



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS  
José Martí Pérez

*Facultad de Ciencias Técnicas y Empresariales*  
*Ingeniería Informática*

*Trabajo de diploma para optar por el título de*  
*Ingeniería Informática*

***Título:*** *Sistema Experto para el diagnóstico de pulpitis en*  
*la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.*

*Autor:* Adalberto Rojas Socarrás

*Tutor (a):* MSc. Roxana Martín Ramos

*Ing. Maday Bermúdez Marrero*

*Consultante:* Dra. Yudit Aleaga Escalona.

*Junio, 2019*

*Sancti Spíritus, Cuba*

*“Año 61 de la Revolución”*

## **Agradecimientos**

## **Dedicatoria**

*A todos mis seres queridos, porque sin ustedes no hubiera sido posible mi trayectoria y la realización de este proyecto.*



## **Resumen**

El presente trabajo se desarrolla como parte de un proyecto de investigación que involucra a la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” y la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus. El mismo tiene como objetivo desarrollar un sistema experto (SE) para el diagnóstico de pacientes con pulpitis. Además se emplea la metodología para el desarrollo de SE propuesta por el Dr.C. Mateo Lezcano Brito en su libro «Prolog y los Sistemas Expertos». En el desarrollo del sistema se utilizó la implementación del lenguaje Prolog, SWI-Prolog, para la base de conocimiento y Java para la interfaz visual. Como resultado se obtiene el SE-PIP, una aplicación que ayuda a identificar y clasificar pacientes con pulpitis reversible o irreversible en la provincia de Sancti Spíritus debido a la alta prevalencia de esta urgencia estomatológica en nuestro país y en la cual nuestra provincia no está exenta.

## **Abstract**

The present work is developed as part of a research project involving the University of Sancti Spíritus "José Martí Pérez" and the Provincial Stomatological Clinic of Sancti Spíritus. It aims to develop an expert system (SE) for the diagnosis of patients with reversible or irreversible pulpitis and its stages. In addition, the methodology for the development of SE proposed by Dr.C. Mateo Lezcano Brito in his book «Prolog and the Expert Systems». In the development of the system we used the Prolog language implementation, SWI-Prolog, for the knowledge base and Java for the visual interface. As a result the SE-PIP is obtained, an application that helps to identify and classify patients with reversible or irreversible pulpitis in the province of Sancti Spíritus due to the high prevalence of this stomatological emergency in our country and in which our province is not exempt.

# Índice

Introducción.....	1
1.1 Características Generales de las Pulpitis reversibles e irreversibles .....	8
1.1.1 Epidemiología.....	9
1.1.2 Factores de riesgo.....	10
1.1.3 Estadíos de las pulpitis .....	11
1.1.4 Diagnóstico y tratamiento .....	14
1.2 Sistemas expertos para el diagnóstico .....	15
1.2.1 Sistemas Basados en el Conocimiento. ....	15
1.2.4 Sistemas Expertos. ....	19
Sistemas Expertos para el diagnóstico .....	23
1.3 Metodología para el desarrollo de un Sistema Experto.....	23
1.4 Tecnologías y herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos. ....	25
1.5 Conclusiones parciales. ....	29
Capítulo 2: Análisis, diseño e implementación de la propuesta de solución. ....	30
2.1 Identificación.....	30
2.2 Establecer Conceptos.....	34
2.3 Formalización. ....	35
Clasificación del conocimiento. ....	35
2.4.1 Formalización de las reglas .....	38
2.5 Conclusiones parciales. ....	46
Capítulo 3: Descripción y validación de SE-PIP.....	47
3.1 Implementación de la interfaz del usuario. ....	47
Aspectos a tener en cuenta para la interacción de SWI-Prolog y Java.....	49
3.2 Manual de usuario.....	51
3.2.1 Facilidades que brinda al usuario. ....	52
3.2.2 Menús.....	53
3.3 Pruebas.....	56
3.4 Conclusiones Parciales .....	63
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	65
Referencias Bibliográficas.....	66
Anexos .....	70

### **Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1: (Estructura de los módulos del SE-PIP).....	37
Ilustración 2: Diagrama de Caso de Uso del Sistema .....	43
Ilustración 3: Pantalla con error.....	51
Ilustración 4: Pantalla principal del software.....	53
Ilustración 5: Menú Acerca de.....	53
Ilustración 6: Menú Tratamiento.....	54
Ilustración 7: Menú Ayuda.....	55

### **Índice de Tablas**

Tabla 1: Planificación de Pruebas para SE-PIP. ....	58
Tabla 2 :Caso de prueba Validar consultar Factores de Riesgo. ....	59
Tabla 3: Caso de prueba Validar consultar Diagnóstico de la pulpitis.....	60
Tabla 4: Caso de prueba Validar consultar Estadificación. ....	61
Tabla 5: Caso de Uso Factores de Riesgo.....	70
Tabla 6: Caso de Uso Diagnóstico de Pulpitis.....	71
Tabla 7: Caso de Uso Estadificación.....	72
Tabla 8: Caso de Uso Diagnóstico Diferencial. ....	73
Tabla 9: Caso de Uso Tratamiento.....	74
Tabla 10: Caso de Uso Ayuda.....	75
Tabla 11: Caso de Uso Acerca de.....	76

# Introducción

La investigación científica ha buscado desde sus inicios el desarrollo de nuevas técnicas para resolver problemas de gran connotación social. Uno de los sectores en que predomina la investigación es en el área de la salud. Personas o grupos de trabajo dedican su actividad de creación a nuevas técnicas de tratamiento, vacuna, fármaco o procesos de tratamiento que puedan prevenir, curar o detener el progreso de ciertas enfermedades (González Casas, 2016).

La estomatología no está exenta de ello, y una de las enfermedades más estudiadas por su alta prevalencia es la enfermedad pulpar (Portal & Ramírez, 2015).

La enfermedad pulpar es la respuesta de la pulpa ante un irritante, a la que inicialmente se adapta y en la medida de la necesidad se opone, organizándose para resolver favorablemente la leve lesión o disfunción ocurrida por la agresión, si ésta es grave (como herida pulpar o caries muy profunda) la reacción pulpar es más violenta al no poder adaptarse a la nueva situación, intenta al menos una resistencia larga y pasiva hacia la cronicidad; si no lo consigue, se produce una rápida necrosis y aunque logre el estado crónico parece totalmente al cabo de cierto tiempo (Montoro Ferrer, Fernández Collazo, Vila Morales, Rodríguez Soto, & Mesa González, 2012).

Entre las enfermedades pulpares están las pulpitis. Esta es una de esas enfermedades que probablemente casi todos tendremos alguna vez en la vida, pero pocos llegamos a nombrarla correctamente. Esa dolencia no es más que la inflamación de la pulpa, ubicada en el interior de diente. El dolor es el síntoma que la caracteriza, al que se suman otros signos producto de las pruebas de vitalidad, térmicas y de percusión que se utilizan para su diagnóstico (Montoro Ferrer, Fernández Collazo, Vila Morales, Rodríguez Soto, & Mesa González, 2012).

Las principales causas que las ocasionan son; irritantes microbianos (caries dental), irritantes mecánicos, térmicos, químicos y eléctricos (el electrogalvanismo), lesiones traumáticas y la enfermedad periodontal. En ciertas enfermedades como la diabetes, gota o nefropatías se pueden producir intoxicaciones endógenas que pueden afectar a la pulpa. Algo similar sucede en las intoxicaciones de carácter exógeno producidas por mercurio o

plomo. También se producen afecciones pulpares fisiológicas por el envejecimiento e idiopáticas en las cuales no se encuentra causa conocida (Montoro Ferrer et al., 2012).

Las pulpitis pueden ser reversibles o irreversibles:

**Pulpitis reversibles:** Inflamación suave a moderada de la pulpa ocasionada por varios estímulos, en la cual el tejido es capaz de regresar al estado no inflamatorio después de retirar el estímulo. En esta fase se presenta un dolor agudo no localizado que cede después de ser retirado el estímulo. El dolor no es duradero ni intenso, disminuye y tiende a desaparecer rápidamente al cesar el estímulo térmico. Las pruebas eléctricas normales o ligeramente aumentadas con respecto a los dientes adyacentes y la pulpa no expuesta (sin invasión de microorganismos) (Cedeño, 2015).

**Pulpitis irreversible:** Es una respuesta exagerada y prolongada de dolor ante un estímulo que puede ser térmico, eléctrico, mecánico y químico, no obstante, puede aparecer espontáneamente sin ningún agente estimulador, este tipo de dolor al ser de alto grado lleva a los pacientes a una consulta odontológica, desgraciadamente en estas instancias es demasiado tarde y el único tratamiento es una biopulpectomía, dicho tratamiento consiste en la remoción total de la pulpa dental que se encuentra agredida irreversiblemente (Zavala, Medina-Peralta, & Dorantes, 2015).

En Cuba como en el resto del mundo la pulpitis se manifiesta como de la enfermedades pulpares de mayor prevalencia de hecho la mayoría de las urgencias en las clínicas estomatológicas cubanas se deben a estas patologías pulpares, pues a pesar de las medidas profilácticas, preventivas y curativas en función de la caries dental, esta sigue siendo la enfermedad que se encuentra más diseminada en los seres humanos con una prevalencia del 90%. Su comportamiento varía entre los países e influye el estilo de vida, el medio y el sistema de salud (Cedeño, 2015).

En un estudio descriptivo y trasversal realizado en nuestro país a una muestra de 270 trabajadores en el ciclo septiembre 2006 a junio 2007 dio como resultados un 19,6% de enfermedades pulpares con un 52,8% para el grupo de edad de 35-59 años y un 79,2% para el sexo femenino. La mayor frecuencia de afectación de los dientes posteriores, esto se debe a las características anatómicas de estos dientes. Además, en este grupo se encuentra el primer diente permanente que hace erupción en la cavidad bucal, por tanto,

está más tiempo expuesto a las agresiones del medio ambiente (Montoro Ferrer et al., 2012).

La necesidad de mejorar los medios de diagnóstico, determinó que en las dos últimas décadas se hayan incorporado técnicas de computación tales como la inteligencia artificial y el procesamiento digital de imágenes entre otras, destacándose el uso de los Sistema Expertos por su versatilidad y posibilidad de condensación del conocimiento experto, traspasando en pocos años las fronteras de los laboratorios, para tomar un lugar en hospitales, industrias, oficinas y muchos otros sitios mientras la bibliografía extranjera refleja como en los últimos años cientos de ortodoncistas encontraron que las computadoras han contribuido significativamente a la cantidad y calidad de sus habilidades clínicas (López, Rodríguez, & Pestano, 1997).

Teniendo en cuenta que las pulpitis se encuentran dentro de las urgencias que con mayor frecuencia se presentan en las clínicas estomatológicas de Sancti Spíritus, además de la gran cantidad de estudiantes que se encuentran atendiendo a la población la demora de los mismos para atender a todos los pacientes en espera y posibilidad de ser confundida con otras enfermedades bucales se planteó la necesidad de brindar una nueva forma de apoyo a los estudiantes de la Clínica Estomatológica Docente Provincial de Sancti Spíritus para el diagnóstico certero de pacientes con pulpitis reversibles e irreversibles, que contribuya a facilitar la prevención, diagnóstico y tratamiento de esta.

Por las razones planteadas anteriormente se establecen las nuevas tecnologías que sirven de apoyo hoy día para el hombre en la realización de sus diversas actividades, constituyendo un paradigma en la sociedad del Conocimiento. Dentro de este paradigma se encuentra la Inteligencia Artificial (IA), proporcionando métodos y herramientas para gestionar el conocimiento, emulando a los sujetos cognoscentes (Vásquez, 2010).

La Inteligencia Artificial es una rama de la ciencia de la computación cuyo principal objetivo es llevar a la computadora las amplias capacidades del pensamiento humano y, para ello, estas se convierten en “entes inteligentes” con la creación de software que les permite imitar algunas de las funciones del cerebro humano en aplicaciones particulares. El fin no es reemplazar al hombre, sino proveerlo de una herramienta poderosa para asistirlo en su trabajo (García Valdivia, Bello Pérez, Gálvez Lío, Lezcano Brito, & Reynoso Lobato, 2000).

El término inteligencia cubre muchas habilidades conocidas, incluyendo la capacidad de solucionar problemas, de aprender y de entender lenguajes; la IA dirige todas estas habilidades. La mayoría de los esfuerzos en IA se han hecho en el área de solucionar los problemas, los conceptos y los métodos para construir los programas que razonan estos problemas y luego calculan una solución. Los programas de IA que logran la capacidad experta de solucionar problemas aplicando las tareas específicas del conocimiento se llaman Sistemas Basados en Conocimiento o Sistemas Expertos (SE) (Pignani, 2011).

Los SE son la incorporación en un ordenador de un componente basado en el conocimiento que se obtiene a partir del conocimiento técnico de un experto de tal forma que el sistema pueda ofrecer asesoramiento inteligente en el proceso (Pignani, 2011).

El progreso sorprendente experimentado por el uso de los medios informáticos durante los últimos años constituye un indicador del nivel de integración, la utilidad y el papel excepcional que desempeñan las computadoras en el mundo contemporáneo y en particular, en la esfera médica (Expósito Gallardo & Ávila Ávila, 2008).

Cuba no se encuentra ajena a los avances experimentados en el sector de las nuevas tecnologías. Una de las expresiones de la importancia concedida a este novedoso campo consiste en el desarrollo de un impetuoso programa de informatización que enfatiza en "la conveniencia y necesidad de dominar e introducir en la práctica social, las tecnologías de la información y las comunicaciones y lograr una cultura digital", en especial en la esfera de la salud, a causa de la relevancia que atribuye el estado, al bienestar general, físico y mental de la población (Expósito Gallardo & Ávila Ávila, 2008).

Debido a las grandes ventajas antes mencionadas que adquieren los SE en el área de la salud pueden vincularse a la estomatología donde según un estudio realizado, las urgencias estomatológicas en la provincia Sancti Spíritus se evidencia que 10,8 % de estas sobrepasan discretamente al indicador que se mide a nivel nacional con respecto al total de consultas y se evalúa de forma tal que no debe sobrepasar el 10 % como medida de la calidad de los servicios estomatológicos preventivos ofrecidos a la población (Portal & Ramírez, 2015).

Los avances en términos de SE pueden traducirse incluso en ventajas económicas. De acuerdo con un informe de la firma Frost & Sullivan, al ayudar a diagnosticar y detectar prematuramente enfermedades.

## Antecedentes

En cuanto a la detección temprana de enfermedades, los SE pueden llegar a ser, incluso, más efectivos que los métodos que se usan en la medicina tradicional. Como lo demostró una herramienta creada por investigadores Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, que se basaba en un SE para el diagnóstico de anomalías craneofaciales. Este sistema es una herramienta de diagnóstico para ortodoncistas, residentes y estomatólogos dedicados a la ortodoncia y puede también ser empleado como un sistema tutorial inteligente para el estudio de la ortodoncia.

Otro de los SE relacionado con la estomatología desarrollados en el mundo se encuentra el Sistema informático experto integrado a una clínica odontológica móvil predice y aconseja tratamientos este fue desarrollado por empresa Innovaciones Tecnológicas S.A.C. y la Universidad Peruana Cayetano Heredia y su objetivo fue aplicar una tecnología en zonas rurales y excluidas ya que muchos profesionales de odontología no cuentan con una especialización en las áreas de odontopediatría, operatoria, rehabilitación oral, patología bucal y otras, por lo que es necesario utilizar una herramienta que pueda predecir y aconsejar qué tratamientos realizar en estas zonas del Perú .

En nuestro país también los SE se han desarrollado en el campo de la estomatología un ejemplo de ello es el sistema experto DIAG el cual fue creado para diagnosticar anomalías cráneo-faciales este SE se desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Análisis Exploratorio de datos de la Academia de Ciencias de Cuba.

Por otra parte para el diagnóstico de las enfermedades pulpares también se ha desarrollado un SE el cual tiene por nombre Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades pulpares este se desarrolló en la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” pero solo tienen acceso a él los usuarios de la biblioteca de dicha institución.

De acuerdo a los orígenes planteados anteriormente unidos a la necesidad impostergable de identificar a tiempo dichas lesiones se plantea el siguiente Problema de Investigación: ¿Cómo contribuir al diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Docente Provincial de Sancti Spíritus?

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, y como solución al problema se define como objetivo general de la investigación: Desarrollar un Sistema Experto para el

diagnóstico de pacientes con pulpitis mediante los signos y síntomas además de los factores de riesgo en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.

Del objetivo general se plantean las siguientes Preguntas de Investigación:

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos que permitan desarrollar un sistema experto para el diagnóstico de pacientes con pulpitis?
2. ¿Cómo diseñar un Sistema Experto, basado en la metodología seleccionada para el diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus?
3. ¿Cómo implementar un Sistema Experto para el diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus?

Para responder a las preguntas científicas se plantean las Tareas de Investigación:

1. Determinación de los fundamentos teóricos y metodológicos que permitan desarrollar un sistema experto para el diagnóstico de pacientes con pulpitis.
2. Diseño de un Sistema Experto utilizando la metodología seleccionada para el diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.
3. Implementación de un Sistema Experto para el diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

En la Introducción se expresa los aspectos más generales de la investigación del diseño teórico y metodológico.

