

HERRAMIENTA WEB PARA EL DESARROLLO AGÍL DE SISTEMAS EXPERTOS

Zerpa, Héctor, Becerra, Cesar, Izquierdo, Henry, Ramos Alicia.

hzerpa@unexpo.edu.ve, beguface@gmail.com, hizquierdo@unexpo.edu.ve, aliciaeramos@gmail.com
Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.

Resumen: Un experto humano es considerado aquella persona que posee amplios conocimientos en un área en específico, producto de su estudio y experiencia en la misma. Por ende, un sistema experto, es aquel sistema informático capaz de imitar el razonamiento humano y realizar algunas tareas por él, basando su raciocinio en una base de conocimientos proveniente del propio experto. La investigación es de tipo proyectiva y se aplica la metodología ágil, la cual consiste en versiones evolutivas del producto de software. La investigación tiene como objetivo la implementación de una herramienta web que permita crear sistemas expertos de manera ágil, facilitándoles así a los especialistas plasmar sus conocimientos, sin tener que codificar directamente, y no menos importante, contribuyendo a la perduración de dichos conocimientos en el tiempo a través de la Web. Para lograr la funcionalidad de esta herramienta fue utilizado SWI-Prolog como motor de inferencia, y, a partir del modelado de negocios y la ingeniería de requisitos, se diseñó una interfaz amigable con el uso de lenguajes como HTML5, PHP5, JavaScript. El funcionamiento de la herramienta se pudo comprobar de manera satisfactoria a partir de tres casos de usos de diferente naturaleza, desde un sistema de diagnóstico médico hasta uno para el diagnóstico de plagas en cosechas de arroz.

Palabras Clave: Página Web, SWI-Prolog, HTML, PHP, JavaScript, MySQL, motor de inferencia, Sistemas Expertos, Base de conocimientos

WEB TOOL FOR AGILE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM

Abstract: A human expert is considered that person who has extensive knowledge in a specific area, product of their study and experience in it. Therefore, an Expert System, is that computer system capable of imitating human reasoning and perform some tasks for him, basing his reasoning on a knowledge base from the expert himself. Carrying out a projective type research and making use of an agile methodology, this project has as a general objective the implementation of a web tool that allows the creation of Expert Systems in an agile way, thus facilitating the specialists in expressing their knowledge without having to code directly, and not less important, contributing to the persistence of knowledge over time through the Web. So that the functionality of this tool is used SWI-Prolog as an inference engine, and, from business modeling and requirements engineering, the design of a friendly interface with the use of languages such as HTML5, PHP5, JavaScript. The operation of the tool could be satisfactorily verified from three cases of uses of different nature, from a medical diagnostic system to one for the diagnosis of pests in rice crops.

Key words: Web Page, SWI-Prolog, HTML, PHP, JavaScript, MySQL, Inference engine Expert System, knowledge base.

I. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Expertos (SE) parten inicialmente como una rama de la inteligencia artificial, la cual ha tenido una gran aceptación, y, actualmente poseen un gran campo de aplicación. A partir de ellos, muchos de los procesos en los que anteriormente estaba involucrado el cerebro humano, para operaciones muy específicas y especializadas, ahora pueden ser realizados por máquinas inteligentes. Actualmente las aplicaciones de dichos sistemas se han incrementado en muchos campos de la ciencia.

La arquitectura de un Sistema Experto presenta componentes en común, y básicamente está constituido por: una base de conocimientos, un mecanismo de inferencia y una interfaz de usuario. El adecuado funcionamiento de un sistema de esta clase está basado en el buen diseño de su base de conocimientos y en la correcta elección del mecanismo de inferencia que mejor se adapte al problema a solucionar.

