema en este entorno ha sido perfecta en todo momento.

Configuración

Los requisitos de configuración del ejecutable, dado la propia autoconfiguración del artefacto de Spring-Boot, son bastante sencillos, de hecho se reducen a uno solo, pero es necesario tenerlo en cuenta para su correcto funcionamiento:

- Creación de una variable de sistema con nombre **HR_HOME**, que apunta al directorio donde hemos situado el ejecutable. Dependiendo de cada OS la crearemos de un modo u otro, que en todos casos son triviales.

Ejecución

Para la ejecución del aplicativo, una vez seguidos los pasos anteriores, simplemente abriremos una consola del sistema y tras navegar hasta el directorio del WAR ejecutaremos la siguiente orden:

```
java -jar health-rating.war
```

Con ello lanzará el iniciador de la aplicación, y veremos en el logging que se van levantando todos los servicios, se cargan las tablas del sistema, los CDA, se lanza el cron del Rating, etc. hasta que finalmente el sistema queda completamente levantado:

```
Started WebSecurityConfig in 57.17 seconds (JVM running for 59.554)
```

Una vez observemos esta última línea indicándonos que el sistema está listo, podremos acceder a la pantalla de login a través de nuestro navegador web, tecleando la siguiente dirección:

<https://localhost:8443>

La primera vez que accedamos al sistema, y como sucede siempre con los certificados de seguridad auto-validados, el navegador nos mostrará un aviso informándonos de que este no es válido, ya que no está autorizado por una CA. Para que nos permita acceder a la pantalla de login, simplemente deberemos agregar esta excepción confirmando que sí confiamos en su autenticidad.

SERVICIOS WEB Y RESTFUL

Al margen de la navegación a través de páginas web, el usuario administrador puede ejecutar el servicio web de alta de CDA y además los servicios RESTful de consulta de CDA y de Rating. Vemos cómo hacerlo:

- **WS Alta CDA.** Es un servicio publicado en la siguiente URL:

<https://localhost:8443/ws/cda.wsdl>

Podemos invocarlo desde cualquier cliente SOAP, como ReadyApi de SmartBear, simplemente siguiendo las reglas del descriptor de servicio (WSDL). Es importante tener en cuenta que la seguridad agregada mediante cabeceras SOAP obliga al uso de éstas, es decir, a la validación de usuario y contraseña, y a la creación de la llamada dentro de un tiempo menor de 60 segundos, para que no expire, por ello algunas herramientas típicas como SOAP-UI podrían no generar la llamada correcta. Existe un ejemplo de request de este WS en la carpeta del proyecto **SRC>MAIN>RESOURCES>WSDL**.

- **Servicio RESTful de CDA.** Permite la consulta de un CDA vía llamada HTTP-GET obteniendo una estructura de datos planos en formato JSON. Se invoca a través de la siguiente URL de ejemplo:

<https://localhost:8443/cda-ws?cdaldRoot=123456789J-1502259884080>

- **Servicio RESTful de Rating.** Permite la consulta de un Rating vía llamada HTTP-GET obteniendo una estructura de datos planos en formato JSON. Se invoca a través de la siguiente URL de ejemplo:

<https://localhost:8443/rating-ws?cdaldRoot=123123123S-1502259884070>

En ambos casos, el parámetro **cdaldRoot** es el identificador del CDA.

En el caso del WS-SOAP, la validación de usuario se realiza, como comentábamos, a través de las cabeceras de seguridad de la request en cada petición. En el caso de los servicios RESTful, es preciso obtener el token de seguridad del usuario de la cabecera HTTP, haciendo antes login en el sistema, y quedando registrada en la sesión.