En el Capítulo 1 se trata el tema de la Inteligencia Artificial y la relación que tienen los Sistemas Expertos con esta rama de la ciencia de la computación. También se abordan elementos de la enfermedad conocida como Pulpitis.

En el Capítulo 2 se describen aspectos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, las relaciones que se establecen entre ellos, se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización e implementación.

En el Capítulo 3 se valida el sistema propuesto, se explican los pasos a seguir para la unión de la base de conocimiento en lenguaje Prolog con el IDE NetBeans y Java como lenguaje para la interfaz visual, las opciones que brinda SE-PIP y aspectos que se tuvieron en cuenta para su diseño, contando, además, con un manual de ayuda. Finalmente aparecen las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y los anexos.

# Capítulo I: Fundamentos teóricos y metodológicos de un sistema experto para el diagnóstico de pacientes con Pulpitis.

El presente capítulo describe las principales características relacionadas con la pulpitis, así como sus posibles síntomas y tratamiento. Conjuntamente se realiza un estudio de las distintas metodologías, tecnologías y herramientas computacionales, donde se establecerán las que van a ser utilizadas para la confección del sistema.

## 1.1 Características Generales de las Pulpitis reversibles e irreversibles

La Pulpitis dental es un estado de inflamación, producida por la presencia de un irritante pulpa de índole traumática, físico, químico o bacteriano. Clínicamente la pulpa se encuentra vital pero muy inflamada, reversible o irreversible (Autores, 2013).

Algunos autores describen el grado de reversibilidad o irreversibilidad en función de las características del dolor.

Pulpitis reversible:

- Dolor no duradero
- Dolor no intenso
- Dolor que disminuye y tiende a desaparecer rápidamente al cesar el estímulo térmico.
- Pruebas eléctricas normales o ligeramente aumentadas con respecto a los dientes adyacentes.
- Pulpa no expuesta (sin invasión de microorganismos).

Pulpitis irreversible: generalmente es consecuencia de una pulpitis reversible no tratada. Si existe una comunicación (fístula) de la cámara pulpar con la cavidad oral, un cuadro de gran severidad puede permanecer asintomático, pues se permite la evacuación del exudado.

- Dolor espontáneo.
- Dolor duradero.

- Dolor que permanece al disminuir el estímulo térmico. En algunos casos puede incluso aliviarse al aplicar el estímulo.
- Pruebas eléctricas diferentes de los otros dientes.
- Pulpa expuesta (Cedeño, 2015).

Es un estado inflamatorio avanzado de la pulpa donde existe gran compromiso vascular sin posibilidad de repararse y el paciente presenta dolor intenso. Si no se trata puede progresar a necrosis o periodontitis apical. La intensidad de los síntomas clínicos varía según aumenta la inflamación, dependiendo del grado de presión intrapulpar y de la viabilidad de las fibras nerviosas (Autores, 2013).

### 1.1.1 Epidemiología

La pulpitis además de ser el segundo lugar entre las enfermedades más comunes de la cavidad bucal representa el 40.28% de las urgencias odontológicas según un estudio de la universidad de Zulia y el instituto de investigaciones de la facultad de odontología de Venezuela 2012 (Samra de Quintero & Rivera- Fuenmayor, 2008).

Estudios realizados en Perú determinaron que el mayor número de tratamientos de conductos se ubicó a los 36 años, no hallando diferencia significativa entre las edades según el género, también se planteó que las mujeres reciben terapia de canales con mayor frecuencia, debido a que disponen de más tiempo para el tratamiento. Con respecto al género, diversos estudios hallaron que en su mayoría pertenecen al género femenino, encontraron que la mayor cantidad de pacientes correspondían a estudiantes, amas de casa y en su mayoría eran de sexo femenino entre las edades de 20 a 35 años (González-Román, Quintana del Solar, Matta-Morales, & et al, 2005).

Entre enero de 2007 y julio de 2008 en Las Tunas, Cuba se realizó un estudio en 1764 pacientes que presentaron pulpitis irreversible ocasionada por caries dental. Los grupos etarios más afectados fueron el de 25 a 34 años, con 41,2 %, y de 35 a 59 años, con 39,6 %. Con relación al sexo no se presentaron diferencias significativas, pues el masculino estuvo representado por el 51,1 % y el femenino por el 48,9 %. Los grupos poblacionales más afectados fueron los trabajadores estatales con el 65,3 % y los estudiantes preuniversitarios con el 38,3 %. Los tipos de caries, en cuanto a localización y profundidad, que más frecuentemente originaron estas afecciones fueron las de fosas y fisuras y de dentina profunda, en un 80,8 % y un 72,7 % respectivamente. El tipo de pulpitis irreversible más frecuente fue la supurada,

presente en el 58,8% (Rodríguez-González, Ureña-Espinosa, & Portelles-Morales, 2009).

Por otro lado en Cuba se realizó un estudio en el Hospital Ramón Pando Ferrer durante el período 2009-2010, encontrándose que la prevalencia de las enfermedades pulpares fue de 19,6% (Zavala et al., 2015).

De acuerdo a un estudio cubano de 2009 el factor etiológico que más incidió en la aparición de las enfermedades pulpares fue la caries dental con 90.6%, comportándose de forma similar en todas las edades. La caries dental afectó en mayor frecuencia a los molares permanentes con 51,7 %, mientras que los traumas afectaron en un 100 % a los incisivos permanentes. En México en el año 2008, Mendiburu realizó un estudio en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Yucatán que incluyó 829 órganos dentarios de 60 pacientes adultos mayores reportando que 63% (n=38) tuvieron enfermedad pulpar. La edad en la que se presentó con mayor frecuencia fue en el grupo etario de 65 69 años de edad (31.6%). El promedio de edad fue de 69±5años. La causa más frecuente de enfermedad pulpar en orden descendente fue: caries radicular 55%, abrasión 17%, caries coronal 13%, atrición 8%, fractura 4%, enfermedad periodontal 2% y iatrogenia 1% (Mendiburu-Zavala & Rodríguez -Fernández, 2008).

### 1.1.2 Factores de riesgo

La inflamación del tejido pulpar dentario ante una agresión directa o indirecta se conoce con el nombre de pulpitis. Sus principales causas son:

- Infecciosas: caríes dental
- Mecánicas: atrición, abrasión dental, bruxismo
- Físicas: traumatismos
- Térmica: en las preparaciones dentarias
- Químicas: ácidos
- Obturaciones iatrogénicas

### 1.1.3 Estadíos de las pulpitis

#### Pulpa vital reversible

##### Hiperemia pulpar

Consiste en un mayor aporte de sangre a una región determinada, en este caso a la pulpa dental. No se considera una entidad nosológica, es decir, no es una enfermedad de la pulpa, sino más bien un síntoma, una congestión como resultado de complejas reacciones neurogénicas, químicas y físicas ante la presencia directa del agente lesionante, se considera un estado preinflamatorio reaccional, muchas veces como un estado inicial inflamatorio, representando una señal de alerta, un signo indicativo de que la tolerancia de la pulpa está llegando al límite máximo de tolerancia fisiológica. Debe ser encarado como un estadio momentáneo de la circulación sanguínea, y por tanto una situación reversible una vez que se elimine la causa.

##### Diagnóstico clínico:

- Dolor a los cambios térmicos como el frío y el calor, no hay dolor espontáneo, el tiempo refractario de la sensación dolorosa es mínimo y desaparece rápidamente cuando se elimina el estímulo.
- Examen clínico: se puede apreciar caries, recidiva u obturación defectuosa, secuela de trauma dentario, cúspides agrietadas, lesiones cervicales con dentina expuesta, enfermedad periodontal, disfunción oclusal, bruxismo.
- Transiluminación: translúcida.
- Prueba eléctrica: positiva, el diente reacciona más rápido de lo normal.
- Prueba térmica: positiva, sensibilidad al frío y al calor.
- Percusión: negativa.
- Examen radiográfico: solo pudiera aparecer alguna caries proximal (Naya & Castillo, 2013).

##### Pulpitis aguda serosa transitoria

En esta fase aparece una reacción inflamatoria donde hay un mayor flujo sanguíneo, aumento del volumen de los vasos, seguido de mayor permeabilidad vascular, compatible

con una pulpitis aguda, que se puede denominar transitoria, donde estableciendo un buen diagnóstico y una adecuada protección del complejo dentino pulpa se le puede devolver la normalidad a la pulpa.

Diagnóstico clínico:

- Dolor transitorio de leve a moderado, que puede aparecer espontáneo, sensación dolorosa a los cambios térmicos y otros estímulos, que demora más tiempo en desaparecer, se alivia con analgésicos.
- Examen clínico: se puede apreciar caries, recidiva u obturación defectuosa, secuela de trauma dentario, tratamientos conservadores, abrasión, atrición, enfermedad periodontal, disfunción oclusal, bruxismo.
- Prueba eléctrica: hipersensibilidad.
- Prueba térmica: hipersensibilidad al frío.
- Percusión: negativa.
- Examen radiográfico: solo pudiera aparecer alguna caries proximal (Naya & Castillo, 2013).

## Pulpa vital irreversible

### Pulpitis aguda serosa

En la fase inicial, en el entorno de la microcirculación sanguínea continúan apareciendo cambios, si no es tratada a tiempo y como consecuencia del transvasamiento de los líquidos plasmáticos, hay un aumento de la viscosidad sanguínea y una disminución de la velocidad de la corriente circulatoria, estableciendo la dinámica de la inflamación y convirtiendo el cuadro clínico en una pulpitis irreversible.

Diagnóstico clínico:

- La sintomatología dolorosa se agrava en relación a la fase incipiente.
- Examen clínico: se puede apreciar caries, recidiva u obturación defectuosa, secuela de trauma dentario, tratamientos conservadores, abrasión, atrición, enfermedad periodontal, disfunción oclusal, bruxismo.
- Prueba eléctrica: hipersensibilidad.
- Prueba térmica: hipersensibilidad al frío.

- Percusión: negativa.
- Examen radiográfico: solo pudiera aparecer alguna caries proximal (Naya & Castillo, 2013).

### Pulpitis aguda supurada

La pulpitis aguda serosa ya instalada puede evolucionar rápidamente dando un cuadro agudo purulento dependiendo de la resistencia y de la defensa del órgano pulpar, así como del grado de virulencia bacteriana o de la irritación del agente patógeno.

Diagnóstico clínico:

- El dolor es espontáneo, de moderado a severo, pulsátil, constante, persistente, irradiado en el estadio inicial y localizado en estadios más avanzados, aumenta con los cambios posturales y con el calor y disminuye con el frío.
- Examen clínico: se puede apreciar caries, recidiva u obturación defectuosa, secuela de trauma dentario, tratamientos conservadores, abrasión, atrición, enfermedad periodontal, disfunción oclusal, bruxismo.
- Prueba eléctrica: positiva, sensibilidad aumentada o disminuida en dependencia del daño pulpar.
- Prueba térmica: mayor sensibilidad al calor que al frío.
- Percusión: negativa, pudiera ser positiva en períodos más avanzados.
- Examen radiográfico: solo pudiera aparecer alguna caries proximal o recidiva de caries (Naya & Castillo, 2013).

### Pulpitis crónica ulcerada y hiperplásica

La pulpitis aguda puede evolucionar lentamente a una crónica mediante una modificación de la relación entre el agente lesionante y el hospedero, donde el agente lesionante no muere, sino que queda debilitado, y la reacción exudativa aguda provoca una transición hacia el cuadro inflamatorio crónico y origina una pulpitis crónica granulomatosa o hiperplásica o una pulpitis crónica ulcerada. Esta alteración pulpar generalmente se observa en pacientes jóvenes, como resultado de una irritación de baja intensidad y larga duración sobre una pulpa capaz de resistir esta acción irritante.

Diagnóstico clínico:

- El dolor es ocasional, localizado, leve, de corta duración, aumenta con la presión sobre el tejido pulpa, puede presentar molestias a los cambios térmicos.
- Examen clínico: se puede apreciar una exposición pulpa de larga duración, una ulceración sobre el tejido pulpa (cuando se trata de una pulpitis crónica ulcerada) o una hiperplasia de este en forma de coliflor de color rosa pálido, puede aparecer sangramiento si se daña con la masticación (Pulpitis crónica granulomatosa).
- Prueba eléctrica: sensibilidad disminuida.
- Prueba térmica: aumento discreto a los cambios térmicos.
- Percusión: negativa.
- Examen radiográfico: lesión extensa de caries o fractura coronaria que comunica con la cámara pulpar (Naya & Castillo, 2013).

### 1.1.4 Diagnóstico y Tratamiento

Elementos a tener en cuenta para el buen diagnóstico:

Analizar las causas más comunes que provocan alteraciones pulpares:

- Origen microbiano
- Origen traumático
- Origen físico, térmico, eléctrico, mecánico o químico.
- Enfermedad periodontal

Predisponen, además:

- Enfermedades sistémicas
- Carencias nutricionales
- Alteraciones hormonales

Analizar el síntoma del dolor:

- Historia o evolución de dolor
- Tipo de dolor
- Estímulos que desencadenan dolor

Exploración de cara, cavidad bucal y dientes:

- Examen radiográfico

- Prueba o test de vitalidad pulpar (Naya & Castillo, 2013).

## Tratamiento

En las pulpitis reversibles principalmente se debe eliminar la causa, principalmente la emoción del tejido cariado y la consiguiente protección del complejo dentino pulpa mediante sellado temporal o recubrimiento directo o indirecto en dependencia de la profundidad y extensión de la lesión cariosa. Se han obtenido buenos resultados con la aplicación de laserterapia, homeopatía, digitopuntura, auriculopuntura, sugestión e hipnosis (Naya & Castillo, 2013).

Una vez instalada la irreversibilidad de la pulpa se procede a realizar el tratamiento pulporradicular en una sola sesión. Pulpotomía ante la imposibilidad de realizar el tratamiento pulporradicular como alternativa de tratamiento. Pulpotomía con hidróxido de calcio en dientes con incompleta formación radicular. Se aplica además técnicas de laserterapia, acupuntura y homeopatía (Naya & Castillo, 2013).

El área de la salud no es una excepción entre las posibles aplicaciones de la Inteligencia Artificial, Los SE constituyen un valioso recurso en ella, donde han alcanzado notable relevancia en el detección de las enfermedades infecciosas, la capacidad de razonar como un experto es lo que hace que estos sistemas sean útiles para que los aprendices ganen experiencia en dominios en que es necesario obtenerla y hagan explícito el conocimiento que está detrás de ella. Es importante que el futuro profesional tenga la oportunidad de ganar experiencia razonada. Para esto le sería muy útil interactuar con SE en temas específicos de su carrera (Expósito Gallardo & Ávila Ávila, 2008).

### 1.2 Sistemas expertos para el diagnóstico

En esta sesión se abordan de manera general las características de los sistemas basados en el conocimiento. Además, se enfatiza en los sistemas expertos y sus aplicaciones en el diagnóstico.

#### 1.2.1 Sistemas Basados en el Conocimiento.

Los sistemas basados en conocimiento (SBC) surgen como una evolución de los paradigmas de programación a lo largo de la historia de la informática. Son sistemas

computarizados capaces de resolver problemas en el dominio en el cual posee conocimiento específico.

Los SBC representan un paso delante de los sistemas de información convencionales al pretender representar funciones cognitivas del ser humano como el aprendizaje y el razonamiento.

La composición de los SBC consta de: Un mecanismo de aprendizaje, una base de conocimientos, un motor de razonamiento, y medios de comunicación hombre-máquina.

Los SBC se consideran una extensión: un paso tecnológico de los sistemas de información cuyos alcances y complejidad son mayores. Entre sus propósitos destacan:

- Aprender
- Evolucionar
- Adaptar Razonar
- Tomar decisiones
- Contener conocimiento empírico, mundano y del lenguaje
- Analizar problemas
- Generar alternativas de solución
- Emular al experto humano
- Generar conocimiento a partir del que se posee

Entre los productos más significativos de los SBC se encuentran los Sistemas Expertos, los cuales están encargados de representar el conocimiento de los especialistas de una rama en la procura de su aprovechamiento para tareas de diagnóstico, enseñanza y control(Villena Román, Crespo García, & García Rueda, 2012).

### 1.2.2 Formas de Representación del Conocimiento.

El conocimiento juega un papel principal en la solución de problemas, por lo que resulta necesario considerar cuidadosamente la forma de almacenamiento del mismo. Para realizar el almacenamiento del conocimiento es determinante su representación, lo cual no es más que el proceso de estructurar el conocimiento sobre un dominio de aplicación de modo que los problemas sean más fáciles de resolver (Lezcano Brito, 1995).