El hecho de crear un sistema de esta índole puede llegar a ser complicado o tedioso de realizar y para un mejor aprovechamiento de los mismos, específicamente de sistemas basados en reglas enfocados a la ayuda en la toma de decisiones, a través de la presente investigación se diseña y se implementa una herramienta Web para el desarrollo ágil de sistemas expertos, denominada “Experto Virtual”, en la cual se podrán crear, almacenar y posteriormente ejecutar este tipo de sistemas. Basándose en el uso de una metodología ágil, dicha herramienta esta orientada a la Web permitiendo así que cualquier persona, que disponga de un conocimiento bien estructurado (experto) pueda crear su propio sistema y contribuir hacer perdurable en el tiempo el conocimiento y compartir dicho conocimiento, con usuarios que requieran del mismo y a su vez dando relevancia a la posible interacción de tecnologías web con la programación lógica de primer orden.

II. SISTEMA EXPERTO

Un Sistema Experto es un sistema de información basado en el conocimiento de un área de aplicación compleja y específica a fin de actuar como un consultor experto para los usuarios finales [2]. Dichos sistemas proporcionan respuestas sobre un área problemática muy específica al hacer inferencias semejantes a los humanos en base a los conocimientos previamente obtenidos de expertos humanos. Además, deben tener la capacidad de explicar al usuario su proceso de razonamiento y conclusiones. Así los Sistemas Expertos proporcionan apoyo a la toma de decisiones a los usuarios finales en la forma de consejo de un consultor experto acerca de un área problemática específica.

El éxito de un Sistema Experto radica fundamentalmente

en el conocimiento sobre el tema que trata y su capacidad de aprendizaje. El conocimiento sobre el tema proporciona al Sistema Experto mayor información sobre el problema a tratar y su entorno, de forma que pueda generar y adaptar soluciones de forma más precisa, de forma similar a un experto especializado. El aprendizaje, inductivo o deductivo según corresponda, proporcionará al mismo mayor autonomía a la hora de abordar problemas totalmente desconocidos, pudiendo generar nuevo conocimiento partiendo del extraído inicialmente del experto o expertos humanos [3].

III. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

Los SE están compuestos por dos partes principales: el ambiente de desarrollo y el ambiente de consulta. El ambiente de desarrollo es utilizado por el constructor para crear los componentes e introducir conocimiento en la base de conocimiento. El ambiente de consulta es utilizado por los no-expertos para obtener conocimiento experto y consejos [1]. Los componentes básicos de un sistema experto son los siguientes:

Subsistema de adquisición de conocimiento:

Es la acumulación, transferencia y transformación de la experiencia para resolver problemas de una fuente de conocimiento a un programa de computadora para construir o expandir la base de conocimiento. El estado del arte actual requiere un ingeniero en conocimiento que interactúe con uno o más expertos humanos para construir la base de conocimiento.

Base de conocimiento:

Contiene el conocimiento necesario para comprender, formular y resolver problemas. Incluye dos elementos básicos: heurística especial y reglas que dirigen el uso del conocimiento para resolver problemas específicos en un dominio particular.

Base de hechos:

Es una memoria de trabajo que contiene los hechos sobre un problema, alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desean tratar.

Motor de inferencia:

Es el cerebro del SE, también conocido como estructura de control o interpretador de reglas. Este componente es esencialmente un programa de computadora que provee metodologías para razonamiento de información en la base de conocimiento. Este componente provee direcciones sobre cómo usar el conocimiento del sistema para armar la agenda que organiza y controla los pasos para resolver el problema cuando se realiza una consulta. Tiene tres elementos principales:

(1) **Intérprete**, ejecuta la agenda seleccionada; (2) **programador**, mantiene el control sobre la agenda;

(3) control de consistencia, intenta mantener una representación consistente de las soluciones encontradas [3].

Subsistema de justificación:

Se encarga de explicar el comportamiento del SE al encontrar una solución. Permite al usuario hacer preguntas al sistema para poder entender las líneas de razonamiento que este siguió. Resulta especialmente beneficioso para usuarios no expertos que buscan aprender a realizar algún tipo de tarea.

Interfaz de usuario:

Permite la comunicación entre el usuario y el Sistema Experto. El usuario puede consultar con el sistema a través de menús, gráficos, entre otros, y éste le responde con resultados. También es interesante mostrar la forma en que extrae las conclusiones a partir de los hechos.

