

Arquitectura Telemática para la Detección Precoz de Trastornos del Lenguaje

Martín-Ruiz, M.L.¹, Valero Duboy, M.A.¹, Torcal Loriente, C.², Martín Uría, J.¹, Peñafiel Puerto, M.²

¹Departamento de Ingeniería y Arquitecturas Telemáticas
EUIT de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Carretera de Valencia, km. 7, 28031, Madrid

²Colegio Legamar
Ctra. Leganés-Fuenlabrada Km. 1,5. 28914 Leganés – Madrid

{marisam,mavalero@diatel.upm.es, infantiluno@colegiolegamar.es, javier.martin.uria@alumnos.upm.es, direccion@colegiolegamar.es}

Resumen- La investigación y desarrollo de sistemas telemáticos en e-salud se ha limitado típicamente al despliegue de soluciones centradas en el acceso a la historia clínica electrónica. El presente trabajo aborda la complejidad de diseñar un servicio telemático capaz de ayudar al pediatra de atención primaria en el proceso de decidir si derivar o no a atención especializada a un niño de hasta seis años con posibles trastornos del lenguaje. Con esta finalidad, se ha construido una ontología a partir del análisis sistemático de 21 casos de niños ya diagnosticados y se ha desarrollado una plataforma web que facilita al pediatra su labor de detección precoz. Asimismo, se ha implementado una plataforma web para el especialista que permite validar la efectividad del sistema construido. El proceso de evaluación se ha completado con 21 casos de niños, diferentes de los 21 originales y extendiéndose a 160 niños de una escuela infantil.

Palabras Clave- web semántica, gestión del conocimiento, atención temprana, e-salud, servicios telemáticos

I. INTRODUCCIÓN

La medicina es una disciplina tradicionalmente pionera en la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación. Shortlife ya describe a mediados de los 70 una experiencia documentada de aplicación de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) en un sistema de información en el contexto de una consulta médica [1].

La gestión eficiente de información en el ámbito sanitario es una tarea compleja que puede facilitar considerablemente el seguimiento adecuado del paciente. Los pediatras que trabajan en el Sistema de Salud español son médicos de Atención Primaria (AP) que desempeñan su actividad asistencial en centros de salud donde se atiende a la población infantil entre 0 y 14 años.

El seguimiento del desarrollo neuroevolutivo del niño es tarea del Pediatra de AP (PAP), el cual adolece del tiempo y conocimiento necesario para la detección precoz de los trastornos del desarrollo. Este contexto problemático provoca que la detección de dichos trastornos sea inferior a su prevalencia real y plantea la necesidad de una solución para la identificación temprana de dicha población de riesgo [2,3]. El empleo de las tecnologías de la Web Semántica puede facilitar al PAP la difícil tarea de gestionar la información y conocimiento requerido para el seguimiento del niño.

Los procedimientos médicos existentes para la detección de trastornos neurológicos en la infancia son de difícil aplicación en la consulta del PAP [4-6]. Sin embargo, tanto la Organización Mundial de la Salud como Unicef enfatizan en la necesidad de emplearlos para una atención a la población infantil [7].

Múltiples trabajos inciden en la necesidad de la detección temprana de los trastornos neurológicos así como en la importancia del desarrollo del lenguaje como precursor de este tipo de patologías [8-11]. La Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia del Instituto Nacional de Estadística (INE) de 2008 refleja cómo casi un 17% de los niños que necesitan recibir un tratamiento de Atención Temprana (AT) en España no lo reciben. Esta situación manifiesta la importancia de construir sistemas de información que faciliten estas actuaciones. Dicha encuesta recoge el número de niños con limitación por grupo de deficiencia (Tablas I y II), y muestra que las deficiencias del lenguaje, ocupan el segundo lugar entre las más comunes, afectando a un mayor número de varones (27,06%).

El conjunto de patologías o alteraciones en el desarrollo, abordables mediante una solución telemática como la descrita en esta investigación, es muy amplio y heterogéneo.

Dicha complejidad sugiere centrarse en primer lugar en los trastornos del lenguaje, puesto que además son típicamente los primeros síntomas que un niño presenta en relación con un posible trastorno del desarrollo [12].

Tabla I
NIÑOS/AS CON ALGUNA LIMITACIÓN POR GRUPO DE DEFICIENCIA
(EN MILES DE NIÑOS)

	Total
Total	60,4
Deficiencias mentales	14,1
Deficiencias visuales	1,5
Deficiencias de oído	5,2
Deficiencias del lenguaje, habla y voz	12,3
Deficiencias osteoarticulares	5,5
Deficiencias del sistema nervioso	9,6
Deficiencias viscerales	11
Otras deficiencias	2,8
No consta	4,6

Tabla II
PORCENTAJE DE NIÑOS/AS CON LIMITACIÓN SEGÚN SU GRUPO DE DEFICIENCIA Y SEXO

	Ambos sexos	Varones	Mujeres
Total	100	100	100
Deficiencias mentales	25,24	25,14	25,38
Deficiencias visuales	2,6	2,7	2,46
Deficiencias de oído	9,32	8,37	10,67
Deficiencias del lenguaje, habla y voz	22,12	27,06	15,04
Deficiencias osteoarticulares	9,86	12,21	6,5
Deficiencias del sistema nervioso	17,22	13,83	22,08
Deficiencias viscerales	19,72	17,77	22,5
Otras deficiencias	5,09	6,27	3,39

La arquitectura telemática para e-salud, objeto de esta investigación, ha de facilitar la provisión de un servicio que permita al PAP identificar precozmente posibles trastornos del lenguaje en rutina clínica. Gracias a dicho sistema, el PAP podrá decidir de forma más eficiente si conviene adelantar la siguiente visita del niño, o bien, proceder a su derivación al especialista que corresponda, ya sea un neuropediatra, rehabilitador, logopeda o equipo de atención temprana.