No existe actualmente una Forma de Representación de Conocimiento (FRC) general capaz de ser usada en todo tipo de aplicación con éxito; las formas disponibles están limitadas a más o menos un dominio específico (Lezcano Brito, 1995). Este autor también apunta que ante una aplicación y la oferta de FRC existentes es necesario realizar la selección de la más adecuada, para lo cual se pueden considerar los criterios siguientes:

- Debe permitir describir el dominio de una manera natural, reflejando tanto como sea posible la estructura de los objetos, los hechos y las relaciones entre ellos.
- Debe aceptar conocimiento empírico, teórico o heurístico, y combinar el conocimiento declarativo con el procedural, de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.
- Debe permitir estratificar el conocimiento de acuerdo a su significado y funciones.
- Debe permitir que el conocimiento de los expertos se represente fácilmente.
- Los expertos en la aplicación deben poder comprender el conocimiento que está almacenado.
- El conocimiento almacenado se debe poder usar con efectividad.

Son muy importantes las diferencias entre cada una de las FRC, ya que en dependencia de la forma en que se representa el conocimiento, se emplearán los mecanismos de inferencia que se ajusten.

Entre las formas de representación del conocimiento utilizadas en la actualidad se encuentran los frames, esta FRC se destaca por su capacidad para almacenar el conocimiento sobre los elementos de un dominio de aplicación que tienen una descripción estereotipada (Lezcano Brito, 1995).

Otra FRC muy utilizada son los scripts, estos son de gran utilidad para almacenar el conocimiento sobre una secuencia estereotipada de acciones, este conocimiento les dice a los sujetos que intervienen en la secuencia de eventos lo que puede suceder en una situación, que evento sigue y qué papel debe jugar cada quien en la actividad social. Por su parte las redes semánticas son la FRC que sobresale por su facilidad para representar asociaciones físicas o causales entre varios conceptos u objetos (Quintanar, 2007).

Dentro de esta variedad, las reglas de producción son la FRC más popular, y para la cual se han desarrollado más herramientas comerciales. En su forma más sencilla, una regla de producción no es más que un par (A, B) que puede representarse en el cálculo proposicional como  $A \rightarrow B$ . Para manipular la información contenida en ellas se utiliza la regla del *modus ponens*: del hecho A y  $A \rightarrow B$  se infiere B.

Las reglas expresan siempre una condicional, con un antecedente y un consecuente. La interpretación de una regla es que si el antecedente se puede satisfacer entonces se obtiene el consecuente (Lezcano Brito, 1995). La regla de producción representa una unidad relativamente independiente de conocimiento la cual puede describir relaciones como las siguientes:

- Si precondición P entonces conclusión C
- Si situación S entonces acción A
- Si condición C1 entonces no condición C2

Las reglas pueden ser comprendidas fácilmente y tienen suficiente fuerza expresiva para: representar reglas de inferencia dependientes del dominio, representar especificaciones de comportamiento, almacenar el conocimiento que pueda ser expresado como heurística experimental y expresar relaciones causales. Se usan para expresar conocimiento deductivo, conocimiento orientado a objetivos y relaciones causales, pero en general son apropiadas cuando el conocimiento a representar aparece naturalmente en forma de reglas, cuando el control del programa es muy complejo o cuando se espera que el programa sea modificado reiteradamente (Lezcano Brito, 1995).

Las reglas de producción han sido utilizadas con éxito como FRC para tareas de diagnóstico, diseño (configuración de computadoras), planificación, problemas deductivos, etc. Pero son inadecuadas para: definir términos, describir objetos y describir relaciones estáticas entre objetos (Quintanar, 2007).

### 1.2.3 Sistemas Basados en Reglas de Producción.

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR) son los más conocidos de los SBC, sistemas basados en el conocimiento clásicos como Cendrar, MYCIN y R1 también conocido como XCON fueron SBR. Estos son SBC en los que la forma de representación del

conocimiento usado son las reglas de producción y como método de inferencia utiliza la regla de *modus ponens* (Lezcano Brito, 1995).

El proceso de solución de problemas en un SBR es crear una cadena de inferencias que constituye un camino entre la definición del problema y su solución. Esta cadena de inferencias puede construirse por dos vías o direcciones de búsqueda:

- a. Comenzar con todos los datos conocidos y progresar hacia la conclusión (dirigida por datos o *forward chaining*).
- b. Seleccionar una conclusión posible y tratar de probar su validez buscando evidencias que la soporten (dirigida por objetivo o *backward chaining*).

El SBR debe ser capaz de ofrecer explicaciones al usuario cuando este se la pida (Gálvez Lío, 2006). Usualmente hay dos momentos donde el usuario puede preguntar:

- Cuando se pide un nuevo dato al usuario: En este caso el usuario puede querer saber por qué (*Why*) se le hace esa pregunta. Ocurre en el razonamiento backward.
- Cuando se termina el proceso de inferencia: El usuario puede querer saber cómo (*How*) se alcanzó la respuesta que se le da. Ocurre en el razonamiento forward.

Entre las ventajas de un SBR se encuentra su modularidad, pues cada regla es una unidad de conocimiento que puede ser añadida, modificada o removida independientemente de las otras reglas existentes, esto da flexibilidad en el desarrollo de la base de conocimiento. Otra ventaja es su uniformidad, ya que todo el conocimiento se expresa en el mismo formato. Además, los SBR ofrecen naturalidad pues las reglas son un formato natural para expresar conocimiento en algunos dominios. Los expertos piensan en los problemas y sus soluciones usando las situaciones existentes para indicar las conclusiones deseadas (Gálvez Lío, 2006).

#### 1.2.4 Sistemas Expertos.

Antes de la aparición de la computadora, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo dentro de la IA al que se le atribuye esa facultad: el de los Sistemas Expertos (SE) (Quintanar, 2007).

Estos sistemas permiten la creación de máquinas que razonan como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitado. En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario, etc.)

para resolver un problema concreto. Ese tipo de modelos de conocimiento por ordenador ofrece un extenso campo de posibilidades en resolución de problemas y en aprendizaje. Su uso se extenderá ampliamente en el futuro, debido a su importante impacto sobre los negocios y la industria (Quintanar, 2007).

Existen varios autores que han definido los SE, a continuación, se citarán algunos de ellos:

(Naylor, 1983) plantea que, un SE es la incorporación en una computadora de un componente basado en el conocimiento que se obtiene a partir de la habilidad de un experto, de forma tal que el sistema pueda dar consejos inteligentes o tomar decisiones inteligentes.

(Adarraga & Zaccagnini, 1988), citan que, una primera caracterización global de la noción de SE afirmarían que son herramientas informáticas cuyo propósito fundamental es reproducir la actuación de un experto humano en un dominio de conocimiento altamente especializado.

Según (Lezcano, 1995) un SE debe ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y/u otros SE, tomar decisiones apropiadas, y explicar por qué se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un SE como un consultor que puede suministrar ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad.

Un SE según (Quijada, 2015) suele diseñarse para que tenga las siguientes características.

- Alto desempeño. El sistema debe tener la capacidad de responder a un nivel de competencia igual o superior al de un especialista en el campo.
- Tiempo de respuesta adecuado. El sistema debe actuar en un tiempo razonable, comparable o mejor al tiempo requerido por un especialista, para alcanzar una decisión.
- Confiabilidad. El sistema experto debe ser confiable y no propenso a “caídas”.
- Comprensible. El sistema debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecutan, de tal modo que sea comprensible.

- Flexibilidad. Debido a la gran cantidad de conocimiento que un sistema experto puede tener, es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento.

Los SE son básicamente un programa de computadora basado en conocimiento y raciocinio que lleva a cabo tareas que generalmente solo realiza un experto humano y ofrecen varias ventajas reales, según (Ardila, 2012) son:

1. Permanencia. A diferencia de un experto humano un sistema experto no envejece, por tanto, no sufre pérdida de facultades con el pasar de los años.
2. Mayor disponibilidad. La experiencia está disponible para cualquier hardware de cómputo adecuado, es decir un sistema experto es la producción masiva de experiencia.
3. Duplicación: Una vez programado un SE lo podemos duplicar infinidad de veces.
4. Rapidez: Un sistema experto puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
5. Bajo costo: A pesar de que el costo inicial pueda ser elevado, gracias a la capacidad de duplicación el coste finalmente es bajo.
6. Fiabilidad: Los sistemas Expertos no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).
7. Consolidar. Nos permite conformar una base de conocimiento

Respuesta rápida. Muchas veces un sistema experto puede proporcionar respuestas más rápidas que la de un especialista. Por otro lado, los SE presentan grandes carencias frente a los seres humanos según (Ardila Rendon, 2012) estas desventajas son:

- ✓ Sentido común. Para un sistema experto no hay nada obvio.
- ✓ Lenguaje natural. Con un experto humano podemos mantener una conversación informal mientras que con un sistema experto no podemos.
- ✓ Capacidad de aprendizaje. Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un sistema experto haga esto es muy complicado.
- ✓ Perspectiva global. Un experto humano es capaz de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.
- ✓ Capacidad sensorial. Un sistema experto carece de sentidos.
- ✓ Flexibilidad. Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.

- ✓ Conocimiento no estructurado. Un sistema experto no es capaz de manejar conocimiento poco estructurado.

Dentro de los desarrollos conocidos sobre SE existen varias arquitecturas posibles, según (Bello Pérez, Gálvez Lío, García Lorenzo, & Lezcano Brito, 1995) se componen de la siguiente:

- La base de conocimientos: Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio, hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos. Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son las reglas de producción.
- La base de hechos (Memoria de trabajo): Contiene los hechos sobre un problema que se han descubierto durante una consulta. Durante una consulta con el sistema experto, el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.
- El motor de inferencia: El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema.
- El subsistema de explicación: Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión.
- Este módulo proporciona beneficios tanto al diseñador del sistema como al usuario. El diseñador puede usarlo para detectar errores y el usuario se beneficia de la transparencia del sistema.
- La interfaz de usuario: La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el

diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar el interfaz usando menús o gráficos.

## Sistemas Expertos para el diagnóstico

Entre los sistemas expertos, los dedicados al diagnóstico han tenido un amplio desarrollo, tanto en el campo de la salud como en la agricultura y otras áreas. Incluso MYCIN uno de los primeros sistemas expertos el cual fue diseñado en los años 70 del siglo pasado, estaba en capacidad de diagnosticar enfermedades infecciosas (Pignani, 2011b).

En el año 1990 se desarrolló un sistema experto para el apoyo a la toma de decisiones en las etapas previas a cirugía del cáncer de próstata en Taiwán. El sistema puede ser usado para evitar cirugías innecesarias de cáncer de próstata. En la medicina también se registran sistemas para ayudar en el diagnóstico de abdomen agudo y anomalías craneofaciales. Existen sistemas expertos de diagnóstico en el campo de la neurofisiología como el propuesto en que se dedica al diagnóstico de parálisis facial con electromiografía (Cortés, González Ramirez, & López García, 1995).

### 1.3 Metodología para el desarrollo de un Sistema Experto.

Al igual que para desarrollar un sistema de información convencional existen varias metodologías de desarrollo como la Ingeniería de la Información, tendencias estructuradas y orientadas a objetos, así existen varias metodologías para desarrollar un sistema experto. El área de sistemas expertos no dispone de una única metodología, sino que varios autores han propuesto una de acuerdo a su forma de desarrollo. Sin embargo, existen algunas que han tenido éxito más que otras lo cual ha llevado a su mayor difusión (Pérez Jiménez, 2008).

Entre las metodologías encontradas en la bibliografía revisada se encuentra la **Metodología de Ingeniería del Conocimiento** (Durkin, 1994). Esta metodología consta de 6 Fases de desarrollo:

Fase1 Evaluación: se realiza la motivación para el esfuerzo, la identificación de los problemas candidatos, el estudio de viabilidad, el análisis de Costo/Beneficio, se selecciona el mejor proyecto y se escribe el proyecto propuesto.

Fase 2 Adquisición del conocimiento: en esta fase se procede a la recolección del conocimiento, la interpretación, el análisis y el diseño de métodos para recolectar conocimiento adicional.

Fase 3 Diseño: se seleccionan, la técnica de representación del conocimiento, la técnica de control y el software de desarrollo de sistema experto. Seguidamente se desarrolla el prototipo, la interface y por último el producto.

Fase 4 Pruebas: se ejecuta la validación del sistema, y posteriormente la evaluación de la Prueba/Evaluación.

Fase 5 Documentación: se revisa la relación de temas que deben ser documentados, se organiza la documentación en hipertexto y se imprime, por último, se realiza el reporte final.

Fase 6 Mantenimiento: en esta última fase se elaboran las modificaciones probables del sistema, se formalizan los responsables de mantenimiento y para culminar se establecen las interfaces de documentación del mantenimiento.

Además, existe otra metodología como es la **Metodología descrita por Mateo Lezcano Brito**. La misma indica como primer paso a seguir cuando se habla de la construcción de un sistema experto, el estudio del dominio, con vista a determinar si es realmente propicia la construcción del sistema experto o no. Este análisis se puede hacer en base a los siguientes criterios:

- Inexistencia de una solución algorítmica para el problema.
- Se trata de problemas relativamente estáticos, comparados con el tiempo requerido para analizarlos.
- Las tareas no son muy fáciles de resolver (se requieren años para formar un perito y además son muy escasos).
- La tarea debe tener interés práctico, produciendo altos beneficios.
- El conocimiento humano pudiera perderse.

Después de hecho este análisis, si se determina que es posible la construcción del sistema experto, se pasa a las siguientes etapas (Lezcano Brito, 1995):

- Identificación del problema: En esta etapa se determina, básicamente, cuál es el problema que se quiere resolver y sus características, así como quienes van a participar en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual, en ese proceso, entre otras cosas. Es más bien un periodo de familiarización, donde tiene

lugar la relación inicial entre el experto y el ingeniero del conocimiento. En una entrevista inicial (y otras sucesivas si es necesario) el experto debe lograr que el ingeniero de conocimiento se lleve una idea general del dominio que se quiere modelar, haciendo una caracterización informal del problema y mostrando algunas descripciones de problemas típicos y los posibles pasos para su solución.

- Establecer conceptos: Se definen los conceptos para la representación del conocimiento. El experto y el ingeniero del conocimiento determinan los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema.
  
- Formalización: En esta etapa se formalizan los conceptos claves y subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización. Se diseñan las estructuras para organizar el conocimiento. Después de un análisis intensivo, por parte del ingeniero de conocimiento, de los diferentes medios de representación con que se cuenta, se determina cuál se adapta mejor a las condiciones del problema, estableciendo un lenguaje formal que incorpore los conceptos formalizados del tema objeto de representación y describa a la vez el mecanismo de solución. La definición de los conceptos y relaciones derivadas (conocimiento inducido) y la creación de reglas que los relacionan con el conocimiento explícito, marca el paso del plano conceptual al formal. En esta etapa el ingeniero del conocimiento juega un papel más activo, determinando: la existencia de datos redundantes, si hay incertidumbre asociada a los datos, si los datos son consistentes y completos para resolver el problema y además si la interpretación lógica de los datos depende de su orden de ocurrencia en el tiempo. Cumpliendo correctamente todas las etapas se formalizan los conceptos claves y subproblemas y se pasa a la implementación.

## 1.4 Tecnologías y herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos.

En el proceso de selección de las herramientas a utilizar para la implementación del software que respalda esta investigación, se realizó un levantamiento del estado actual de las tecnologías que actualmente se usan en el desarrollo de sistemas similares. Haciendo énfasis en las herramientas de código abierto.

## Prolog.

Prolog es un lenguaje de programación para manipular objetos y las relaciones entre ellos y se clasifica como un lenguaje de programación lógica debido a que se basa en la prueba de teoremas, a partir de una base de datos interna formada por reglas escritas en la forma de cláusulas de Horn, donde se aplica el principio de resolución y de unificación. Se dice que Prolog es adecuado para buscar soluciones de problemas que no se saben resolver (Lezcano, 1995).

Por tal razón son muchas las compañías de software que han creado sus propias versiones. La diferencia entre una versión y otra es mínima ya que la sintaxis y la semántica, generalmente, es la misma, la variación que más resalta es el cambio de plataforma para el cual fueron desarrollados.

Entre sus beneficios se pueden destacar:

- ✓ Permite crear programas de IA mucho más rápido y más fácil.
- ✓ Es ideal para implementar sistemas expertos y procesamiento del lenguaje natural.
- ✓ Los mecanismos de inferencias y los procedimientos son partes de él (built-in).

El lenguaje de programación lógica Prolog es, considerado apropiado para la IA por las facilidades que ofrece para la representación del conocimiento, es útil para la realización de sistemas de enseñanza inteligentes. Para desarrollar SE del tipo "clasificación" y "selección", Lezcano Brito recomienda como lenguaje de programación lógica, Prolog (Lezcano, 2000).

## Lenguaje de programación usado

### Java

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Su programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo (conocido en inglés como WORA, o "write once, run any where"), lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Java es, a partir del 2012, uno de los lenguajes de programación más populares en uso, particularmente para aplicaciones de cliente-servidor de web, con unos 10 millones de usuarios reportados (Vielma Parra, A. & C. Rondon, 2012).