IV. SWI-PROLOG COMO MOTOR DE INFERENCIA

SWI-Prolog es una aplicación de código abierto del lenguaje de programación Prolog; es comúnmente utilizado para la enseñanza y las aplicaciones de web semántica. Su autor principal es Jan Wielemaker quien inicio su desarrollo en 1987. Al ser de código abierto, puede ser ejecutado tanto sobre Windows como Unix, Linux, y algunas plataformas Macintosh. En este proyecto, SWI-Prolog viene siendo el ya mencionado motor de inferencia, el cual trabaja con la lógica de predicados de primer orden, para representar datos y conocimientos, y para dar respuesta a las consultas a realizar basando su raciocinio en el encadenamiento hacia atrás, una estrategia de control retroactiva sin información heurística (backtraking), sin dejar atrás procesos de unificación, siendo necesario una base de conocimiento, compuesta por hechos y reglas preestablecidos.

V. EXPERTO VIRTUAL

Experto Virtual es una herramienta Web basada en inteligencia artificial, la cual está destinada a la creación y ejecución de Sistemas Expertos para la ayuda en la toma de decisiones, como por ejemplo sistema generadores de diagnósticos. Dicha herramienta trabaja en conjunto con la aplicación SWI-Prolog como motor de inferencia, logrando su raciocinio a partir de ficheros escritos en lenguaje de primer orden entendibles por el intérprete, creados por el sistema una vez que el usuario plasme sus conocimientos a través de la interfaz Web. La interfaz web presenta un diseño amigable y adaptable desarrollada bajo tecnologías como HTML5, PHP y JavaScript. El software

está compuesto por tres componentes básicos:

1. Componente “CrearSE”: A través de este componente el usuario podrá plasmar en un lenguaje natural sus conocimientos como experto en algún área en específico a partir de un formulario versátil y dinámico.

2. Componente “EjecutarSE”: Este componente es el encargado de simular los Sistemas Expertos creados, trabajando en conjunto con el motor de inferencia ya mencionado y los conocimientos previamente adquiridos plasmados en ficheros con un formato de hechos y reglas necesario para el entendimiento del interprete y así lograr dar una solución al problema a tratar.

3. Componente “ModificarSE”: A partir de este componente, la herramienta permite componer errores cometidos por el usuario al momento de crear su Sistema Experto.

Para lograr la interacción de SWI-Prolog con la interfaz Web, fue necesario hacer el estudio de la implementación de Prolog en un entorno Web. Para ello, se encontraron 3 posibles formas de lograr implementarlo:

1. Librerías HTTP: SWI-Prolog provee al desarrollador un conjunto de librerías que pueden ser usadas para la construcción de aplicaciones web.

2. Java: a través del lenguaje de programación Java e implementación basadas en Prolog Open Source como lo es tuProlog.

3. PHP: a partir del lenguaje de programación PHP y sus funciones de ejecución de programas tales como “exec()”, ”system()” o el operador de comillas invertidas.

En este proyecto se procedió a trabajar con lenguaje PHP, debido a que facilita el manejo de la base de datos utilizada. Cabe destacar que para lograr la interacción entre el motor de inferencia y la interfaz web se utilizó el operador de comillas invertidas proporcionado por PHP.

VI. DISEÑO

Se soporta en la metodología de Watch (diseño de sistemas), basada en una arquitectura cliente servidor, integrando la herramienta SWI-Prolog.

Diseño del Experto Virtual.

Es un activo de software reutilizable, cuyos productos de software son diseñados expresamente para ser reutilizados en el desarrollo de muchas aplicaciones. El Experto Virtual desarrollado es un tipo de componente distribuido persistente, orientado al manejo de datos (base de datos) y un componente de procesos basado en los eventos que se manejan en una aplicación. Los componentes son

agrupados en capas siguiendo el patrón arquitectónico de n capas, como se muestra en la figura 1.