Actualmente, los sistemas telemáticos existentes en los servicios de e-salud se centran exclusivamente en el almacenamiento y acceso a información de la historia clínica electrónica, pero no en el apoyo a la toma de decisiones clínicas, objeto del trabajo de investigación presentado. Asimismo, dichos sistemas apenas han empezado a permitir compartir información sobre procesos de derivación y posible diagnóstico. El sistema descrito incorpora, en resumen, tres características diferenciales: (1) Apoyo a la toma de decisiones en procesos compartidos entre profesionales, en este caso pediatra y especialista (neuropediatra, rehabilitador, logopeda o equipo de atención temprana); (2) Construcción de la base de conocimiento no sólo basada en tests o protocolos de desarrollo sino también en el histórico revisado por expertos de más de 40 casos recogidos a lo largo de más de 10 años de ejercicio; (3) Desarrollo abierto, usando tecnologías telemáticas que facilitan su integración e interacción con otros sistemas de e-salud, públicos o privados.

II. METODOLOGÍAS EMPLEADAS

La obtención del conocimiento necesario para la creación de la ontología es un aspecto crítico en esta investigación, puesto que condiciona su utilización efectiva en AP.

El proceso de Adquisición de Conocimiento (AC) es fundamental para la creación de la arquitectura telemática descrita puesto que determina las bases para la provisión de un servicio efectivo. La metodología empleada para la AC requiere contemplar tanto la definición de los conocimientos a sistematizar como la conceptualización y formalización de la información recopilada de las fuentes humanas y materiales. Por este motivo, se han analizado en primer lugar las metodologías de mayor interés para extraer el conocimiento necesario, comparando GROVER, CommonKADS (CK), Methontology e IDEAL. Tras este estudio se decidió emplear una combinación de CK y Methontology por su mayor potencial de aplicación en ciertas fases del proceso de construcción de un Sistema Experto (SE) como el requerido para el desarrollo de la presente investigación. Se detalla a continuación la justificación de dicha elección:

(a) CommonKADS es una metodología de Ingeniería de Conocimiento (IC) que tiene como fines el diseño y desarrollo de un SE a partir del conocimiento extraído de expertos

humanos en un área determinada, y la codificación de dicho conocimiento de manera que pueda ser procesada por un sistema [13].

(b) Methontology es una metodología orientada a la implementación de una ontología en la actividad de conceptualización [14]. Methontology define un conjunto de tareas que permiten pasar de la especificación informal del dominio de aplicación de la ontología a la especificación semi-formal del dominio a través de representaciones intermedias a modo de tablas donde se define cada uno de los conceptos del sistema.

El equipo de expertos, del ámbito sanitario, que ha participado en la construcción de la ontología, está compuesto por:

- Dos PAP.
- Un neonatólogo experto en trastornos del desarrollo y discapacidad infantil, jefe del servicio de neonatología del Hospital Clínico San Carlos de Madrid.
- Una neuropediatra que trabaja actualmente en el hospital Quirón de Madrid.
- Dos expertas en Trastornos Específicos del Lenguaje (TEL) terapeutas del Centro de Intervención del Lenguaje (CIL) de Universidad de La Salle (Madrid).

En el proceso de validación de la ontología están participando también las terapeutas en las etapas 0-3 y 4-6 del colegio Legamar de Leganés (Madrid).

Los procesos de adquisición y formalización se han desarrollado a partir de la información recogida en reuniones abiertas y estructuradas con el equipo de expertos.

El proceso de educación del conocimiento experto se apoyó en el uso de técnicas complementarias tales como formularios, encuestas y entrevistas diseñadas en función de los objetivos que se desea cubrir con el sistema inteligente para el apoyo al PAP en el contexto del sistema de salud público.

El presente artículo presenta la interconexión de la ontología desarrollada y presentada en IEEE 12th International Conference on BioInformatics and BioEngineering [15] con el servicio web telemático proporcionado por el sistema de e-salud construido y que actualmente está siendo validado por las terapeutas del colegio Legamar, se tiene previsto que el sistema sea validado por PAP en entornos reales a finales de este año.

III. ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis del sistema resultante se ha elaborado utilizando UML (Unified Modelling Language) por lo cual se presenta en la Fig. 1 el diagrama de casos de uso referente al proceso de *Evaluación del Lenguaje del niño*. El actor que interactúa con el sistema en este caso de uso es el PAP, responsable del seguimiento del desarrollo normal del niño. Las tareas asociadas al caso de uso "Evaluación del Lenguaje" comienzan por la selección del paciente con el que trabajar a partir de lo que se ha denominado "datos generales". Estos datos permitirán identificar al niño y al mismo tiempo asegurar la privacidad en el acceso a sus datos generando un código único para cada niño a partir de dicha información.