Aunque existen más herramientas para crear Sistemas Expertos como Matlab, Lisp, entre otras, java fue el lenguaje de programación elegido debido a la experiencia de algunos años estudiándolo y realizando algunas aplicaciones y ser más factible para la identificación de las enfermedades pulpares y la recomendación oportuna del paciente.

Herramientas de desarrollo utilizadas en esta investigación:

### SWI-Prolog.

SWI-Prolog trabaja en un entorno de Software Libre, licenciado bajo la Lesser Gnu Public License y posee un conjunto de herramientas de gráficos XPCE, su desarrollo se inició en 1987 y ha sido impulsada por las necesidades de aplicaciones en el mundo real. Basándose en una máquina virtual Prolog para definir las instrucciones, SWI-Prolog cuenta con un compilador más rápido y el modo de depuración sólo reduce la velocidad del sistema por un bit. Con alta velocidad de compilación, SWI-Prolog puede ser de gran utilidad para los programadores de Prolog. Su gama de características son suficientes para satisfacer a los usuarios más experimentados, ya que se requiere conocimientos de programación avanzada con el fin de usarlo(Expósito Izquierdo & Melián Batista, 2016).

### NetBeans

La Plataforma NetBeans es una base modular y extensible usada como una estructura de integración para crear aplicaciones de escritorio grandes. Empresas independientes asociadas, especializadas en desarrollo de software, proporcionan extensiones adicionales que se integran fácilmente en la plataforma y que pueden también utilizarse para desarrollar sus propias herramientas y soluciones.

Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Puede ser usada para desarrollar cualquier tipo de aplicación.
- Reutilización de los Módulos.
- Permite el uso de la herramienta Update Center Module.
- Instalación y actualización simple.
- Incluye Templates y Wizards.
- Posee soporte para Php.

También posee varias desventajas, como son:

- Poca existencia de pluguins para esta plataforma.
- Hace falta documentación del Rich Client Plataform (RCP).
- No posee un editor de código HTML (Giménez, M. A, 2012).

Netbeans es el IDE que fue elegido para el desarrollo del sistema experto puesto que es sumamente completo, fácil de usar, cómodo y de excelente calidad; y es completamente gratis. Es muy famoso entre los programadores de java, por lo que hay mucha información al respecto. Además esta versión 9 que se utilizó en el presente proyecto presenta algunas mejoras como el “bulk refactoring tolos”, lo cual permitió la corrección del proyecto y actualización del código, el nuevo depurador visual, soporta el JDK 9 y la característica que fue muy útil es el control de versiones que lleva la cuenta de los errores, la cual permitió volver a una versión anterior para remediar cambios innecesarios y poder diagnosticar con facilidad la enfermedad.

## 1.5 Conclusiones parciales.

El estudio de los fundamentos teóricos y metodológicos para desarrollar un sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo permitió concluir que:

1. Las reglas de producción como forma de representar el conocimiento son adecuadas para resolver el problema planteado.
2. Los sistemas expertos, son sistemas inteligentes con aplicaciones diversas en el área de la medicina, por lo que constituyan una herramienta a tomar en cuenta en esta investigación.
3. La metodología del Dr. Mateo Lezcano Brito descrita en su libro Prolog y los Sistemas Expertos en combinación con el lenguaje unificado del modelo es pertinente para esta investigación.
4. Como herramienta para la implementación de la base de conocimiento Prolog, para la interfaz visual NetBeans8.2.

## Capítulo 2: Análisis, diseño e implementación de la propuesta de solución.

En el desarrollo de esta investigación se utilizó la metodología descrita por el Dr. Mateo Lezcano Brito en su libro Prolog y los Sistemas Expertos, donde primeramente se identifican los elementos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, se define las relaciones que se establecen entre ellos, en base a las cuales se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización e implementación.

La creación de las bases de conocimiento es un complejo y largo período de adquisición de información, llevado a cabo por el ingeniero del conocimiento; quién, partiendo de los juicios y opiniones de diferentes expertos, debe codificar la información obtenida utilizando un lenguaje formal de representación del conocimiento.

De forma complementaria se utilizó el UML con el objetivo de establecer los casos de uso del sistema.

Un estudio del dominio con vista a determinar si es realmente propicia la construcción del SE o no, basados en los siguientes criterios:

- inexistencia de una solución algorítmica para el problema,
- complejidad de las tareas a resolver,
- interés práctico y beneficios que se observaran,
- posibilidad de pérdida del conocimiento humano,

Arrojó que es posible la construcción del Sistema Experto.

Seguidamente se describen las etapas para el diseño del Sistema Experto.

### 2.1 Identificación.

En esta etapa se determinó, básicamente, cuál es el problema que se quiere resolver y sus características, así como quienes van a participar en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual en ese proceso. Este es más bien un período de familiarización, donde tiene lugar la relación inicial entre los expertos y el ingeniero del conocimiento.

Es un encuentro donde los expertos hacen que el ingeniero de conocimiento se lleve una idea general del dominio que se quiere modelar, haciendo una caracterización informal del problema y mostrando algunas descripciones de problemas típicos y los posibles pasos para su solución.

Los participantes en el levantamiento de la base de conocimiento fueron:

- Yudit Aleaga Escalona Especialista en primer grado en Estomatología General Integral (EGI), Máster en atención de urgencias estomatológicas, Profesora asistente.
- Adalberto Rojas Socarrás como ingeniero del conocimiento.

De forma conjunta, se determinaron los elementos del dominio con sus elementos descriptivos, los que se relacionan seguidamente:

Elementos del dominio:

1. Factores de riesgo:

Conceptos descriptivos:

- Caries dental: Enfermedad multifactorial que se caracteriza por la destrucción de los tejidos del diente como consecuencia de la desmineralización provocada por los ácidos que genera la placa bacteriana.
- Abrasión dental: es el desgaste que se produce en los dientes normalmente producido por una forma incorrecta del cepillo dental, aunque hay más causas que pueden desencadenar este tipo de patología oral
- Atrición dental: es la abrasión oclusal fisiológica, que varía según la edad, la potencia masticatoria, el grado de mineralización del esmalte y la resistencia periodontal. Puede presentarse tanto en bordes incisales como en las cúspides de los molares.
- Bruxopata: Hábito inconsciente de apretar o rechinar los dientes que puede provocar molestias en diferentes partes de la cabeza.
- Traumatismo dental: Son lesiones que sufren las piezas dentarias y tejidos blandos a causa de accidentes o eventos violentos que involucran la cavidad bucal. Incidentes tales como caídas o golpes pueden terminar causando fracturas o la pérdida de dientes.
- Obturaciones: Es el procedimiento por el que se restaura la anatomía de un diente que se había visto alterada bien por la existencia de una caries (en este caso denomina empaste) o por una rotura del mismo que genera una cavidad.

2-Diagnóstico de Pulpitis:

Conceptos descriptivos:

- Dolor: Percepción sensorial localizada y subjetiva que puede ser más o menos intensa, molesta o desagradable y que se siente en una parte del cuerpo; es el

resultado de una excitación o estimulación de terminaciones nerviosas sensitivas especializadas.

- Analgésicos: Los *analgésicos* son un grupo de fármacos muy conocidos y son usados habitualmente para calmar dolores de cabeza o de otra índole.
- Percusión Médica: La percusión es una maniobra de exploración clínica consistente en golpear con un dedo sobre otro aplicado sobre una superficie corporal, u ocasionalmente con un instrumento médico, para valorar las variaciones de la sonoridad producida (timpanismo, matidez, etc.) y determinar así el estado de las estructuras anatómicas subyacentes.
- Diente extruído: Consiste en que una pieza dental se sale, sobrepasa su plano oclusal.

### 3- Estadíos:

Conceptos descriptivos:

- Sensibilidad al frío: La sensibilidad es una reacción normal del organismo ante una temperatura exterior baja.
- Hiperplasia del tejido pulpar: Es una hiperplasia de tejido conjuntivo, de forma que la pulpa aumentada de tamaño emerge por la cavidad de la caries.
- Estímulo: Es una señal externa o interna capaz de causar una reacción en una célula u organismo.

**El problema inicial se puede dividir en posibles subproblemas, estos son:**

- Identificar y clasificar las pulpitis como pulpitis reversibles.
- Identificar y clasificar las pulpitis como pulpitis irreversibles.

**Los objetivos relevantes e irrelevantes de la investigación son:**

**Relevantes:**

- Lograr identificar y clasificar las pulpitis reversibles.
- Lograr identificar y clasificar las pulpitis irreversibles.

**Irrelevantes:**

- Obtener información acerca de las pulpitis.
- Realizar consultas referentes a las pulpitis reversibles y/o pulpitis irreversibles.

**Los recursos con que se cuenta para la obtención de información:**

## Libros:

- ✓ El estomatólogo y su relación con el dolor y la sangre. Andrés Pérez Ruíz. Habana 2008
- ✓ Estomatología General Integral .Grisel González Naya- Mita Elena Monteo del Castillo Editorial Ciencias Médicas, La Habana 2013.
- ✓ Prolog y los Sistema Expertos. Dr.C Mateo Lezcano Brito, 1995.
- ✓ Guías Prácticas para Estomatología .Colectivo de autores. Editorial Ciencias Médicas.

## Tesis:

- **Tesis:** Lesiones pulpares y periapicales en pacientes mayores de 18 años que asisten al departamento odontológico del Hospital Verdi Cevallos Balda del cantón Portoviejo. Por María José Chérrez Cedeño
- **Tesis:** *Frecuencia de patologías pulpares y periapicales: Estudio retrospectivo.* Por Diana Elizabeth Valarezo Carpio.
- **Tesis:** Caracterización de Patologías Pulpares Inflamatorias. Por la Dra. Ana Gloria Vásquez de León.

## Entrevistas:

- ✓ Expertos en Estomatología General Integral de la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.

## Revista

Revista: Revista Cubana de Estomatología. Patologías pulpares y periapicales más frecuentes en urgencias en 2 clínicas estomatológicas.

**El alcance que vaya a tener, en un inicio, el problema y las diferentes submetas trazadas:**

**Alcance:**

- La identificación y clasificación de pacientes con pulpitis reversibles.
- La identificación y clasificación de pacientes con pulpitis irreversibles.

**Submetas trazadas:**

- Estudiar toda la bibliografía disponible.
- Confeccionar la base de conocimiento.
- Confeccionar la interfaz visual.

El SE fue realizado en SWI-Prolog ya que ofrece un entorno de software libre de Prolog bajo licencia pública GNU, para desarrollar la interface visual se utilizó Java ya que es un paradigma de programación orientado a objeto que se contribuye gratuitamente para la mayoría de los sistemas operativos y como plataforma se empleó el NetBeans ya que puede ser usado para desarrollar cualquier tipo de aplicación, en él se lleva a cabo la reutilización de módulos y produce instalación y actualización simple.

## 2.2 Establecer Conceptos.

Se definieron los conceptos para la representación del conocimiento. En esta etapa los expertos y el ingeniero del conocimiento determinaron los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema. Se establecieron una serie de elementos esenciales, tales como:

- No establecer factor de certidumbre, inicialmente.
- Los datos de salida constituye posibles casos de pacientes con pulpitis ya sea esta reversible o irreversible.
- El conocimiento se organizó ateniendo a los elementos de dominio y los conceptos descriptivos de estos como ya se había planteado anteriormente, y en base al elemento del dominio que el usuario desee consultar es que se realiza el proceso de razonamiento. Por ejemplo, si el usuario decide consultar los factores de riesgo como elemento del dominio, el proceso de razonamiento seguirá la siguiente estrategia: factores de riesgo de la caries dental, procesos restaurativos defectuosos, traumatismos dentarios sin adecuado seguimiento, tratamientos de ortodoncia, disfunciones oclusales; donde en cada caso se evaluará la respuesta del

usuario en base a los conceptos, dando así, una posible clasificación para el paciente que se esté consultando.

## 2.3 Formalización.

En esta etapa se formalizaron los conceptos claves y subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización. Se diseñaron las estructuras para organizar el conocimiento. Después de un análisis intensivo, de las diferentes formas de representación del conocimiento, se determinó utilizar los sistemas basados en casos en lenguaje Prolog.

### Clasificación del conocimiento.

La organización del conocimiento quedó dividida en tres módulos donde cada uno, dispone de un predicado principal que será el responsable de invocar al conocimiento almacenado en esa parte.

- Módulo 1:
  - **Nombre:** Factores de riesgo.
  - **Predicado principal:** diagnostico.
  - **El proceso de razonamiento a través del predicado principal:**
  - consulta\_general:- dignostico\_posible\_caso
  - diagnostico\_posible\_caso: -pregunta\_caries\_dental
  - diagnostico\_posible\_caso:-pregunta\_atriccion
  - diagnostico\_posible\_caso:-pregunta\_bruxopata
  - diagnostico\_posible\_caso:-pregunta\_traumatismo
  - diagnostico\_posible\_caso:-pregunta\_previa
  
- Módulo 2:
  - **Nombre:** Diagnostico de Pulpitis.
  - **Predicado principal:** diagnostico.
  - **El proceso de razonamiento a través del predicado principal:**
  - consultar\_pulpitis:-diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_dolor\_desaparece
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_dolor\_espontaneo
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_dolor\_irradia
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_dolor\_intenso
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_analgésico
  - diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_percusion

- diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_extruido
- diagnostico\_posible\_caso\_pulpitis:-pregunta\_dentina

- Módulo 3:

- **Nombre:** Estadificación
- **Predicado principal:** diagnostico
- **El proceso de razonamiento a través del predicado principal:**
- consultar\_estadificacion:-diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_cambios\_termicos
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_sensibilidad\_frio
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_agua\_fria
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_cambios\_posturales
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_exploracion
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_masticacion
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_hiperplasia
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_tapizado
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_leve
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_estimulo
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_dolor\_dura
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_dolor\_intenso
- diagnostico\_posible\_caso\_estadificacion:-pregunta\_dolor\_espontaneo

- Módulo 4:

- **Nombre:** Diagnóstico Diferencial

El siguiente módulo muestra un listado con 2 enfermedades periodontales y periapicales las cuales su diagnóstico es bastante similar al de las pulpitis. Por lo que se muestra este módulo para que en caso que el estomatólogo no esté seguro de que es una pulpitis pueda observar las características de estas y pueda despejar sus dudas.

- Módulo 5:

- **Nombre:** Tratamiento.

Este módulo proporcionará información necesaria acerca de los tratamientos que se le deban sugerir al paciente; como, por ejemplo: Tratamiento para la Hiperemia Pulpar y los tratamientos para todos los demás estadíos.

- Módulo 6:
  - **Nombre:** Acerca de.

Este módulo visualiza las características fundamentales de las pulpitis, así como su diagnóstico, prevención y tratamiento lo cual es de suma importancia para el estomatólogo en la obtención de información acerca del tema.

- Módulo 7:
  - **Nombre:** Ayuda.

Este módulo hace referencia sobre que trata el software así como los objetivos que desempeña el mismo y como aprender a trabajar con el sistema en caso de alguna dificultad o duda.

## 2.4 Implementación

En esta fase se combinó y organizó el conocimiento formalizado para hacerlo compatible con las características del flujo de información del problema. Se llevó a cabo la formalización de las reglas que abarcan todo el conocimiento, obteniéndose un primer prototipo, que muestra sobre un esquema elemental la forma en que opera el sistema. El objetivo fundamental de este primer prototipo es obtener una solución inmediata del problema.

La realización de pruebas al primer prototipo y el análisis de las críticas que se hicieron a su funcionamiento sirvieron como punto de partida para la formalización de una versión más avanzada de la base de conocimiento.