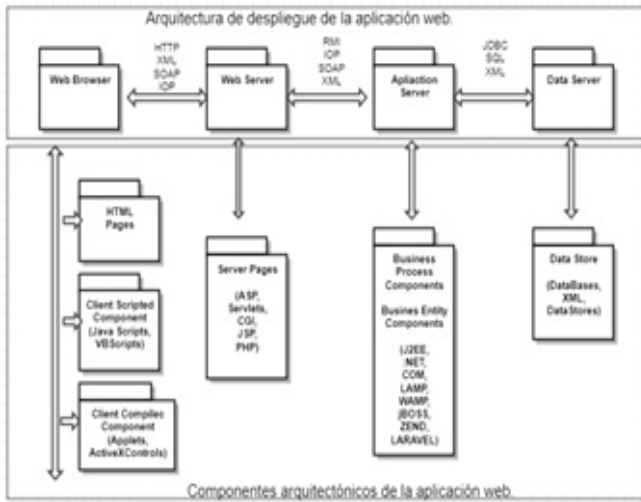


Figura 1. Arquitectura de n capas de la aplicación web.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la base de datos.

Para almacenar la toda la información dada por el usuario al momento de crear su Sistema Experto, fue necesario la implementación de una base de datos relacional tomando en cuenta los criterios de normalización, con el fin de evitar la redundancia de los datos y proteger la integridad de la misma.

En la figura 2 podemos observar el modelo de la base de datos relacional.



Figura 2. Modelo de base de datos relacional.

Fuente: Elaboración propia.

Para desarrollar los casos de uso, fue necesario modelar los requerimientos de la herramienta a partir de la ingeniera de requisitos. En la figura 3 podemos observar los casos de uso

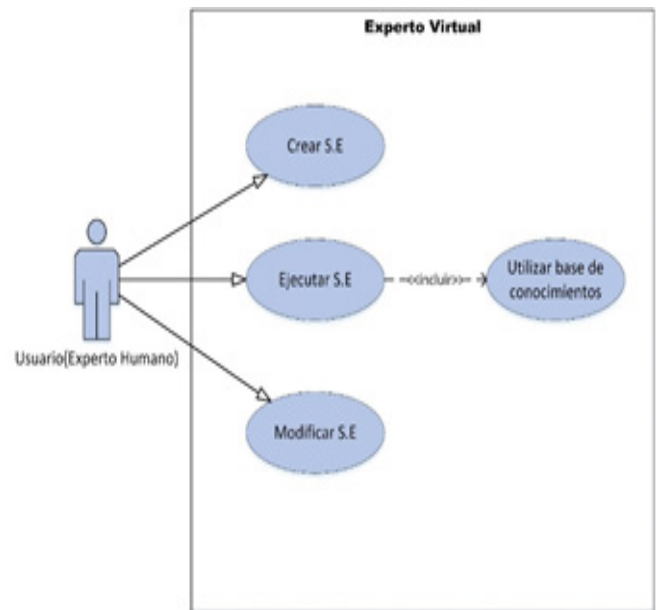


Figura 3. Diagrama de casos de usos.

Fuente: Elaboración propia.

Para observar los elementos de software requeridos en el funcionamiento de la herramienta, a continuación, se muestran los diagramas de componentes correspondientes:

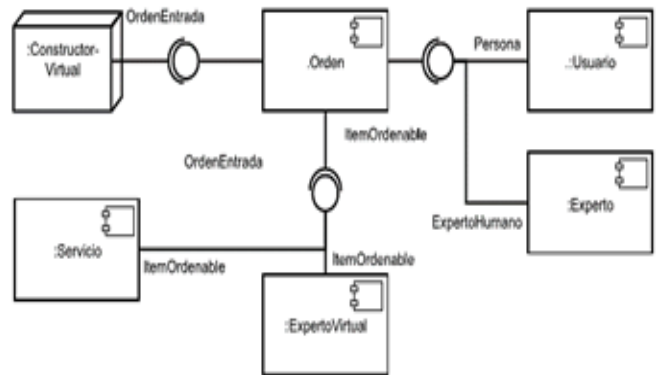


Figura 4. Ensamblaje de componentes.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Diagrama de componentes para caso de

uso CrearSE.

Fuente: Elaboración propia.