Los datos generales que se solicita a los padres para la realización de las evaluaciones son: sexo del niño, iniciales del nombre del niño, fecha de nacimiento y semanas de gestación.

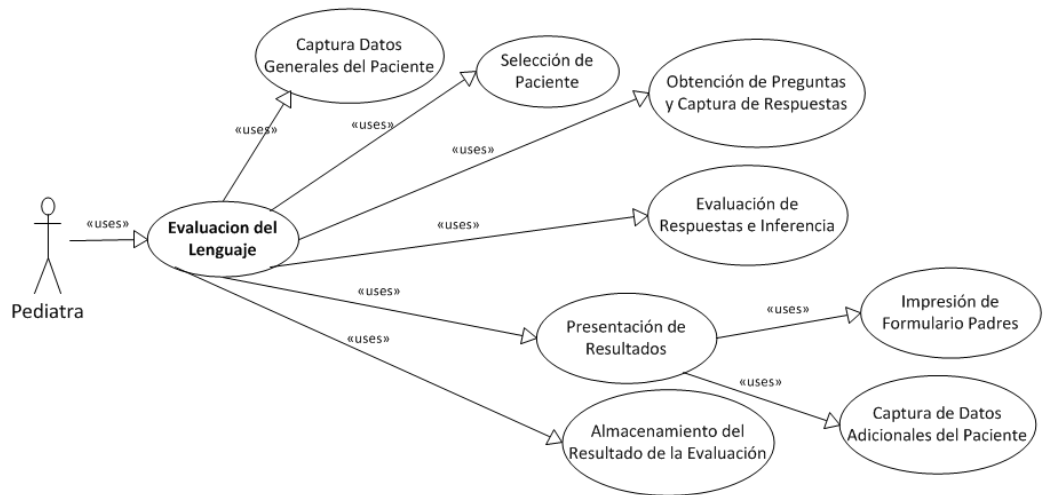


Fig. 1. Diagrama de casos de uso del proceso de Evaluación del Lenguaje.

El conocimiento por parte del sistema de la fecha de nacimiento del niño y de sus semanas de gestación permite calcular su edad en meses que servirá para obtener las preguntas necesarias para la posible detección precoz de trastornos del lenguaje considerando la etapa actual de desarrollo esperado del niño. El sistema valorará, a partir de las respuestas introducidas y su base de conocimiento, si el desarrollo del niño es normal o, por el contrario, inferirá qué acciones debe recomendar el pediatra para el adecuado tratamiento de un posible trastorno.

Las acciones que el sistema puede sugerir al pediatra para la toma de decisión pueden ser: fijar una próxima visita en 1-3 meses con objeto de volver a realizar el proceso de evaluación del lenguaje, o bien, proponer la derivación al especialista correspondiente.

La Fig. 2 muestra el diagrama de casos de uso que describe las funciones de *consultar las evaluaciones del lenguaje realizadas* y *valorar las decisiones propuestas por el sistema*. En dicha figura puede observarse que los actores son el PAP y un especialista que puede ser un neuropediatra, logopedas o profesional de la Atención Temprana. Esto significa que cualquier usuario autorizado del sistema podrá consultar y valorar las evaluaciones realizadas por los pediatras.

Las actividades de la consulta de resultados comienzan de forma análoga a la evaluación del lenguaje: se solicitan los datos necesarios para localizar al paciente en cuestión.

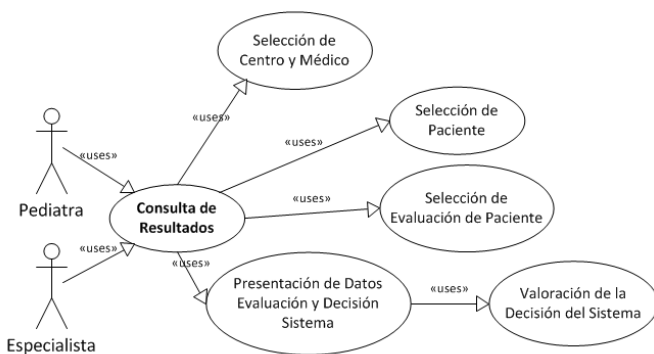


Fig. 2. Diagrama de casos de uso del proceso de Consulta de Resultados.

Posteriormente se obtiene su evaluación o evaluaciones para presentar los datos de las mismas.

Finalmente, el sistema permite que cada usuario que consulta una evaluación pueda valorar la decisión propuesta por el sistema. Esta valoración tiene el propósito de que en un futuro el propio sistema aprenda de lo acertado o no de sus decisiones.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA

La arquitectura del sistema resultante ha de facilitar la interacción dinámica entre los actores implicados, las plataformas distribuidas de gestión fiable de la información, los modelos de razonamiento y los procesos de actuación acordes con el modelo sanitario en el que se ubica.

La Fig. 3 resume esta interacción que se explica con mayor detalle a continuación:

Paso 1. El niño acude al pediatra de familia acompañado de un miembro de su familia.