### Diseño del sistema.

Los módulos de la base de conocimiento están formados por un bloque de preguntas, un bloque de reglas en algunos casos dependiendo del paradigma seleccionado en la ocasión y un bloque de respuestas; tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

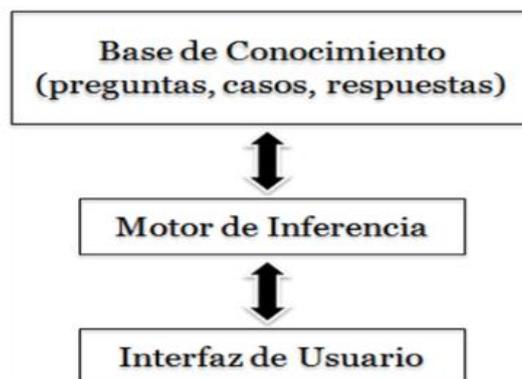


Ilustración 1: (Estructura de los módulos del SE-PIP)

## 2.4.1 Formalización de las reglas

La base de conocimiento se divide en tres partes, un bloque de preguntas, un bloque de reglas y un bloque de diagnóstico tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

### **/\*Bloque de preguntas\*/**

pregunta\_1 ('¿El paciente presenta sensibilidad a todos los cambios térmicos?').

pregunta\_1('¿El paciente presenta sensibilidad a todos los cambios térmicos?', 'si', 'pregunta\_2').

pregunta\_1('¿El paciente presenta sensibilidad a todos los cambios termicos?', 'no', 'pregunta\_2').

pregunta\_2('¿El paciente presenta mayor sensibilidad al frío?').

pregunta\_2('¿El paciente presenta mayor sensibilidad al frío?', 'si', 'pregunta\_3').

pregunta\_2('¿El paciente presenta mayor sensibilidad al frío?', 'no', 'pregunta\_3').

pregunta\_3('¿El paciente presenta un dolor que se alivia al realizar buches de agua fría?').

pregunta\_3('¿El paciente presenta un dolor que se alivia al realizar buches de agua fría?', 'si', 'pregunta\_4').

pregunta\_3('¿El paciente presenta un dolor que se alivia al realizar buches de agua fría?', 'no', 'pregunta\_4').

pregunta\_4('¿El paciente presenta un dolor que aumenta a los cambios posturales?').

pregunta\_4('¿El paciente presenta un dolor que aumenta a los cambios posturales?', 'si', 'pregunta\_5').

pregunta\_4('¿El paciente presenta un dolor que aumenta a los cambios posturales?', 'no', 'pregunta\_5').

pregunta\_5('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la exploración?').

pregunta\_5('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la exploración?', 'si', 'pregunta\_6').

pregunta\_5('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la exploración?', 'no', 'pregunta\_6').

pregunta\_6('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la masticación?').

pregunta\_6('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la masticación?', 'si', 'pregunta\_7').

pregunta\_6('¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la masticación?', 'no', 'pregunta\_7').

pregunta\_7('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una hiperplasia del tejido pulpar?').

pregunta\_7('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una hiperplasia del tejido pulpar?', 'si', 'pregunta\_8').

pregunta\_7('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una hiperplasia del tejido pulpar?', 'no', 'pregunta\_8').

pregunta\_8('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una exposición del tejido pulpar tapizado por tejido necrosado?').

pregunta\_8('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una exposición del tejido pulpar tapizado por tejido necrosado?', 'si', 'pregunta\_9').

pregunta\_8('¿El examen clínico realizado al paciente se observa una exposición del tejido pulpar tapizado por tejido necrosado?', 'no', 'pregunta\_9').

pregunta\_9('¿El paciente presenta un dolor que va leve a moderado?').

pregunta\_9('¿El paciente presenta un dolor que va leve a moderado?', 'si', 'pregunta\_10').

pregunta\_9('¿El paciente presenta un dolor que va leve a moderado?', 'no', 'pregunta\_10').

pregunta\_10('¿El paciente presenta un dolor que desaparece inmediatamente que se retira el estímulo?').

pregunta\_10('¿El paciente presenta un dolor que desaparece inmediatamente que se retira el estímulo?', 'si', 'pregunta\_11').

pregunta\_10('¿El paciente presenta un dolor que desaparece inmediatamente que se retira el estímulo?', 'no', 'pregunta\_11').

pregunta\_11('¿El paciente presenta un dolor que dura algunos segundos y en ocasiones es necesario ingerir analgésicos?').

pregunta\_11('¿El paciente presenta un dolor que dura algunos segundos y en ocasiones es necesario ingerir analgésicos?', 'si', 'pregunta\_12').

pregunta\_11('¿El paciente presenta un dolor que dura algunos segundos y en ocasiones es necesario ingerir analgésicos?', 'no', 'pregunta\_12').

pregunta\_12('¿El paciente presenta un dolor que es intenso y aparece en ocasiones espontáneo?').

pregunta\_12('¿El paciente presenta un dolor que es intenso y aparece en ocasiones espontáneo?', 'si', '-').

pregunta\_12('¿El paciente presenta un dolor que es intenso y aparece en ocasiones espontáneo?', 'no', '-').

### **/\*Bloque de diagnósticos\*/**

diagnostico1(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A = 'true', B = 'true', C = 'true', D = 'true', E = 'true', F = 'true', G = 'true', H = 'true', I = 'true', J = 'true', K = 'true', L = 'true'.

diagnostico2(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A = 'true', B \= 'null', C \= 'null', D \= 'null', E \= 'null', F \= 'null', G \= 'null', H \= 'null', I = 'true', J = 'true', K \= 'null', L \= 'null'.

diagnostico3(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A = 'true', B \= 'null', C \= 'null', D \= 'null', E \= 'null', F \= 'null', G \= 'null', H \= 'null', I = 'true', J \= 'null', K = 'true', L \= 'null'.

diagnostico4(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A \= 'null', B = 'true', C \= 'null', D \= 'null', E \= 'null', F \= 'null', G \= 'null', H \= 'null', I \= 'null', J \= 'null', K \= 'null', L = 'true'.

diagnostico5(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A \= 'null', B \= 'null', C = 'true', D = 'true', E \= 'null', F \= 'null', G \= 'null', H \= 'null', I \= 'null', J \= 'null', K \= 'null', L = 'true'.

diagnostico6(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A = 'true', B \= 'null', C \= 'null', D \= 'null', E = 'true', F \= 'null', G \= 'null', H = 'true', I = 'true', J \= 'null', K \= 'null', L \= 'null'.

diagnostico7(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) :- A = 'true', B \= 'null', C \= 'null', D \= 'null', E \= 'null', F = 'true', G = 'true', H \= 'null', I = 'true', J \= 'null', K \= 'null', L \= 'null'.

### **/\*Bloque de respuestas\*/**

respuesta1 ('Analizando los resultados del diagnóstico llevado a cabo, no se ha podido llegar a una clasificación del estadio pulpar, ya que existen datos redundantes.', "", "").

respuesta2 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis reversible y su estadio es Hiperemia Pulpar. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento"', "", "").

respuesta3 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis irreversible y su estadio es Pulpitis Aguda Serosa. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento",",").

respuesta4 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis reversible y su estadio es Pulpitis Aguda Serosa transitoria. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento",",").

respuesta5 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis irreversible y su estadio es Pulpitis Aguda Supurada. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento",",").

respuesta6 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis irreversible y su estadio es Pulpitis Crónica Ulcerada. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento",",").

respuesta7 ('El paciente se diagnostica como un caso de pulpitis irreversible y su estadio es Pulpitis Crónica Hiperplásica. Para saber que tratamiento requiere consulte: "Tratamiento",",").

no\_diagnostico ('No se puede concluir ningún diagnóstico del paciente, porque no se cuenta con los argumentos necesarios para hacer una identificación de este.',",").

## 2.4.2 Diálogos del sistema.

Cada módulo comienza con una pregunta del sistema para que el médico responda, en dependencia de la respuesta se sigue un camino u otro en el árbol de soluciones posibles. El diálogo continúa hasta que el sistema sea capaz de concluir una clasificación o indicando que no pudo clasificar.

### Diálogo del módulo Factores de Riesgo:

P: ¿El paciente presenta sensibilidad a todos los cambios térmicos?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta mayor sensibilidad al frío?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que se alivia al realizar buches de agua fría?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que aumenta a los cambios posturales?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la exploración?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta dolor y sangramiento a la masticación?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El examen clínico realizado al paciente se observa una hiperplasia del tejido pulpar?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El examen clínico realizado al paciente se observa una exposición del tejido pulpar tapizado por tejido necrosado?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que va leve a moderado?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que desaparece inmediatamente que se retira el estímulo?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que dura algunos segundos y en ocasiones es necesario ingerir analgésicos?

A: Respuesta del estudiante.

P: ¿El paciente presenta un dolor que es intenso y aparece en ocasiones espontáneo?

A: Respuesta del estudiante.

T: Respuesta del sistema.

### 2.4.3 Diagrama de Caso de Uso del Sistema.

El modelo de casos de uso permitió al desarrollador del sistema y a los clientes que llegaran a un acuerdo sobre las condiciones y posibilidades que debe tener el sistema. Este diagrama se muestra en la figura 2.2.

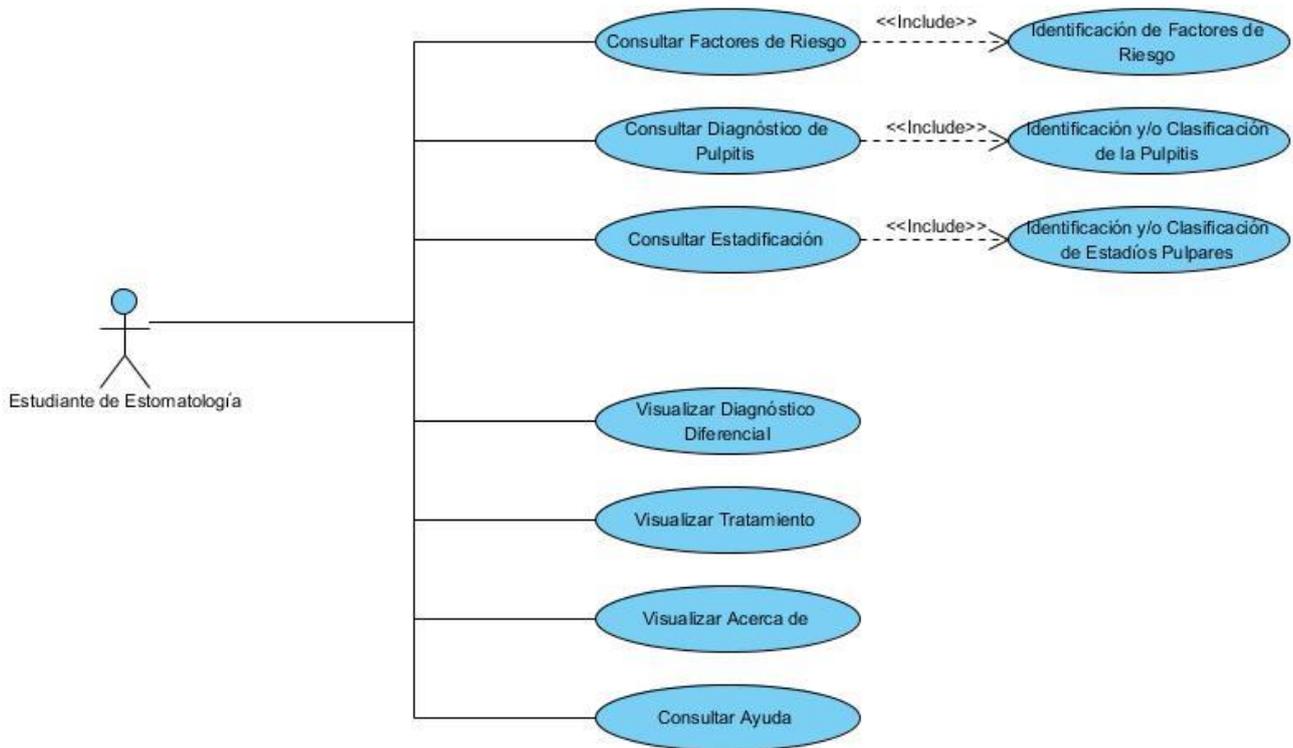


Ilustración 2: Diagrama de Caso de Uso del Sistema

#### Descripción de los Casos de Uso.

##### Caso de Uso: Factores de Riesgo.

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible. Primeramente el estomatólogo no especialista deberá comenzar su consulta con el módulo de Factores de Riesgo, donde el sistema le realizará preguntas al estudiante y tomando las respuestas en consideración, hace la posible identificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra un posible diagnóstico.

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer los factores de riesgo del paciente.

**Pos-condiciones:** Que el sistema haga una posible identificación.

**Prototipo:** Ver anexo 1.

### Caso de Uso: Acerca de..

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para conocer de manera más explícita lo que es la pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para conocer que es la pulpitis reversible o irreversible, algunas de sus características, consecuencias que trae consigo al hombre y tratamiento existente. El sistema muestra los datos referentes a los que el estudiante hizo indicación y el caso de uso finaliza cuando el estudiante logra percibir las generalidades existentes acerca de la pulpitis reversible o irreversible

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer que es la Pulpitis reversible o irreversible.

**Pos-condiciones:** Que el sistema muestre los datos referentes a los que el estudiante hizo indicación.

**Prototipo:** Ver anexo 7.

## Caso de Uso: Tratamiento

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para proporcionar a los estomatólogos información útil y necesaria acerca del tratamiento.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un Estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para facilitar al estomatólogo información útil y necesaria acerca del tratamiento, para ayudarlo a curar o detener el progreso de la misma. El caso de uso finaliza cuando el sistema muestra la información almacenada.

**Pre-condiciones:**

**Pos-condiciones:** Que el sistema muestre los datos referentes a los que el estomatólogo hizo indicación.

**Prototipo:** Ver anexo 5.

## 2.5 Conclusiones parciales.

Al concluir el presente capítulo se concluyó que:

1. El método clásico, metodología descrita por el Dr. Mateo Lezcano Brito, para el desarrollo de un sistema experto, facilita los diseños que requieran más de una forma de representar el conocimiento.
2. La combinación del método clásico y el lenguaje unificado del modelo, permitió complementar el diseño del sistema.
3. La combinación de las reglas y los casos como forma de representar el conocimiento, fortalecen los sistemas expertos para la clasificación.

## Capítulo 3: Descripción y validación de SE-PIP.

En este capítulo se explican los requerimientos de hardware y software para lograr un rendimiento óptimo del SE, así como los resultados que se obtuvieron al aplicar las pruebas de caja negra a SE-PIP y las facilidades desde el punto de vista del usuario que brinda el mismo, terminando este capítulo con un manual de usuario para la correcta utilización del software.

### 3.1 Implementación de la interfaz del usuario.

Después de la formalización de la base de conocimiento, mediante las reglas de producción y la definición de los requerimientos del sistema se pasó a la implementación de la interfaz del usuario.

SWI-Prolog posee una interfaz simple para generar aplicaciones de consola, pero esto no es suficiente cuando necesitamos utilizar Prolog para aplicaciones profesionales que requieren una interfaz más amigable y accesible para todo tipo de usuarios. Para solucionar este problema algunas implementaciones incluyen bibliotecas que permiten realizar la interfaz de Prolog con superlenguajes como Java.

La biblioteca `jpl.jar`, disponible en SWI-Prolog, brinda una gran variedad de procedimientos y funciones para manipulación de datos, predicados y términos de Prolog. La clase `Queryx` de la biblioteca facilita el uso de SWI-Prolog con Java, la cual implementa las llamadas a la biblioteca, así como el acceso a otros tipos de datos necesarios.

Para desarrollar la interfaz visual se utilizó NetBeans 8.2 por ser un entorno de desarrollo rápido de aplicaciones. En SWI-Prolog se genera un fichero `.pl`, pero este no se utiliza para consultar la base de conocimiento, para esta acción se necesita que el fichero tenga la extensión `.pro`, que se obtiene con solo cambiarle la extensión al fichero `.pl`.

#### Diseño de la interfaz gráfica

Para lograr una mayor eficiencia en el proceso de trabajo, y sobre todo para lograr una coherencia formal entre todos los módulos del sistema, se han pautado una serie de elementos comunes que facilitan su uso y reconocimiento. Se diseñó una pantalla inicial global del sistema experto, desde la cual se accederá a los diferentes módulos de este. El

diseño está determinado fundamentalmente por el principio de la usabilidad, cuyo propósito es facilitar su uso y comprensión manteniendo pautas estéticas y agradables. El logo de la institución para la cual se realizó el sistema estará ubicado en la parte superior derecha de la pantalla principal. El diseño de la interfaz es muy simple para el usuario y con buena resolución.

El diseño está determinado fundamentalmente por el principio de la usabilidad, donde este tiene como principal propósito facilitar el uso y comprensión del SE manteniendo pautas estéticas agradables.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- La resolución óptima para la cual está diseñada la aplicación es de 800 x 565px. La tipografía será siempre Arial, por su amplia legibilidad y por las facilidades conocidas que brinda para la lectura digital.
- El diseño de la interfaz es muy simple de comprender por el usuario.

## Principios de diseño

El diseño de las interfaces de las aplicaciones está altamente condicionado por el medio para el cual se confeccionen. Los estándares existentes para los sistemas de escritorio, difieren grandemente de las aplicaciones en ambiente Web, estos influyen notablemente en el éxito o fracaso de una aplicación. A continuación, se describen los principios de diseño seguidos para el desarrollo de SE-PIP.

## Estándares en la interfaz de la aplicación

Para esta aplicación se desarrolló el diseño de la interfaz, basándose en el estándar de ventanas de Windows, de forma amigable y sencilla para posibilitar a los usuarios un ambiente conocido y por tanto fácil a la hora de utilizarlo. De modo general se utilizaron colores agradables a la vista, siguiéndose el mismo prototipo para todas las ventanas, exceptuando la pantalla principal donde se usó el fondo blanco con tonalidades altas perteneciendo este al contraste usado en salud y requerido por el usuario, para las letras el negro fue el escogido. La familia de fuentes utilizada en el sistema es la Arial de tamaño 12 puntos, logrando de esta forma uniformidad, claridad y buena visibilidad a la hora de mostrar la información, un estilo apropiado y un entorno agradable para el usuario.

## Los JTextArea

Los JTextArea fueron utilizados para mostrar las interrogantes extraídas de la base de conocimiento y necesarios para anunciar otras informaciones de interés que aparecen en los menús del software. Aunque un área de texto puede mostrar texto en cualquier fuente, todo el texto está en la misma fuente, se escogió Arial de tamaño 11 siguiendo las pautas trazadas para el diseño del SE. A todos los JTextArea se les habilitó la opción lineWrap para darle la longitud deseada a las oraciones, buscando elegancia y organización.