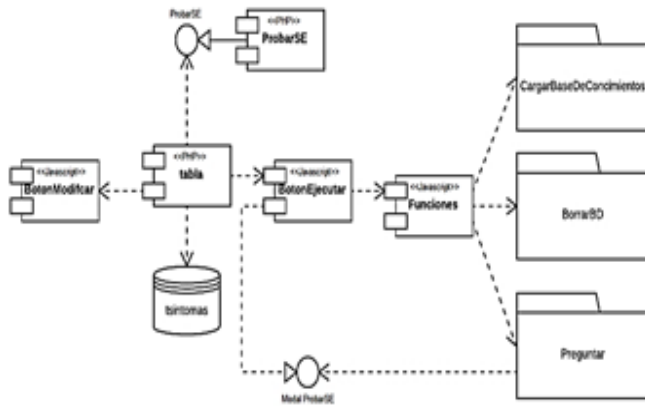


Figura 6. Diagrama de componentes para caso de uso EjecutarSE.

Fuente: Elaboración propia.

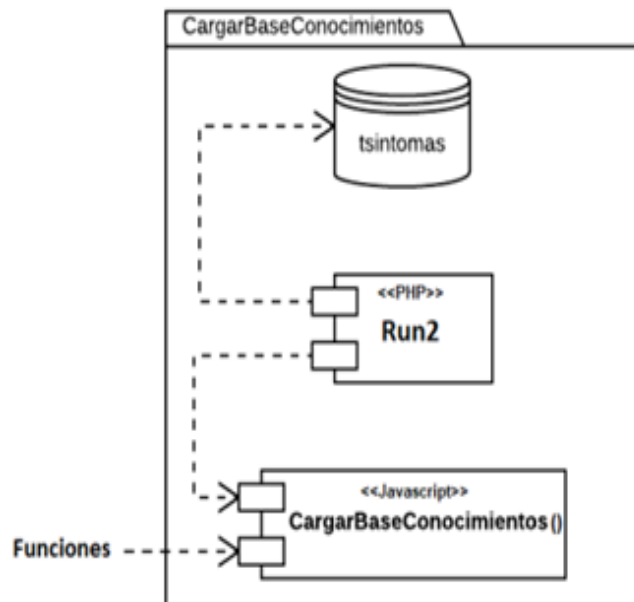


Figura 7. Diagrama de componentes para caso de uso EjecutarSE. Paquete “CargarBaseConocimientos”.

Fuente: Elaboración propia.

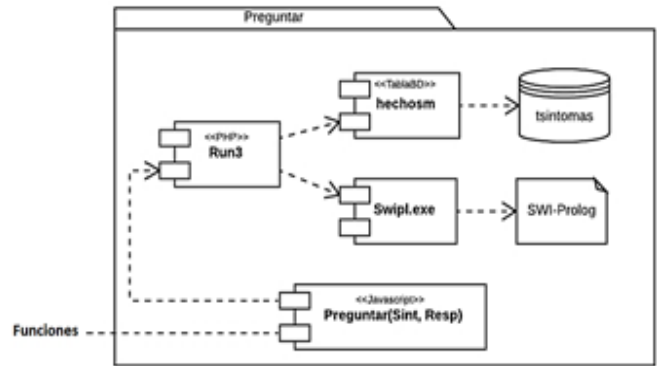


Figura 8. Diagrama de componentes para caso de uso EjecutarSE. Paquete “Preguntar”.

Fuente: Elaboración propia.

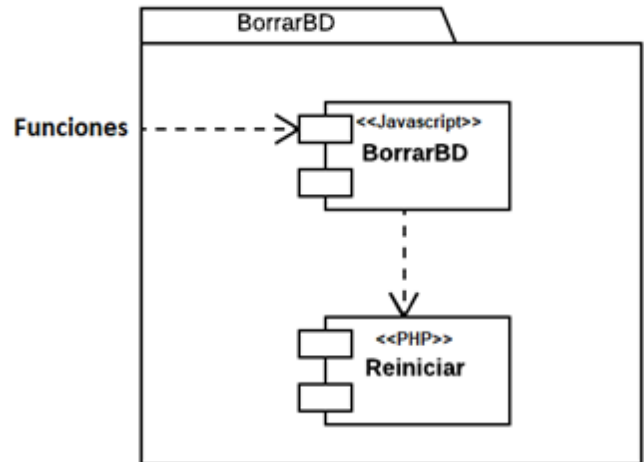


Figura 9. Diagrama de componentes para caso de uso EjecutarSE. Paquete “BorrarBD”.