Paso 2. El pediatra de AP decide utilizar el sistema desarrollado para evaluar si existe algún trastorno del lenguaje en el niño, en cuyo caso se realizará la derivación precoz al especialista correspondiente o bien se adelantará la próxima visita del niño con objeto de realizar una nueva evaluación. El pediatra interactúa con el sistema realizando la introducción de información correspondiente.

Paso 3. El sistema devuelve el resultado al pediatra.

Existen dos posibilidades:

- El resultado es que todo es normal en cuyo caso el

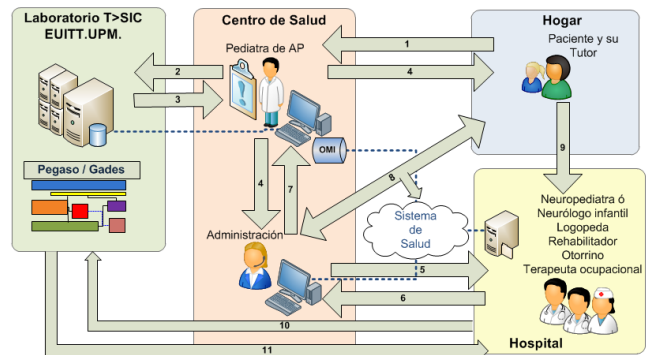


Fig. 3. Arquitectura del sistema.

niño vuelve a su casa sin modificar el curso normal de visitas al pediatra.

- El resultado modifica el calendario de visitas del niño al pediatra, o bien hay que derivar al especialista pertinente del hospital correspondiente.

Paso 4 y 5. Se realiza la petición de cita con el especialista correspondiente del hospital.

Paso 6. Se recibe respuesta a la petición de cita con el hospital.

Paso 7. Los datos de la cita con el especialista los recibe el pediatra.

Paso 8. Los datos de la cita llegan al niño y a su familia.

Paso 9. El niño acude al especialista correspondiente.

Paso 10 y 11. El especialista quiere consultar la respuesta que el sistema produjo para el caso de estudio correspondiente.

V. APRENDIZAJE SUPERVISADO EN ATENCIÓN PRIMARIA

El sistema de detección implementado facilita la detección precoz de trastornos del desarrollo a partir de patrones de razonamiento generados incrementalmente en función del conocimiento existente, formulado científicamente mediante protocolos de desarrollo y organizado experimentalmente en la información clínica recogida por una base de casos suficientemente significativa para el espacio muestral de trastornos del lenguaje conocidos. La metodología de aprendizaje utilizada actualmente se basa en la verificación sistemática del correcto funcionamiento del sistema por parte de pares de expertos atendiendo a la diversidad de casos validados. Para ello, se ha desarrollado un módulo de validación que permite el aprendizaje supervisado acerca de los casos resueltos satisfactoriamente o no, ofreciendo así realimentación sobre la efectividad del mismo en su apoyo al PAP. El módulo desarrollado se complementa con un módulo futuro, actualmente en fase de diseño, que facilitará la toma de decisiones para un aprendizaje semiautomático y supervisado que permita a los profesionales, que utilizan el sistema, realizar propuestas de adaptación de la base de conocimiento o al propio sistema ante la detección de falsos positivos y verdaderos negativos.

VI. DESARROLLO DE LA PLATAFORMA

La construcción de la ontología, según Methontology, requirió categorizar las preguntas que el pediatra debe comprobar según los meses de edad del niño en el momento de la evaluación.

En la tarea de formalización de la ontología se ha empleado Protégé como herramienta para crear la ontología y el motor de inferencias necesario para el apoyo a la toma de decisiones.

La construcción de la ontología en Protégé se ha realizado creando una jerarquía de clases para los 6 primeros años la cual incluye una subjerarquía de clases por cada mes al que correspondan las preguntas que el pediatra debe comprobar.

La jerarquía de clases contenida en AvanceSL, dentro de cada mes, incluye como clases las preguntas correspondientes a ese mes, según muestra la Fig. 4 para los meses 2 y 3 del primer año.

Las preguntas a realizar para cada mes son clases que tienen como clase padre el mes al que corresponden las preguntas.

La definición de relaciones binarias establecidas entre clases de la ontología resultante sustentará el proceso de razonamiento del sistema mediante axiomas del tipo: Si el niño tiene 2 meses y existe una respuesta negativa a la pregunta “Emite OOOAAH” o “Chilla para interaccionar”, el sistema debe proponer: “Fijar una próxima visita en 3 meses”.



Fig. 4. Clases en Protégé para los meses 2 y 3.