## El uso de Iconos, botones y etiquetas.

Algunos componentes Swing, como JLabel y JButton, pueden ser decorados con un icono, una imagen de tamaño fijo. En Swing, un icono es un objeto que implementa la interfaz Icon.

Un objeto ImageIcon puede cargar una imagen desde un nombre de fichero, una URL u otra fuente. Todas las imágenes que fueron utilizadas se cargaron mediante una URL, pues resulta muy cómoda y eficiente esta alternativa.

La clase JButton tiene la funcionalidad de crear un botón visible dentro de una aplicación de interfaz gráfica de usuario en Java. El JButton permite a los programadores definir el texto que aparece en el botón y el momento en el que aparece dentro de la interfaz general. Usando métodos adicionales dentro del lenguaje Java los programas también pueden proporcionar respuestas detalladas a la interacción del usuario con un JButton.

El evento actionPerformed es el más utilizado en el SE. Para manipular este evento en los botones de la aplicación se implementa un oyente (*listener*) para responder a la acción del usuario de presionar el botón, realizando la acción que debería ocurrir. Cuando ocurre el evento actionPerformed la aplicación llama al método void actionPerformed (ActionEvent) que es el que realiza la acción justo después de que el usuario presione el botón.

## Aspectos a tener en cuenta para la interacción de SWI-Prolog y Java

Entre los softwares necesarios para la utilización de este SE tenemos:

- ✓ SWI Prolog 7.2.3

✓ NetBeans IDE 8.2

✓ JDK 8

- Para hacer la interfaz se necesita una Base de Conocimiento, o sea un archivo fuente Prolog

### Pasos fundamentales a seguir:

1. Crear un proyecto tipo Java con el NetBeans IDE
2. Copiar la Base de Conocimiento (nombre.pro) para el directorio raíz del proyecto e
3. Incorporar al proyecto la biblioteca jpl.jar ubicada en: C:\Program Files\pl\lib\jpl.jar
4. Agregar a la variable de entorno "path" la ruta del directorio bin del SWI situado en: C:\Program Files\pl\bin

El éxito de la interfaz entre SWI Prolog y Java en gran medida depende de la configuración actual del sistema operativo instalado en la computadora donde se va a instalar el sistema. Entonces en ocasiones resulta útil adicionar a la variable "path" del sistema las siguientes líneas:

- ✓ C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\_102\bin
- ✓ C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\_102\lib\tools.jar
- ✓ C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\_102\jre\lib\rt.jar
- ✓ C:\Program Files\swipl\bin

En principio, esas son las condiciones necesarias para comenzar a inferir sobre el conocimiento, sin embargo, es recomendable acatar las siguientes sugerencias:

1. Cerrar todas las aplicaciones, especialmente el NetBeans si lo tuviera abierto.
2. Limpiar el registro con alguna herramienta aparente como el TuneUp Utilities.
3. Reiniciar la máquina.

De esta manera queda enlazado el archivo fuente nombre.pro con el proyecto Java.

### Tratamiento de excepciones.

Una aplicación debe ser diseñada para evitar que se produzcan errores graves y que ante un error sea capaz de detectarlo y tratar de corregirlo. El correcto funcionamiento de todos los programas está dado en gran medida por la adecuada manipulación que se haga de los

datos, teniendo en cuenta cada uno de los posibles errores que pueden ser introducidos en el sistema por los usuarios. Se dice que una aplicación bien diseñada minimiza el número y la peligrosidad de los errores, el control de estos, las validaciones necesarias y el tratamiento de excepciones, constituyen premisas que garantizan un buen desarrollo del software y la integridad de la información presentada.

Siempre que sea posible se debe recurrir a los controles de selección; como son: botones de opción (*radio buttons*), casillas de verificación (*check box*), entre otros, muy utilizados en SE-PIP, Por ejemplo para el trabajo con los botones de opción siempre aparece uno seleccionado por defecto, obligando al usuario a cambiar la opción o mantenerla, pero de ninguna manera dejar de seleccionar, los *button Group* fueron de gran utilidad. De esta forma el usuario selecciona entre opciones predefinidas pero no puede dejarse en blanco, es decir, se tienen que introducir respuestas para continuar la interacción con la aplicación.

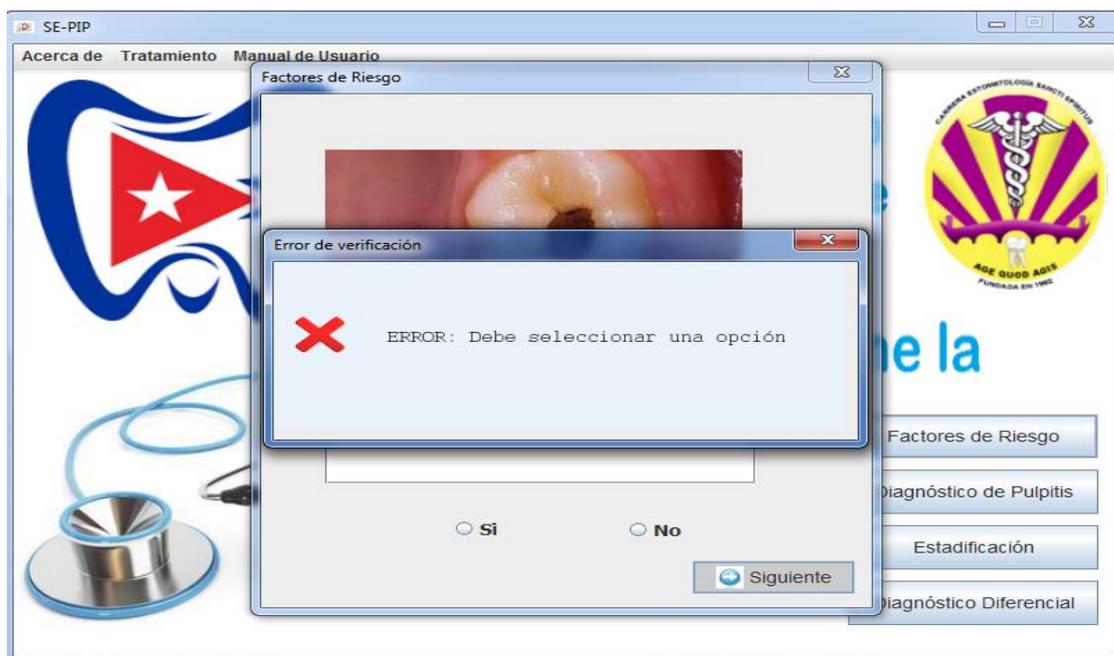


Ilustración 3: Pantalla con error.

## 3.2 Manual de usuario

Requerimientos del sistema.

Para el correcto funcionamiento del software se necesitan un mínimo de requerimientos técnicos tanto de hardware como de software, siendo un software desarrollado en Java que ofrece la ventaja de ser multiplataforma.

Requerimientos de hardware:

- Al menos 512 MB de memoria RAM.
- La instalación básica necesita de 21 MB de espacio disponible en disco más 150 MB para la instalación del JAVA©-RunTimeEnviroment (JRE) Versión 8 update 102 si no está instalado, aunque pudiera requerir más dependiendo del tamaño que pueda tener la base de conocimiento a medida que se vaya actualizando.
- Computador Pentium de 266MHz o superior.

#### Requerimientos de software:

- Sistema Operativo Windows XP, 2003, Vista (x86, x64), Windows 7, 8 o 10 (x86, x64) o Linux que tenga instalado alguno de los siguientes administradores gráficos de ventanas para X: Common Desktop Environment (CDE), GNOME, The K Desktop Environment, Xfce Desktop Environment.
- Máquina virtual de Java (JRE) en su versión 8 update 102.
- SWI-Prolog, versión 7.2.3

### 3.2.1 Facilidades que brinda al usuario.

El software SE-EEPOC ofrece una interface gráfica de usuario (GUI) amigable, que facilita una rápida utilización del SE. Se pueden realizar consultas de forma sencilla dando respuestas a todas las interrogantes planteadas por el sistema, y solo en varios segundos se puede obtener un resultado del diagnóstico como ayuda al médico no especialista.

#### Descripción de la aplicación

SE-PIP posee una ventana principal la cual se muestra al iniciar la aplicación, esta ventana persigue el objetivo de hacer la interacción más personalizada. La tercera Ilustración., muestra una barra menú donde se encuentran agrupadas las opciones que se le brinda al usuario y seguido a ello las diferentes opciones de consulta que manifiesta el sistema según el paciente.

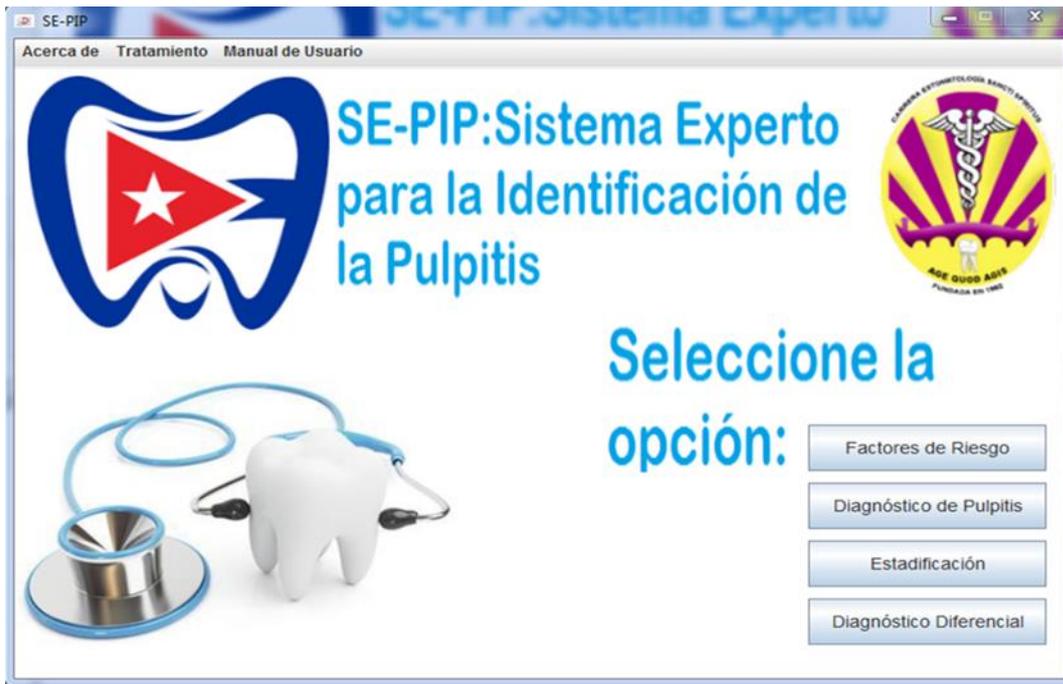


Ilustración 4: Pantalla principal del software.

### 3.2.2 Menús.

Varias de las tareas que ofrece SE-PIP se inician a través de las opciones de la barra de menú. En la ventana se muestran las siguientes opciones de la barra de menú.

- Menú “Acerca de”

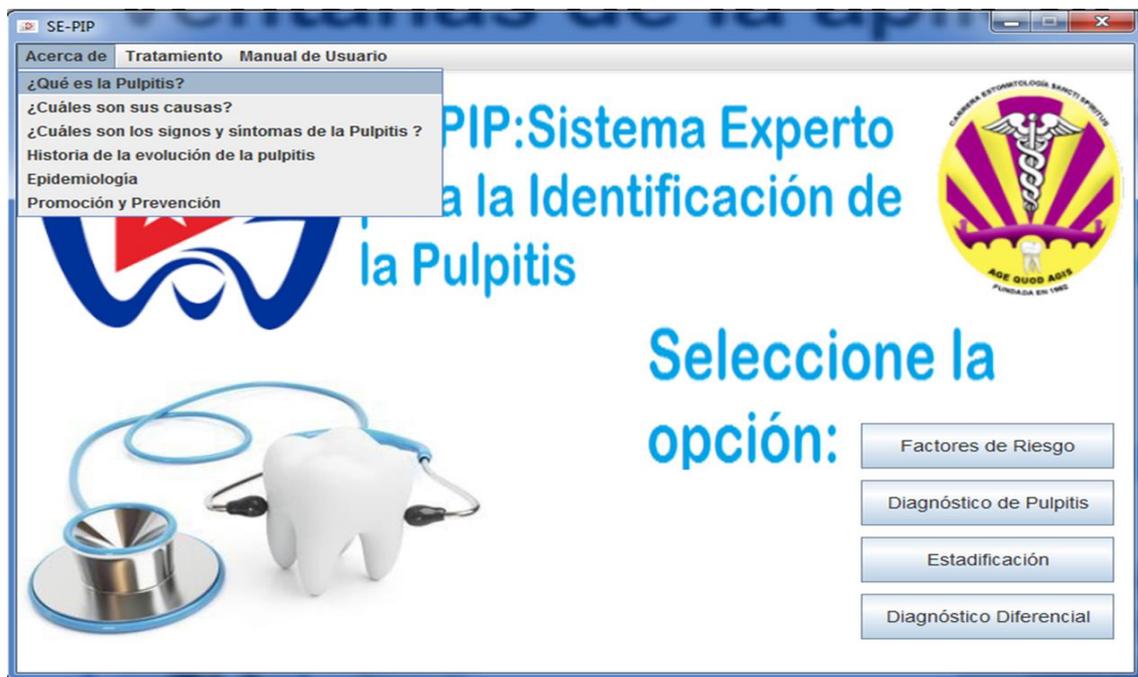


Ilustración 5: Menú Acerca de.

- “¿Qué es la Pulpitis?”: abre una ventana donde le permite al estudiante ver información referente acerca de dicha enfermedad.
- “¿Cuáles son sus Causas?”: abre una ventana donde le permite al estudiante conocer las causas por las que puede aparecer la pulpitis.
- “¿Cuáles son los signos y síntomas de los estadios pulpares?”: abre una ventana donde le ofrece al estudiante información referente a todos los signos y síntomas que aparecen en los diferentes estadios.
- “Historia de la evolución de la pulpitis”: abre una ventana donde le proyecta al estudiante información referente a la evolución histórica de la pulpitis.
- “Epidemiología”: abre una ventana donde le permite al estudiante conocer el comportamiento epidemiológico de esta enfermedad.
- “Promoción y Prevención”: abre una ventana donde le ofrece al estudiante información referente como prevenir y proteger el complejo dentino-pulpar.

➤ Menú “Tratamiento”



Ilustración 6: Menú Tratamiento.

- “Tratamiento de Hiperemia Pulpar”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la Hiperemia Pulpar en los pacientes.

- “Tratamiento de Pulpitis Aguda Serosa Transitoria”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la pulpitis aguda serosa transitoria en los pacientes.
- “Tratamiento de Pulpitis Aguda Serosa”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la pulpitis aguda serosa en los pacientes.
- “Tratamiento de Pulpitis Aguda Supurada”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la pulpitis aguda supurada en los pacientes.
- “Tratamiento de Pulpitis Crónica Ulcerada”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la pulpitis crónica granulomatosa y ulcerada en los pacientes.
- “Tratamiento de Pulpitis Crónica Hiperplásica”: abre una ventana donde le brinda al estudiante toda la información referente a cómo tratar la pulpitis crónica granulomatosa y ulcerada en los pacientes.

➤ Menú “Ayuda”

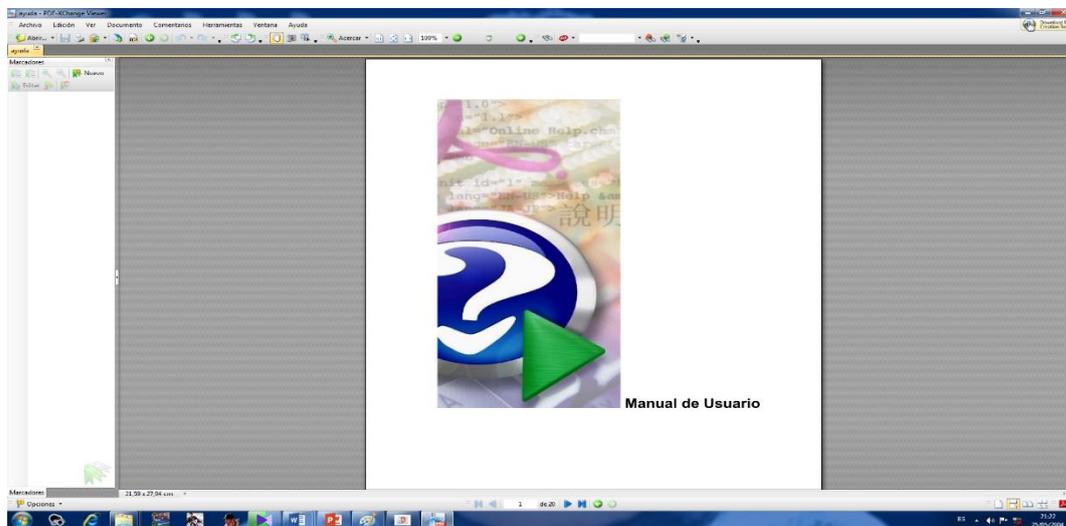


Ilustración 7: Menú Ayuda.