Fuente: Elaboración propia.

VII. PRUEBAS DE LA HERRAMIENTA

Para validar la herramienta se procedió a crear y simular 3 casos de usos de diferente naturaleza, es decir, 3 sistemas expertos. Para ello, se seleccionó un sistema experto de diagnóstico médico general, uno para el diagnóstico de fallas en general de un automóvil y el último para el diagnóstico integral de plagas en el arroz. A continuación, se muestra los pasos a seguir desde la creación de cada sistema experto hasta su correspondiente simulación:

1. Caso 1: sistema experto para diagnóstico médico general [7].

Para este caso, se trabajó en función de un Sistema Experto basado en el MYCIN [5]. Dicho sistema cuenta con 9 diagnósticos básicos que pueden ser detectados en un ser humano, tales como: paperas, varicela, sarampión, anemia, resfriado, influenza, hepatitis B, hepatitis A y hepatitis C. En la siguiente tabla podemos

observar los distintos diagnósticos posibles y sus respectivos síntomas:

Diagnostico	Síntomas
Paperas	Malestar general.
	Fiebre.
	Pérdida de apetito.
	Dolor de oído.
	Dificultad para hablar.
	Dificultad para masticar.
Varicela	Dolor de cabeza.
	Erupciones en la piel.
	Fiebre.
	Dolor de cabeza
	Canancio.
Sarampión	Pérdida de apetito.
	Ojos llorosos.
	Tos.
	Moqueo.
	Puntos blancos en la boca.
Anemia	Fiebre.
	Dificultad para respirar.
	Dolor de cabeza.
	Palidez.
	Dolor en el pecho.
	Frio en manos y pies.
Resfriado	Mareo.
	área blanca o grisácea en parte posterior de garganta
	Dolor de garganta.
	Escalofríos.
	Fiebre.
	Dificultad para tragar.
Influenza	Canancio.
	Dolor muscular.
	Fiebre.
	Escalofríos.
	Tos.
	Dolor de garganta.
	Moqueo.
	Dolor muscular.
Diarrea.	
Hepatitis B	nauseas
	Coloración amarillenta.
	Orina oscura.
	Canancio.
	Vomito.
	Dolor abdominal.
	Diarrea.
Hepatitis C	Hematomas.
	Canancio.
	Coloración amarillenta.
	Pérdida de apetito.
	Heces blanquecinas.
	Picores generalizados.
	Alteraciones en la coagulación.
	Hinchazón en piernas y abdomen.
Orina oscura.	

Tabla I. Diagnósticos y síntomas de SDM.

Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar el buen funcionamiento de la herramienta al momento de simular el sistema experto nos enfocaremos en indicar las preguntas (ver Tabla II) que dará el sistema, las respuestas que dará el usuario y el respectivo diagnóstico final (Figura 10).

Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Presenta malestar general?	No
2	¿Presenta erupciones en la piel?	No
3	¿Presenta ojos llorosos?	No
4	¿Presenta dolor de garganta?	Si
5	¿Presenta escalofríos?	Si
6	¿Presenta fiebre?	Si
7	¿Presenta dificultad para tragar?	Si
8	¿Presenta cansancio?	Si

Tabla II. Preguntas y respuestas prueba 6 Diagnóstico “Resfriado”.

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Simulación de Sistema Experto para diagnóstico médico. Diagnóstico Final “Resfriado”.

Fuente: Elaboración propia.

2.Caso 2: Sistema de diagnóstico general para automóviles [6].