La Fig. 5 muestra el código OWL correspondiente para las clases del mes dos.

```
<owl:Class rdf:ID="ProximaVisitaEn3Meses">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Año_1"/>
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Restriction>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <owl:Class rdf:ID="AV_NoEmiteOOOAAH_2M"/>
            <owl:Class rdf:ID="AV_NoChillaParaInteraccionar_2M"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </owl:someValuesFrom>
    </owl:Restriction>
    <owl:onProperty>
      <owl:ObjectProperty rdf:about="#hayRespuestaNegativaEn"/>
    </owl:onProperty>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Fig. 5. Código en OWL para las preguntas del mes 2.

La jerarquía de clases ha sido creada para realizar las inferencias a través de la clase DecisionSistema, recogiendo dentro de esta clase las decisiones del motor según el año y tipo de hito al que pertenece la decisión.

La Fig. 6 muestra la formulación lógica de la correspondencia de estos axiomas con inferencias en Protégé a través del ejemplo de cómo una respuesta negativa, a los dos meses de edad, a la pregunta “Emite OOOAAH” o “Chilla para interaccionar” generaría la decisión “Fijar una próxima visita en 3 meses”.



Fig. 6. Inferencia en Protégé para preguntas de 2 meses de edad.

La Fig. 7 muestra la estructura de la arquitectura básica del sistema desarrollado.

Puede observarse como el cliente es un cliente web típico formado por un conjunto de páginas web definidas en los lenguajes asociados al entorno web.

En el lado del servidor web tendremos dentro del contenedor Tomcat diferentes tipos de componentes de software Java:

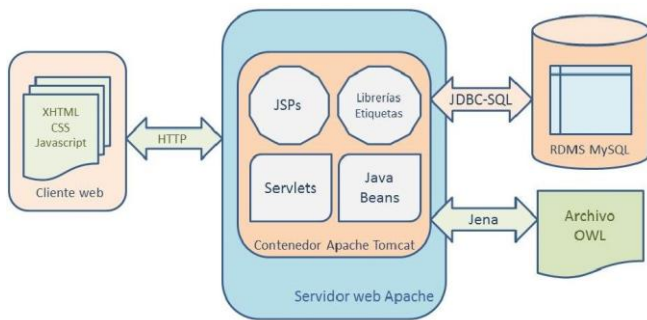


Fig. 7. Arquitectura del sistema.

- (a) Las **páginas JSP** que se encargarán de generar todo el código de la parte cliente de forma dinámica desde el servidor.
- (b) Las **librerías** de etiquetas personalizadas que se requiere implementar para poder ser utilizadas dentro de las páginas JSP.
- (c) Los **Servlets**, como componentes especializados en la gestión de peticiones y respuestas HTTP, cuya función es dar soporte a la gestión de la interfaz de usuario web y además actuar como intermediarios con la capa de lógica.
- (d) Los **objetos Java Bean**. Se han clasificado en dos tipos diferentes: *Java Beans de lógica de negocio*, en los que se implementará la lógica de la aplicación.

En uno de estos controladores de lógica tiene lugar el acceso a los datos de la ontología contenidos en el archivo OWL (Ontology Web Language) y se realiza mediante clases del API Apache Jena y *Java Beans de acceso a datos*, que contendrán el código de acceso a datos.

La implementación del motor de acceso a datos se realiza a través del API Java DataBase Connectivity (JDBC) que permite el acceso a los datos mediante el uso de sentencias del Structured Query Language (SQL) embebido dentro del código Java.

Con el fin de poder evaluar la aplicación resultante, y tras mantener sucesivas reuniones con los distintos tipos de usuarios, se decidió construir dos aplicaciones web encargadas de validar la misma ontología, pero que proporcionan un resultado de validación distinto por estar dirigidas a diferentes tipos de expertos. La aplicación **Gades** que será validada por las terapeutas del lenguaje que participaron en la construcción de la ontología, introduciendo casos de niños que han recibido terapia en el CIL y también con casos reales de niños del colegio Legamar de Leganés (Madrid), y la aplicación **Pegaso** que es la plataforma construida para facilitar a los PAP la detección precoz de trastornos del lenguaje.

Se decide utilizar dos plataformas distintas, para separar los resultados obtenidos en dos bases de datos y para conseguir adaptar la interfaz según las necesidades de cada tipo de usuario.

A continuación se va a presentar la interfaz que proporciona Pegaso para el proceso de evaluación del lenguaje, que será realizado por el PAP (Fig. 8 y 9).

Datos generales del niño

Sexo*: Masculino Femenino

Iniciales del nombre*: ACM

Fecha de nacimiento*: Día: 1 Mes: Enero Año: 2010

Semanas de gestación*: 40 semanas

* Campos obligatorios.

Fig. 8. Recogida de datos generales.

La Fig. 8 muestra la solicitud de datos generales del niño, estos datos permitirán autenticar al niño en Pegaso.

La Fig. 9 muestra las preguntas que se presentan en el proceso de evaluación de lenguaje para un niño de 40 meses.

Por favor, responda a las siguientes preguntas:

¿Construye frases: sujeto - verbo - objeto. Nene come pan? Si No NS/NC

¿Es capaz de repetir frases de tres elementos? Si No NS/NC

¿Sigue el relato de un cuento? Si No NS/NC

¿Nombra colores: rojo, amarillo, azul? Si No NS/NC

¿Conoce cuatro acciones: comer, saltar, dormir, pintar, jugar? Si No NS/NC

Fig. 9. Preguntas proceso evaluación niño de 40 meses.

Tras responder a las preguntas como se muestra en la Fig. 9, el resultado proporcionado por el sistema será el que se presenta en la Fig. 10. El pediatra debe indicar si va a realizar lo propuesto por el sistema, de forma que se recoja la opinión del pediatra en el proceso de evaluación del lenguaje.

PROCESO DE EVALUACIÓN DEL LENGUAJE

- Derivar al Neuropediatra.
- Derivar al Equipo de Atención Temprana.