- Menú “Ayuda”, le permite al usuario acceder a la ayuda del software.

Para lograr una mayor eficiencia en el proceso de trabajo, y sobre todo para lograr una coherencia formal entre todos los módulos del sistema, se han pautado una serie de elementos comunes que facilitan su uso y reconocimiento. Se diseñó una pantalla inicial global del sistema experto, desde la cual se accederá a los diferentes módulos de este. El diseño está determinado fundamentalmente por el principio de la usabilidad, cuyo propósito

es facilitar su uso y comprensión manteniendo pautas estéticas y agradables. El logo de la institución para la cual se realizó el sistema estará ubicado en la parte superior derecha de la pantalla principal. El diseño de la interfaz es muy simple para el usuario y con buena resolución.

### 3.3 Pruebas.

La última fase de la metodología de Mateo Lezcano Brito contempla la realización de pruebas al sistema. Durante el desarrollo de SE-PIP en esta etapa se validó el conocimiento ya formulado con el objetivo de determinar insuficiencias en la base de conocimiento y/o en las estrategias para la solución del problema.

#### Pruebas de software

Las pruebas de software son los procesos que permiten verificar y revelar la calidad de un sistema informático y se integran dentro de las diferentes fases de desarrollo de software. Así se ejecuta un programa y mediante técnicas experimentales se trata de descubrir que errores tiene. El proceso de prueba es clave a la hora de detectar errores o fallas durante el proceso de desarrollo del software.

Para determinar el nivel de calidad se deben efectuar unas medidas o pruebas que permitan comprobar el grado de cumplimiento respecto de las especificaciones iniciales del sistema. Existen diversos tipos de pruebas entre las que se cuentan:

- Pruebas unitarias
- Pruebas funcionales
- Pruebas de integración
- Pruebas de carga
- Pruebas de caja blanca (sistemas)
- Pruebas de caja negra (sistemas)
- Pruebas de aceptación
- Pruebas concurrentes
- Pruebas de regresión
- Pruebas modulares

#### Pruebas de caja negra

La prueba de caja negra es una de las pruebas más utilizadas para la evaluación de un sistema informático. «En teoría de sistemas y física, se denomina caja negra a aquel

elemento que es estudiado desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno. En otras palabras, de una caja negra nos interesará su forma de interactuar con el medio que le rodea (en ocasiones, otros elementos que también podrían ser cajas negras) entendiendo qué es lo que hace, pero sin dar importancia a cómo lo hace. Por tanto, de una caja negra deben estar muy bien definidas sus entradas y salidas, es decir, su interfaz; en cambio, no se precisa definir ni conocer los detalles internos de su funcionamiento» (Domínguez, 2016)

Para probar el funcionamiento del SE en cuestión se seleccionó la prueba de caja negra por su claridad, al permitir la verificación del funcionamiento correcto del sistema a partir de las entradas y las salidas que debe ofrecer, sin analizar cómo lo hace. Los casos de prueba seleccionados fueron aquellos que responden a los requerimientos más importantes del sistema.

Los tres artefactos tratados en estas pruebas se basan en la metodología

Proceso Unificado de Desarrollo y son los siguientes: (Domínguez, 2016)

1. Planificación de pruebas: define los tipos de prueba, los procedimientos y objetivos de dichas pruebas.
2. Procedimiento de pruebas: delimita cómo realizar uno o varios casos de prueba o partes de estos.
3. Casos de pruebas: define una forma de probar el sistema, incluyendo la entrada o resultado con la que se ha de probar y las condiciones bajo las que ha de probarse, viene dada por un requisito o grupo de estos.

### Planificación de pruebas para validar a SE-PIP

La planificación de pruebas para validar él SE propuesto se expone en la Tabla 3. 1.

<b>Tipo de Prueba</b>	<b>Procedimiento de prueba</b>	<b>Caso de uso asociados</b>	<b>Objetivo</b>
Prueba de Caja Negra	Validar Factores de Riesgo.	Identificación según Factores de Riesgo.	Delimitar errores de interfaz.
Prueba de Caja Negra	Validar Diagnóstico de	Identificación según	Delimitar errores de interfaz.

	pulpitis.	Diagnóstico de pulpitis.	
Prueba de Caja Negra	Validar Estadificación.	Identificación según Estadificación.	Delimitar errores de interfaz.

Tabla 1: Planificación de Pruebas para SE-PIP.

## Procedimiento de Pruebas

- 1- Validar Factores de Riesgo (Caso de uso asociado: Identificación según Factores de Riesgo).
  - 1) Seleccione en la ventana principal la opción “Factores de Riesgo”.
  - 2) En la ventana “Factores de Riesgo” introduzca las respuestas a las preguntas del sistema:
    - a) No se selecciona ninguna opción.
    - b) Introduzca los datos correctamente.
- 2- Validar Diagnostico de pulpitis (Caso de uso asociado: Identificación según Diagnostico de pulpitis).
  - 1) Seleccione en la ventana principal la opción “Diagnostico de pulpitis”.
  - 2) En la ventana “Diagnostico de pulpitis” introduzca las respuestas a las preguntas del sistema:
    - a) No se selecciona ninguna opción.
    - b) Introduzca los datos correctamente.
- 3- Validar Estadificación (Caso de uso asociado: Identificación según Estadificación).
  - 1) Seleccione en la ventana principal la opción “Estadificación”.
  - 2) En la ventana “Estadificación” introduzca las respuestas a las preguntas del sistema:
    - a) No se selecciona ninguna opción.
    - b) Introduzca los datos correctamente.

## Casos de Prueba

<b>Caso de uso</b>	Identificación de los Factores de Riesgo
<b>Caso de prueba</b>	Validar Factores de Riesgo
<b>Entrada</b>	En la ventana “Factores de Riesgo” se introducen las respuestas a las preguntas que hace el sistema referente a los agentes que presenta el paciente.

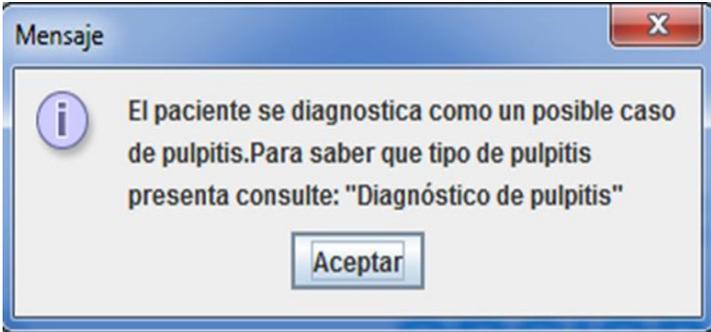
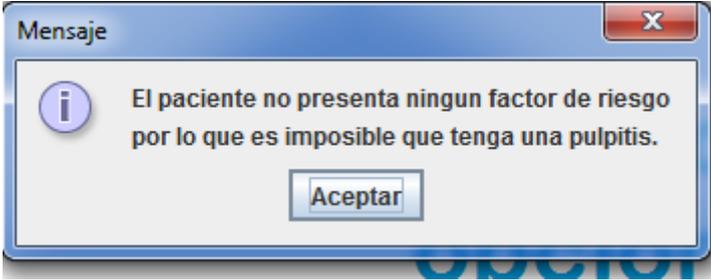
<p><b>Resultado esperado</b></p>	<p>a) El sistema muestra el siguiente mensaje.</p>  <p>b) El sistema muestra uno de los siguientes mensajes.</p>  
<p><b>Resultado de la prueba</b></p>	<p>Al introducir los datos de entrada y ejecutar el método, el resultado de la prueba fue el esperado lo que indica que el caso de uso se ejecutó correctamente.</p>

Tabla 2 :Caso de prueba Validar consultar Factores de Riesgo.

<p><b>Caso de uso</b></p>	<p>Identificación del Diagnóstico de la pulpitis</p>
<p><b>Caso de prueba</b></p>	<p>Validar consulta diagnóstico de la pulpitis</p>
<p><b>Entrada</b></p>	<p>En la ventana “Diagnóstico de la pulpitis” se introducen las respuestas a las preguntas que hace el sistema referente a los agentes que presenta el paciente.</p>
<p><b>Resultado</b></p>	<p>a) El sistema muestra el siguiente mensaje.</p>

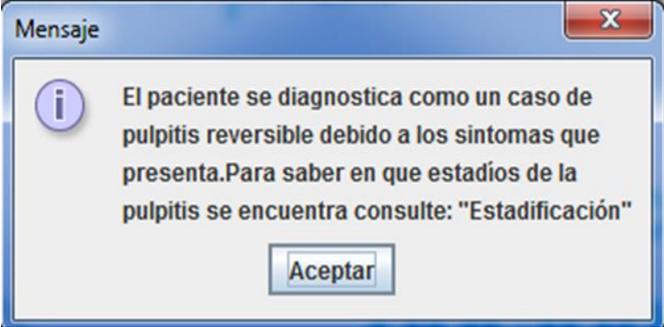
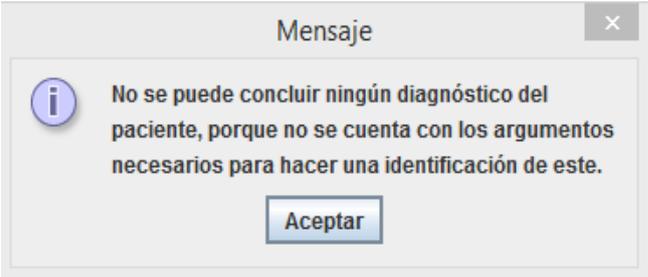
<p><b>esperado</b></p>	 <p>b) El sistema muestra uno de los siguientes mensajes.</p>  
<p><b>Resultado de la prueba</b></p>	<p>Al introducir los datos de entrada y ejecutar el método, el resultado de la prueba fue el esperado lo que indica que el caso de uso se ejecutó correctamente.</p>

Tabla 3: Caso de prueba Validar consultar Diagnóstico de la pulpitis.

<p><b>Caso de uso</b></p>	<p>Clasificación según Estadificación</p>
<p><b>Caso de prueba</b></p>	<p>Validar consultar Estadificación</p>
<p><b>Entrada</b></p>	<p>En la ventana “Estadificación” se introducen las respuestas a las preguntas que hace el sistema referente a los agentes que presenta el paciente.</p>
<p><b>Resultado esperado</b></p>	<p>a) El sistema muestra el siguiente mensaje.</p>

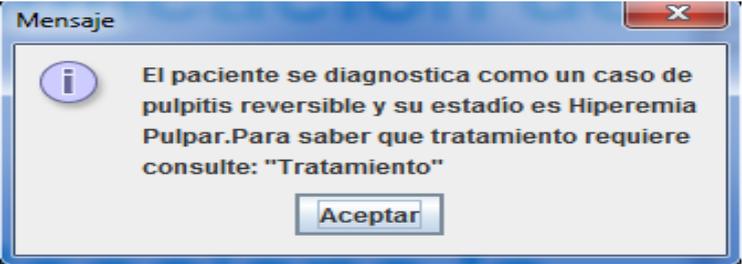
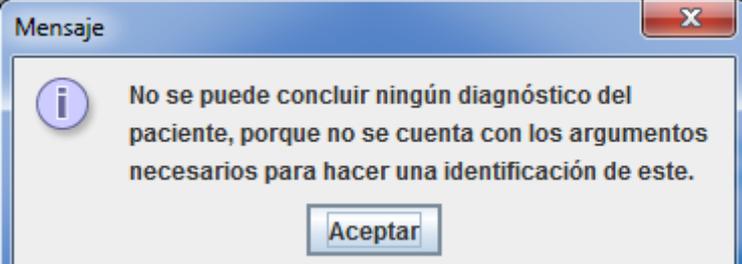
	 <p>b) El sistema muestra uno de los siguientes mensajes.</p>  
<p><b>Resultado de la prueba</b></p>	<p>Al introducir los datos de entrada y ejecutar el método, el resultado de la prueba fue el esperado lo que indica que el caso de uso se ejecutó correctamente.</p>

Tabla 4: Caso de prueba Validar consultar Estadificación.

## Concepción general de la ayuda

El sistema cuenta con una pequeña ayuda para informar a los usuarios sobre cómo trabajar con él y cuáles son las funcionalidades que brinda el mismo. Presenta una explicación relacionada con las características principales del sistema y cómo funciona en cada una de sus opciones, explicando al usuario cómo y qué acciones puede desarrollar a medida que utiliza el producto, el acceso al manual de ayuda se puede realizar desde la ventana principal de la aplicación. También muestra una breve descripción de como instalarlo, así como los requisitos de software y hardware para su funcionamiento.

### 3.4 Conclusiones Parciales

La clase Query de la librería jpl, es la componente que permite la unión de Java con Prolog a través de las funciones que tiene implementada. Dentro de los controladores de distribución se usó Absolute Layout, mientras que los principales componentes que se eligieron para el diseño de SE-PIP fueron: los JRadio Button, los JText Area y JDialog unido a la barra de menú de la ventana principal. Por su parte, los botones atienden al evento action. El menú de ayuda apoya al usuario a trabajar con el sistema. Además la aplicación de las pruebas de caja negra complementó la validación del SE propuesto permitiendo garantizar el correcto funcionamiento del mismo y su calidad.

## Conclusiones

Durante la investigación se realizó una caracterización del proceso de diagnóstico de pacientes con pulpitis y de las tecnologías y herramientas informáticas disponibles para ello. Esto permitió llegar a la conclusión de que un sistema experto era pertinente debido a las características del problema.

Se evidenció a través del análisis bibliográfico que, los sistemas basados en casos son una forma efectiva para describir el conocimiento en un sistema experto, así como el lenguaje de programación Prolog.

Se diseñó e implementó un sistema experto denominado SE-PIP, que permite realizar la identificación y clasificación de pacientes con pulpitis, para esto se siguió la metodología de Mateo Lezcano Brito. De esta forma se obtuvieron los sistemas basados en casos en lenguaje Prolog, logrando una base de conocimiento amplia y adecuada para la solución del problema.

Las pruebas de caja negra y la implementación de la interfaz de usuario con las facilidades que le brinda al mismo permitieron validar la capacidad de SE-PIP para contribuir en el proceso de diagnóstico de pacientes con pulpitis en la Clínica Estomatológica Provincial de Sancti Spíritus.