En el siguiente caso, se trabajó en función de un Sistema para el diagnóstico de problemas básicos que puede presentar un automóvil. Cuenta con 5 diagnósticos básicos que pueden ser detectados por un ser humano, tales como: cambio de aceite, falta de alineación de dirección, batería agotada, frenos gastados y computadora averiada. En la siguiente tabla podemos observar los distintos diagnósticos posibles y sus respectivos síntomas:

Diagnostico	Síntomas
Cambio de aceite	Problemas en el motor.
	Gasto de combustible elevado.
	Un motor muy ruidoso.
	Problemas para arrancar el vehículo en frío.
Falta de alineación de la dirección	Sensación de menos fuerza en el motor.
	Problemas de la suspensión.
	Giros del auto con volante neutral.
	Alguna llanta más desgastada que otro.
Batería agotada	Un volante muy tembloroso.
	Problemas eléctricos.
	Faros titilantes con poca intensidad.
	Fallos en el encendido del estéreo.
Frenos gastados	Fallo en encendido del auto.
	Una batería muy vieja.
	Problema al frenar.

Frenos gastados	Ruido agudo al frenar.
	Retardo al frenar
Computadora averiada	luz "check engine" encendida en el tablero.
	Luz "check engine" siempre encendida.
Bocina averiada	Problemas con alguna bocina.
	Falta de sonido en la bocina.
	Batería Suficiente.

Tabla III. Diagnósticos y síntomas de CARRS.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la tabla IV, se indican las preguntas y respuestas dadas y en la figura 11 se muestra la respuesta final del sistema.

Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Presenta problemas en el motor?	No
2	¿Presenta problemas de la suspensión?	No
3	¿Presenta problemas eléctricos?	No
4	¿Presenta problemas al frenar?	Si
5	¿Presenta ruido agudo al frenar?	Si
6	¿Presenta retardo en acción de frenado?	Si

Tabla IV. Preguntas y respuestas prueba 4. Diagnóstico "Frenos gastados".

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Simulación de Sistema Experto para detección de fallas en un automóvil. Diagnóstico

Final "Frenos gastados".

Fuente: Elaboración propia.

3.Caso 3: Sistema Experto para el diagnóstico y manejo integral de plagas en el arroz.

Para el último caso, se tomó como ejemplo un Sistema Experto desarrollado en la Universidad Nacional de Trujillo (Perú) por los bachilleres Carlos J. Barrantes y Luis A. Vigo para optar por el título de Ingeniero Informático [4]. Específicamente, en dicho proyecto se llevó a cabo un Sistema Experto móvil realizado a partir de JQuery Mobile, cuyo objetivo era el diagnóstico y manejo integral de plagas en el arroz. Para este caso, se cuenta con 5 diagnósticos posibles de plagas: gusano rojo, mosquilla, sogata, cañero y cogollero, las cuales son las principales que se dan en el Valle Jequetepeque, Perú (Lugar donde se realizó el estudio original). En la siguiente tabla podemos observar los distintos diagnósticos posibles y sus respectivos síntomas:

Diagnostico	Síntomas
Gusano rojo	Dificultad en su capacidad de prendimiento.
	Dificultad en absorción de nutrientes.
	Plantas color amarillento.
Mosquilla	Perforación de la lámina foliar.
	Galerías de color verde claro dejadas por larvas.
	Hojas quebradizas
Sogata	Amarillamiento en las hojas.
	Color chocolate claro en las hojas.
	Formación de fugaminas en las hojas.
Cañero	Sequía y caída de tallos o hojas.
	Ausencia de formación de granos.
	Vanas blancas y erectas.
Cogollero	Hojas y tallos perforados.
	Área foliar de plantas cortadas.
	Plantas muertas.

Tabla V. Diagnósticos y síntomas de Agro Assist Arroz.

Fuente: Elaboración propia.

Al interactuar con el sistema, respondiendo las preguntas mostradas en la tabla nº 6 se obtuvo un diagnostico final que se observa en la figura 12.

Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Presenta dificultad en su capacidad de prendimiento?	Si
2	¿Presenta dificultad en absorción de nutrientes?	Si
3	¿Presenta plantas color amarillento?	No

Tabla VI. Preguntas y respuestas prueba 2. Diagnóstico



Figura 12. Simulación de Sistema Experto para el diagnóstico y manejo integral de plagas en el arroz. Diagnóstico Final “Gusano rojo”.