- ¿Realizará la propuesta del sistema?*: Si No

Fig. 10. Resultado del proceso de evaluación del lenguaje.

Los siguientes apartados recogen los resultados de verificación y validación de las plataformas construidas.

VII. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

El proceso de verificación de la ontología es el resultado fundamental que debe proporcionarse para indicar la bondad del servicio telemático de e-salud.

La verificación se realizará en varias etapas, interviniendo en cada una de ellas los expertos que participaron en el proceso de adquisición de conocimientos que tuvo como resultado el desarrollo de la ontología.

Durante la construcción de la ontología se fue realizando la implementación de los distintas interfaces que el sistema debe proporcionar a los usuarios. Estas interfaces fueron diseñadas a partir de los requisitos que los PAP, como futuros usuarios de la herramienta, iban manifestando. Es importante señalar que se ha conseguido una interfaz usable y que permite al PAP recoger toda la información necesaria, de forma que el proceso de evaluación del lenguaje pueda llevarse a cabo en el menor tiempo de consulta posible. Uno de los requisitos en los que todos los PAPs han coincidido es que el proceso de evaluación del lenguaje les debe quitar pocos minutos en su consulta. Por eso, desde el primer momento, y con la colaboración de las terapeutas del lenguaje, se decidió limitar el número de preguntas del proceso de evaluación a un máximo de seis, según la edad del niño. La Fig. 11 muestra la interfaz de acceso de la aplicación **Pegaso**.




A. Verificación de la plataforma Gades

La ontología pasó por una primera verificación por parte de las terapeutas del CIL que realizaron pruebas en la aplicación Gades con los casos de 21 niños que recibieron terapia en el CIL. Sobre los resultados obtenidos en esta verificación indicar que se cumple que este tipo de patologías se den con más frecuencia en niños que en niñas, el 24% de los casos del CIL eran de niñas y el 76% eran de niños.

Autenticación: Por favor, introduzca un nombre de usuario y una contraseña correctos y pulse enter o enviar para continuar.

Usuario: **Contraseña:**

Enviar

EVALUACIÓN DEL LENGUAJE	CONSULTAR RESULTADOS	ESTADÍSTICAS
 <p>Realiza una evaluación del nivel de adquisición del lenguaje, de un niño entre 0 y 6 años, basándose en un sencillo test.</p>	 <p>Consulta los resultados obtenidos en el proceso de evaluación del lenguaje de un niño. También permitirá validar el resultado obtenido.</p>	 <p>Elabora gráficas de estadísticas basándose en los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas por el sistema.</p>

Acceso administrativo
 © Departamento Diatel - UPM

Fig. 11. Interfaz de acceso al sistema.

Se decide utilizar para la verificación casos de niños con desarrollo normativo para comprobar que el sistema funciona correctamente en el proceso de evaluación de estos casos. Obteniéndose un 100% de acierto en la evaluación del lenguaje para los sujetos con desarrollo normativo. El 14% de los 21 casos son sujetos con desarrollo normativo que fueron tratados en el CIL pero el resultado del proceso de evaluación fue positivo, no diagnosticándose en estos casos ninguna patología del lenguaje.

El 86% de los 21 casos son de niños que fueron diagnosticados con un retraso lingüístico.

A continuación se compara el tipo de resultado obtenido según el sexo del sujeto: En el 100% de los sujetos femeninos el resultado obtenido ha sido una alerta, que implica derivar al especialista correspondiente. Mientras que para los niños se obtiene: en un 69 % de los casos un proceso de derivación al especialista correspondiente, en el 12 % de los casos se procede a fijar una próxima visita y en el 19 % de los niños el resultado del proceso de evaluación del lenguaje ha sido normal.

Existe bajo número de casos para los que el resultado obtenido es fijar una próxima visita (solo el 12% de los niños), esto es normal con la población estudiada puesto que todos sujetos objetos de estudio estaban siendo tratados en el CIL, lo que hace que lo normal en esos casos es que el sistema produzca una alerta. Habrá que comparar este resultado con los que obtendrá la terapeuta del colegio Legamar, evaluando a los niños de la escuela infantil en los dos ciclos (etapa evolutiva 0-3 años y etapa evolutiva 3-6 años).

Con respecto a los casos por etapa evolutiva existen muy pocos sujetos de estudio en la etapa de 0-3 años, únicamente un 19% de los sujetos se encontraban en esa etapa, esto es así porque los sujetos de estudio pertenecen a una población que está recibiendo terapia por patologías en el lenguaje. Lo que hace en los 21 niños que se han utilizado en el proceso de verificación el 81% se encuentre en la etapa evolutiva de 3-6 años.

B. Verificación de la plataforma Pegaso

En el mes de abril comenzó el proceso de verificación de usabilidad de la plataforma Pegaso por parte de 5 pediatras de

Atención Primaria de dos centros de salud de la Comunidad de Madrid, y una pediatra y neuropediatra del hospital Quiron de Madrid. El proceso de verificación está todavía sin completar, se ha estimado una duración de 6 meses para poder evaluar los resultados.

C. Validación funcional del sistema