## Recomendaciones

- Lograr diagnosticar a pacientes con otras enfermedades pulpares como por ejemplo los absesos.
- Incorporar audiovisuales que traten del tema para una mayor información acerca de la enfermedad

## Referencias Bibliográficas

- Adarraga, P., & Zaccagnini, J. L. (1988). *Sistemas Expertos y psicología cognitiva: una visión general*.
- Ardila Rendon, L. M. (2012). Sistemas Expertos. Recuperado a partir de <http://uniquindioia.blogspot.com>
- Autores, colectivo de. (2013). Diagnóstico y Abordaje Anestésico de Pulpitis Irreversible Sintomática en Órganos Dentarios Permanentes. México.
- Bello Pérez, R., Gálvez Lío, D., García Lorenzo, M. M., & Lezcano Brito, M. (1995). *Modelos Computacionales Avanzados. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas*. Santa Clara. Cuba.
- Cedeño, M. J. C. (2015). *Lesiones pulpares y periapicales en pacientes mayores de 18 años que asisten al departamento odontológico del Hospital Verdi Cevallos Balda del cantón Portoviejo durante el período marzo-junio 2015*. Ecuador.
- Cortés, E. C., González Ramirez, M., & López García, J. (1995). Sistemas Expertos: un concepto cercano a la empresa. Departamento de Organización de Empresas Universidad de Alicante.
- Domínguez, L. A. Q. (2016). *Sistema experto para diagnosticar enfermedades fúngicas en los cultivos de interés agrícola en la provincia de Sancti Spíritus*. Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez".
- Durkin, J. (1994). *Expert Systems: Design and Development*. Maxwell Macmillan, New York.
- Expósito Gallardo, M. del C., & Ávila Ávila, R. (2008). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas. *ACIMED*, 17(5), 0-0. Recuperado a partir de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1024-94352008000500005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1024-94352008000500005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Expósito Izquierdo, C., & Melián Batista, B. (2016). *Inteligencia Artificial: Introducción al Lenguaje de Programación Prolog*. Universidad de La Laguna, España.
- Gálvez Lío, D. (2006). *Sistemas Basados en el Conocimiento*. Santa Clara, Cuba, Ediciones Universidad Central de las Villas.
- García Valdivia, Z. ., Bello Pérez, R., Gálvez Lío, D., Lezcano Brito, M., & Reynoso Lobato, A. (2000). *Introducción a la Inteligencia Artificial*. La Nogalera, Guadalajara, Jalisco: Pandora.
- Giménez, M. A. (2012). Universidad Pedagógica Experimental Libertador., Lara, Venezuela.
- Gonzáles Cassas, K. (2016). *Sistema Experto para el diagnóstico de la enfermedad del Zika basado en Lógica Difusa*. San Andrés, San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Gonzáles-Román, A., Quintana del Solar, M., Matta-Morales, C., & et al. (2005). Frecuencia de diagnósticos y tratamientos pulpares según indicadores de la demanda realizados en una clínica dental universitaria.
- Lezcano Brito, M. (1995). Prolog y los Sistemas Expertos.
- Lezcano, M. (2000). *Prolog y los Sistemas Expertos*.
- López, M., Rodríguez, M. R., & Pestano, N. G. (1997). DIAG, un sistema experto para el diagnóstico de anomalías craneofaciales. *Revista Cubana Investigaciones Biomédicas*.
- Mendiburu-Zavala, C., & Rodríguez -Fernández, M. (2008). Enfermedad pulpar en pacientes geriátricos: Prevalencia y Causas. *Revista Odontológica Latinoamericana*.
- Montoro Ferrer, Y., Fernández Collazo, M. E., Vila Morales, D., Rodríguez Soto, A., & Mesa González, D. L. (2012). Urgencias estomatológicas por lesiones pulpares. *Revista Cubana de Estomatología*, 49(4), 286-294. Recuperado a partir de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0034-75072012000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-75072012000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Naya, G. G., & Castillo, M. E. M. del. (2013). *Estomatología General Integral*. La Habana: Ciencias Médicas.
- Naylor, N. (1983). *Build your own Expert System*. (Publisher: Sigma Technical Press ed.).
- Peréz Jiménez, M. Á. (2008). *Sistemas Expertos para la asistencia médica*. Universidad Nacional Autónoma, México.
- Pignani, J. M. (2011a). *Orientación I: Informática aplicada a la Ingeniería de Procesos 1. Sistemas Expertos*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
- Pignani, J. M. (2011b). *Orientación I: Informática aplicada a la Ingeniería de Procesos 1. Sistemas Expertos*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
- Portal, G. G., & Ramírez, L. R. (2015). *Urgencias Estomatológicas en la provincia de Sancti Spiritus*.
- Quijada, M. (2015, octubre). *Herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos: guía evaluativa*.
- Quintanar, L. (2007). *Sistemas Expertos y sus Aplicaciones*. Pehuaya de Soto, Hidalgo: Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Rodríguez-González, Y., Ureña-Espinosa, M., & Portelles-Morales, T. (2009). *Comportamiento clínico epidemiológico de las pulpitis irreversibles como urgencias estomatológicas ocasionadas por caries dental*.
- Samra de Quintero, P., & Rivera- Fuenmayor, N. (2008). *Epidemiología de las Urgencias Odontológicas en niños atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad del Zulia*. *Ciencia Odontológica*.
- Vásquez, S. B. (2010). *Tecnología e informática*.

Vielma Parra, A., & C. Rondon, F. (2012). Integración de Java y Prolog. Universidad de Los Andes., Mérida, Venezuela.

Villena Román, J., Crespo García, R., & García Rueda, J. J. (2012). Inteligencia en Redes de Comunicaciones. Sistemas Basados en Conocimiento. Madrid: Universidad Carlos III.

Zavala, C. E., Medina-Peralta, S., & Dorantes, H. H. (2015). Prevalencia de enfermedades pulpares y periapicales en pacientes geriátricos: Mérida, Yucatán, México.

# Anexos

## Anexo 1

Tabla 5: Caso de Uso Factores de Riesgo.

### Caso de Uso: Factores de Riesgo.

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

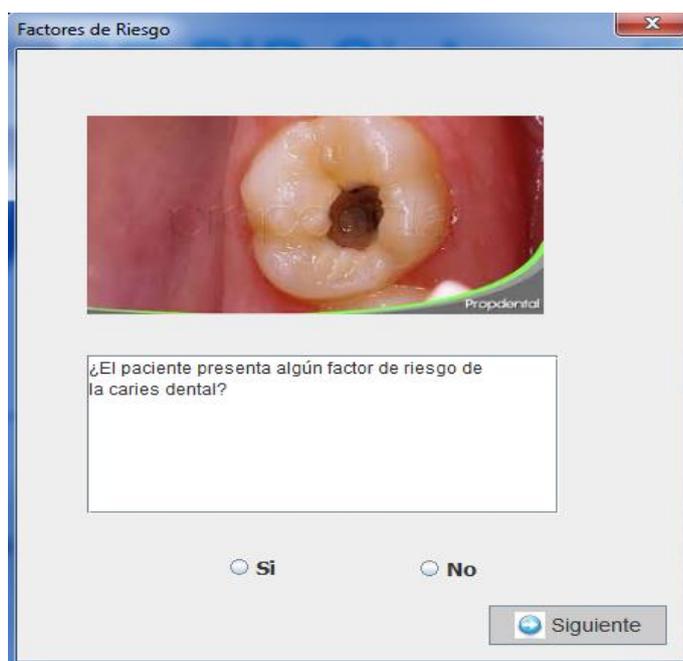
**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible. Primeramente el estudiante deberá comenzar su consulta con el módulo de Factores de Riesgo, donde el sistema le realizará preguntas al médico y tomando las respuestas en consideración, hace la posible identificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra un posible diagnóstico.

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer los factores de riesgo del paciente.

**Pos-condiciones:** Que el sistema haga una posible identificación.

### Prototipo:



## Anexo 2

Tabla 6: Caso de Uso Diagnóstico de Pulpitis.

### Caso de Uso: Diagnóstico de Pulpitis

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

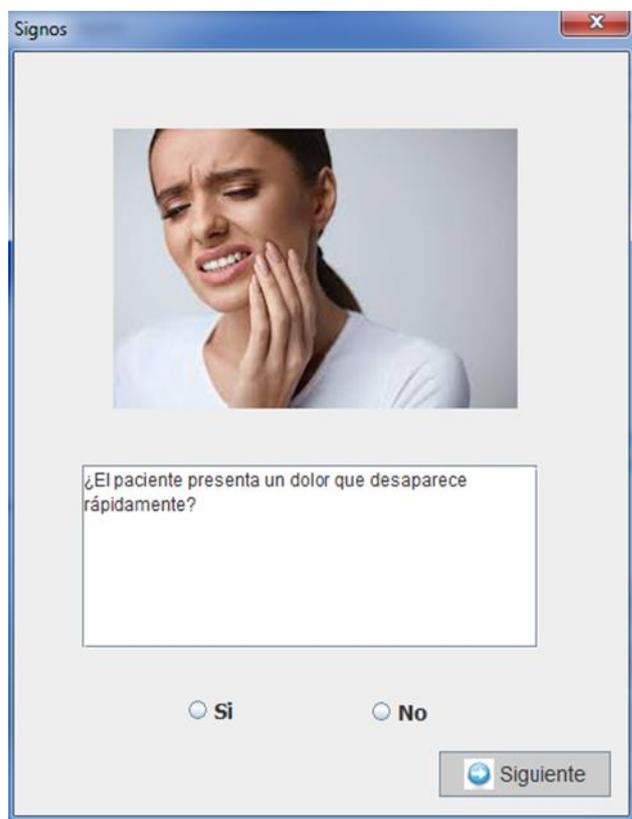
**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para diagnosticar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible. Después que el estudiante haya consultado el módulo de Factores de Riesgo deberá consultar el módulo de Diagnóstico de Pulpitis, donde el sistema le realizará preguntas al médico y tomando las respuestas en consideración, hace la posible identificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra un posible diagnóstico.

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer los síntomas y signos del paciente.

**Pos-condiciones:** Que el sistema haga una posible identificación.

**Prototipo:**



Signos



¿El paciente presenta un dolor que desaparece rápidamente?

Si  No

## Anexo 3

Tabla 7: Caso de Uso Estadificación.

### Caso de Uso: Estadificación.

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

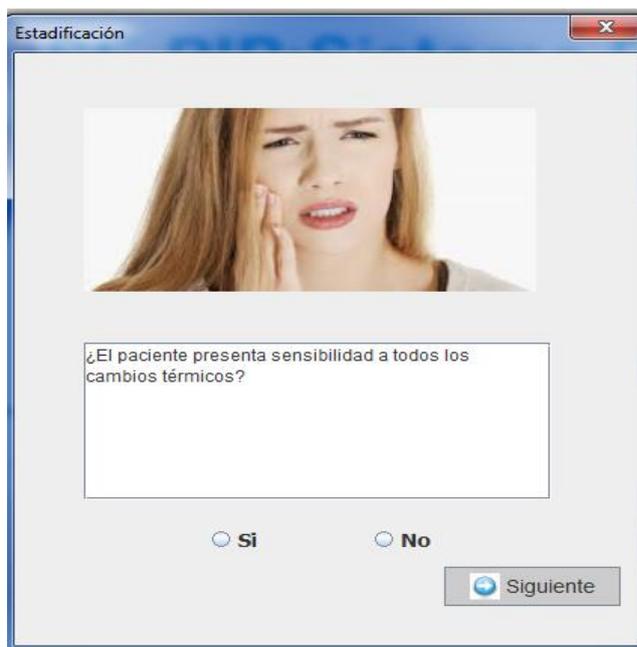
**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para diagnosticar el estado pulpar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para diagnosticar el estado pulpar a un paciente con pulpitis reversible o irreversible. Después que el estudiante haya consultado el módulo de Factores de Riesgo deberá consultar el módulo de Diagnóstico de Pulpitis, una vez realizado todo esto el estudiante deberá consultar el módulo de Estadificación donde el sistema le realizará preguntas al médico y tomando las respuestas en consideración, hace la posible identificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra un posible diagnóstico.

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer cuáles son los estados pulpares.

**Pos-condiciones:** Que el sistema haga una posible clasificación.

### Prototipo:



Estadificación

¿El paciente presenta sensibilidad a todos los cambios térmicos?

Si  No

## Anexo 4

Tabla 8: Caso de Uso Diagnóstico Diferencial.

### Caso de Uso: Diagnóstico Diferencial.

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para diferenciar a un paciente con pulpitis de un paciente con otras enfermedades periodontales y periapicales que por sus signos y síntomas se pueden confundir.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para diferenciar a un paciente con pulpitis de un paciente con otras enfermedades periodontales y periapicales que por sus signos y síntomas se pueden confundir. Primeramente el estudiante deberá acceder al botón Diagnóstico Diferencial y una vez allí deberá consultar una de las enfermedades que allí se explican para conocer sus principales características.

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer las otras enfermedades periodontales y periapicales.

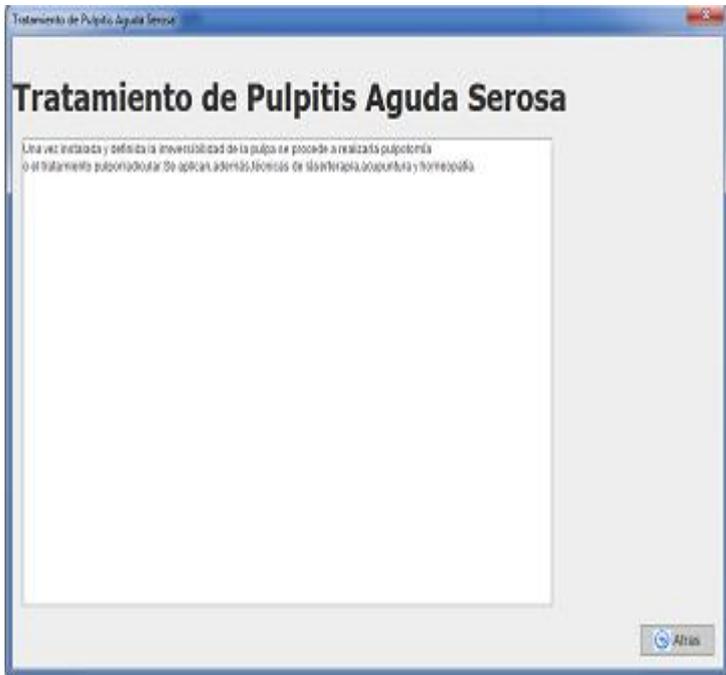
**Pos-condiciones:**

**Prototipo:**



## Anexo 5

Tabla 9: Caso de Uso Tratamiento.

<b>Caso de Uso: Tratamiento</b>
<b>Actores:</b> Estudiante de estomatología (inicia).
<b>Propósito:</b> Solicitar ayuda al sistema para proporcionar a los estudiantes de estomatología información útil y necesaria acerca del tratamiento.
<b>Resumen:</b> El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para facilitarle información útil y necesaria acerca del tratamiento, para ayudarlo a curar o detener el progreso de la misma. El caso de uso finaliza cuando el sistema muestra la información almacenada.
<b>Pre-condiciones:</b> El médico debe conocer en que estadio se encuentra el paciente.
<b>Pos-condiciones:</b> Que el sistema muestre los datos referentes a los que el médico hizo indicación.
<b>Prototipo:</b> 

## Anexo 6

Tabla 10: Caso de Uso Ayuda.

### Caso de Uso: Ayuda

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

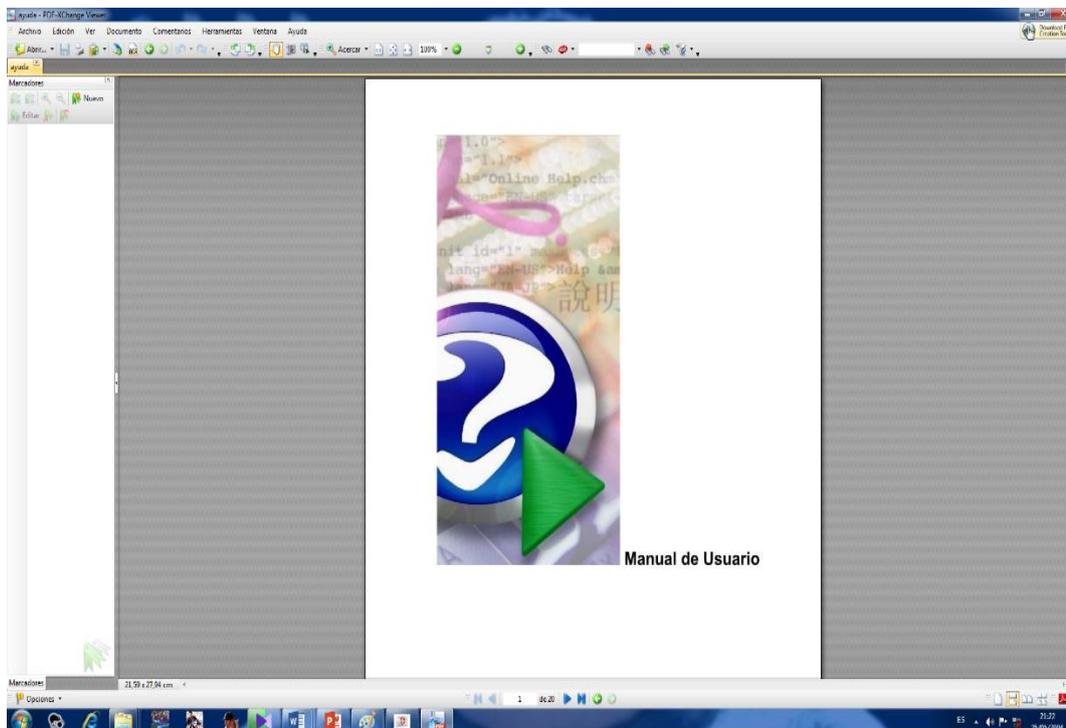
**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para conocer de manera más explícita de que trata el software y aprender a trabajar con él.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para conocer de qué trata el software o si se le ha presentado alguna dificultad o duda a la hora de interactuar con el mismo. El sistema muestra un archivo.pdf con los datos referentes acerca de dicho software e indica cómo trabajar en cada una de las opciones que se le brinda al usuario y el caso de uso finaliza cuando el médico logra percibir las generalidades y condiciones existentes acerca del sistema.

**Pre-condiciones:** El médico debe conocer de qué trata el software y como trabajar con él.

**Pos-condiciones:** Que el sistema muestre las referencias necesarias para esclarecer las dudas o dificultades que el estudiante presente.

### Prototipo:



## Anexo 7

Tabla 11: Caso de Uso Acerca de.

### Caso de Uso: Acerca de

**Actores:** Estudiante de estomatología (inicia).

**Propósito:** Solicitar ayuda al sistema para conocer de manera más explícita lo que es la pulpitis reversible o irreversible.

**Resumen:** El caso de uso se inicia cuando un estudiante de estomatología, desea consultar el sistema para conocer que es la pulpitis reversible o irreversible, algunas de sus características, consecuencias que trae consigo al hombre y tratamiento existente. El sistema muestra los datos referentes a los que el estudiante hizo indicación y el caso de uso finaliza cuando el estudiante logra percibir las generalidades existentes acerca de la pulpitis reversible o irreversible

**Pre-condiciones:** El estudiante debe conocer que es la Pulpitis reversible o irreversible.

**Pos-condiciones:** Que el sistema muestre los datos referentes a los que el estudiante hizo indicación.

**Prototipo:**