Fuente: Elaboración propia.

VIII. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los objetivos dados del presente trabajo y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

Se logró construir una base de conocimientos para cada sistema experto creado, basada en hechos y reglas, escrita en un lenguaje natural lógico de primer orden y la cual luego el motor de inferencia pudo entender y utilizar, siendo modificada según el SE a simular.

Al trabajar con tecnologías web actuales tales como HTML5, JQuery, bootstrap y PHP5 se obtuvo una interfaz de usuario amigable, de fácil manejo y dinámica, permitiendo crear, ejecutar y modificar sistemas expertos para la ayuda en la toma de decisiones.

Se logró implementar SWI-Prolog como motor de inferencia para cada sistema desarrollado teniendo un excelente rendimiento y tiempos de respuesta, dando a conocer un poco más la posible interacción de tecnologías web con el lenguaje de programación lógica. Se logró mejorar las versiones de artículos similares consultados, optimizando la cantidad de código generado de manera significativa.

Tomando en cuenta, Sistemas Expertos para la ayuda

en la toma de decisiones creados y hallados en repositorios en línea, se pudo comprobar de manera satisfactoria la ejecución y simulación de cada uno de ellos, desde sistemas de diagnóstico médico hasta diagnóstico y manejo integral de plagas en los cultivos de arroz, obteniendo resultados similares a los dados originalmente por cada uno de sus autores. Se tuvo la particularidad, en el tercer caso, de tomar en cuenta la aparición de factores de disyunción los cuales se cubrieron generando un conjunto de reglas adicionales a las básicas logrando así el correcto funcionamiento del sistema siguiendo los resultados obtenidos previamente por los autores de los diferentes casos de estudio, en sus respectivos artículos.

Se logró, para cualquier usuario experto, crear su propio sistema experto denominado “Experto Virtual” contribuyendo hacer perdurable en el tiempo dicho conocimiento generado.

Adicionalmente, se puede compartir dicho conocimiento, con usuarios que requieran del mismo, a través de la interfaz gráfica generada para los usuarios que requieren de dicho conocimiento.

IX. RECOMENDACIONES

De los resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo, se recomiendan las siguientes funciones para futuras investigaciones:

Se recomienda el estudio de las librerías que provee SWI-Prolog para el desarrollo de aplicaciones web y para el manejo de bases de datos a partir de otros formatos, las cuales podrían mejorar el rendimiento de la herramienta.

Se plantea como requisito para la próxima versión del “Experto Virtual” la creación de una opción de importar a través de un archivo de texto con una extensión y un formato específico las bases de conocimientos de los Sistemas Expertos a crear.

X. REFERENCIAS

- [1].De Ávila Ramos, J. (octubre de 2000). Sistemas Expertos. Obtenido de Geocities.ws: http://www.geocities.ws/hectorcaracan/Foro_SIG_SE/SE_11.htm
- [2].Sistemas Expertos. (Sf). Obtenido de www.fro.utn.edu.ar: https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_ano/orientadora1/monogriais/pignani-sistemasexpertos.pdf
- [3].Badoró, S., Ibáñez, L. J., & Agüero, M. J. (2013). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. Obtenido de www.palermo.edu: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf
- [4].Barreantes Angulo, C. J., & Vigo Portilla, L. A. (2015). Sistema Experto móvil para el diagnóstico y manejo integral de plagas en el arroz. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

[5]. Shortliffe, Edward (1972).
Department of Medicine and Computer Science
Heuristic Programming Project
Stanford University School of Medicine, California.
[6]. Arreola, Cristian (2017, Agosto 1). Sistema experto en
prolog diagnóstico mecánico CARRS 2017. [Video file].
Recuperado de

<https://www.youtube.com/watch?v=DC6BKIHPyCc>.
[7]. Arreola, Cristian (2016, Agosto 7). Sistemas expertos
en prolog diagnóstico médico 2017. [Video file].
Recuperado de
<https://www.youtube.com/watch?v=yVG9HZqsH-I>.