El proceso de validación contempla distintos escenarios según la plataforma y en la actualidad ya se han completado las primeras fases planificadas.

En el caso de la **plataforma Gades**, se está contando con la valiosa colaboración del colegio Legamar (Leganes-Madrid), y se ha puesto en marcha la validación de esta plataforma utilizando la herramienta con un 100% de los niños de infantil en la etapa 0-3 años, y con un 40 % de los niños de la etapa 4-6 años (ver Fig. 12). Se tiene previsto finalizar el proceso de validación en este escenario en septiembre de 2013.



Fig. 12. Terapeuta del colegio Legamar realizando la validación de Gades.

La plataforma Gades va a ser validada con los 95 niños de la etapa 0-3 puesto que dicha etapa es clave para lograr la detección precoz de posibles patologías en la adquisición del lenguaje en la etapa pragmática y expresiva. En esta etapa el niño comienza con las primeras manifestaciones de la adquisición del lenguaje (jerga, interacción con el adulto, comprensión de órdenes sencillas, respuesta al juego simbólico, etc.). El comienzo en la emisión de las primeras

palabras depende de muchos de un niño a otro y son innumerables los factores que intervienen en la correcta adquisición del mismo. En las primeras pruebas de la plataforma Gades con niños de la etapa 0-3, se proporcionó a las cuidadoras la batería de preguntas que debían responder para cada niño, según la edad del niño en meses, y tras un proceso de observación de 10 días, la cuidadora respondía a las preguntas que posteriormente la terapeuta del colegio introducía en la plataforma Gades. Hasta el momento se ha observado que en algunos casos las educadoras no sabían responder a alguna de las preguntas, puesto que en ocasiones el comportamiento del niño en la casa y la escuela es distinto por esto, la educadora contó con la colaboración de las familias para responder correctamente a alguna de las preguntas.

En el momento presente, resulta esencial el poder conocer la validez de la ontología desarrollada para la **detección precoz** de trastornos del lenguaje. Se ha constatado que la plataforma Gades permite suplir la falta de conocimiento de las educadoras sobre los mecanismos que determinan la correcta adquisición del lenguaje de sus alumnos. La terapeuta señala, hasta el momento, que las preguntas de la ontología son de enorme utilidad en la actuación de la educadora en clase, ya que le permite una observación de cada niño que antes le era imposible realizar. Así mismo, las pruebas realizadas están permitiendo detectar un posible retraso en la adquisición del lenguaje en niños que no habían alarmado hasta el momento, en estos casos la terapeuta decide que se les va a realizar a una evaluación logopédica completa, que va a permitir comprobar la validez de la respuesta del sistema en estos casos.

En la etapa 4-6 el lenguaje es mucho más rico y la herramienta pretende alarmar de posibles patologías del lenguaje una vez instaurado, etapa expresiva del lenguaje. La detección en este caso se va a realizar sobre 60 niños siguiendo el mismo procedimiento explicado en la otra etapa. Estas pruebas todavía no han comenzado.

Para la **plataforma Pegaso** se prevé que la validación tendrá lugar a partir de septiembre de 2013 contando con la participación de 5 pediatras que trabajan en dos centros de salud de la Comunidad de Madrid, y se contempla que en el proceso de validación intervengan pacientes reales atendidos en rutina clínica. Se tiene previsto iniciar el proceso de validación a partir de las mejoras que se decidan introducir en la ontología una vez concluido el proceso de verificación realizado para la plataforma Gades.

Con el fin de minimizar en lo posible el número de ‘falsos positivos’ se prevé incorporar un segundo ajuste fino en la base de conocimiento, modulado por los expertos, solamente utilizable en los casos en los hayan existido dichos sucesos. Así mismo, el sistema informará al PAP sobre decisiones homólogas que hayan sido ‘falsos positivos’ para que valore con mayor detalle la posible respuesta correcta o incorrecta del sistema. La respuesta verdadera de si es o no es ‘falso positivo’ sólo puede ser mejorada por el sistema cuando recibe la segunda opinión del experto y el proceso de diagnóstico ha sido completado con más información adicional a la que puede recoger el sistema y que conoce el PAP.

Para reducir los ‘verdaderos negativos’ se propone actualizar, de forma recurrente e iterativa, el registro de todas

las evaluaciones realizadas. Cuando un sujeto al que se le realizó la evaluación del lenguaje sea diagnosticado con un retraso en el lenguaje, se rescatará la evaluación realizada y analizará con los expertos las preguntas que se formularon justificándose la necesidad o no de modificar o añadir preguntas para la edad de ese niño en el momento de la evaluación. Se contempla, aunque requiere ser validado, el facilitar a los padres o tutores una batería de indicadores de hitos en la adquisición del lenguaje del niño. Esta aproximación puede adolecer de una subjetividad en la respuesta que siempre debe ser contrastada por el PAP.

VIII. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

La detección de trastornos del lenguaje en niños, puede facilitar el diagnóstico precoz de diversas patologías neurológicas. El desarrollo de una arquitectura telemática para e-salud como la presentada en esta investigación puede facilitar al PAP la detección precoz de este tipo de trastornos en la población infantil.

La implicación de los expertos y su trabajo en las distintas etapas, ha sido clave para dar como solución un sistema que cumple con un alto número de requisitos y ha permitido también un correcto refinamiento de la ontología.

El proceso de AC llevo implícito el estudio de un amplio número de metodologías, facilitando la elección de una combinación de dos metodologías ampliamente utilizadas en la construcción de un SE. Se considera muy favorable la utilización de Protégé como un entorno abierto y usable para el diseño, modelado, implementación, manipulación y visualización de ontologías.

La verificación y validación de las plataformas construidas permitirá obtener un amplio y contrastado número de conclusiones que serán analizadas con objeto de mejorar la ontología y las plataformas desarrolladas.

Hasta el momento la terapeuta del colegio Legamar que está participando en la validación de la plataforma Gades, considera de enorme utilidad para sus educadoras la información que la herramienta proporciona para conocer el grado de adquisición del lenguaje de sus alumnos.

El lenguaje del niño es un hito clave del desarrollo neurológico y así debe ser tratado por parte de los padres, pediatras y educadores, el sistema construido pretende facilitar su observación a estos tres colectivos.

La continuidad de la línea de investigación presente tiene por objeto el modelado de un sistema que permita refinar la efectividad de la ontología creada a través de un proceso de consulta-supervisada y colaborativa con los usuarios del sistema. Dicha mejora podría facilitar la provisión de un servicio con capacidad de auto-aprendizaje supervisado por los expertos, siempre que exista una muestra de información y experiencia de uso suficientemente significativa.

AGRADECIMIENTOS

Dr. José Arizcun neonatólogo experto en trastornos del desarrollo y discapacidad infantil. Dra. Beatriz Chiclana y Dr. Erwin Kirchsclager pediatras del Centro de Salud Jazmín (Madrid). Dña. Paloma Tejeda del Centro de Intervención del Lenguaje (CIL) La Salle Campus Madrid, Universidad Autónoma de Madrid. Dña. María Teresa Ferrando Lucas, neuropediatra en el hospital Quiron de Madrid.

Este artículo es parte de la investigación realizada en el proyecto Talisec+ (TIN2010-20510-C04-01), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España a través del Plan Nacional de I+D+I (investigación, desarrollo e innovación).

REFERENCIAS

- [1] E.H. Shortliffe, "Computer -based medical consultations: MYCIN". American Elsevier. 1976.
- [2] Council on Children With Disabilities, Section on Developmental Behavioral Pediatrics, Bright Futures Steering Committee and Medical Home Initiatives for Children With Special Needs Project Advisory Committee, "Identifying infants and young children with developmental disorders in the medical home". Pediatrics. 2006.
- [3] M.C. Arrabal Terán, J. Arizcun Pineda, "Alteraciones del desarrollo y discapacidad". Grado de pediatría en España. Genysi. 2007.
- [4] R. Castro-Rebolledo, M. Giraldo-Prieto, L. Hincapié-Henao, F. Lopera, D.A. Pineda, "Trastorno específico del desarrollo del lenguaje: una aproximación teórica a su diagnóstico, etiología y manifestaciones clínicas". Revista de neurología. 2004.
- [5] R. Paul, "Language disorders from infancy through adolescence: Assessment and intervention", 3rd ed. Mosby-Elsevier. 2007.
- [6] R. Paul, "Language disorders from infancy through adolescence: Listening, speaking, reading, writing, and communicating". 4th ed. Elsevier. 2011.
- [7] World Health Organization & Unicef. "Early childhood development and disability: discussion paper". 2012.
- [8] N. Fejerman, E. Fernández Álvarez, "Neurología pediátrica". Cap. 51 y 54. 2007.
- [9] R. Parrilla Muñoz, C. Sierra Córcoles, "Trastornos del lenguaje". Unidad de Gestión Clínica de Pediatría Sociedad de Pediatría de Andalucía Oriental. 2010.
- [10] R. Mossabeh, K.C. Wade, K. Finnegan, E. Sivieri, S. Abbasi, "Language development survey provides a useful screening tool for language delay in preterm infants". Clinical Pediatrics, vol. 51, n. 7, pp. 638-644, 2012.
- [11] H.D. Nelson, P. Nygren, M. Walker, R. Panoscha, "Screening for speech and language delay in preschool children: Systematic evidence review for the US preventive services task force". Pediatrics, vol. 117, pp. 298-319, 2006
- [12] J. Narbona, C. Chevie-Muller, "El lenguaje del niño. Desarrollo normal, evaluación y trastornos". 2ª Edición. Masson. 2003.
- [13] A. Alonso Betanzos, B. Guijarro Berdiñas, A. Lozano Tello, J.T. Palma Méndez, M.J. Taboada Iglesias, "Ingeniería del conocimiento. Aspectos metodológicos". 2004.
- [14] O. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, A. López-Cima, "Building legal ontologies with METHONTOLOGY and WebODE". vol. 3369, pp 142-157, 2005.
- [15] M.L. Martín-Ruiz, M.A. Valero Duboy, I. Pau de la Cruz, "Development of a Knowledge Base for smart screening of language disorders in primary care". 12th International Conference on Bioinformatics & Bioengineering (BIBE). IEEE, pp. 121-126, 2012.