

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO PARA EL
DIAGNÓSTICO DE LA DIABETES TIPO 1 Y 2”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCION: INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: ENRIQUE MARTIN CONDORI MAMANI

TUTOR METODOLÓGICO: Lic. MANUEL RAMIRO FLORES ROJAS

DOCENTE: M. Sc. FRANZ CUEVAS QUIROZ

NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ – BOLIVIA

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

Primeramente, agradecer a Dios por su misericordia conmigo y acompañarme en cada momento de mi vida, darme fuerzas para seguir adelante y en especial a mi madre Gloria por apoyarme incondicionalmente y alentarme a seguir adelante, a mis abuelos que están ahí acompañándome en cada paso de mi vida y mis tíos alentando y aconsejándome en cada momento

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi familia por el apoyo en cada momento, en especial a mi madre Gloria por todo su apoyo y amor que me brinda día a día que sin ella no lo hubiera logrado, a mi abuela Florita que me demuestra su amor con sus atenciones que me da hasta el día de hoy, como también a mi abuelo que a su manera me apoya. Agradecer a mi tío Raúl que, a pesar de encontrarse lejos, me alienta y aconseja para seguir adelante brindándome todo su apoyo, a mi tío Guido y tía Brenda que siempre están ahí motivando a seguir mis sueños.

Un agradecimiento especial al M. Sc. Franz Cuevas Quiroz por brindarme su apoyo en el transcurso de este año y los consejos que brindaba durante las clases.

De la misma manera agradecer a Licenciado Manuel Ramiro Flores Rojas como tutor metodológico por guiarme, colaborar con las observaciones, comentarios y su tiempo en el desarrollo de la tesis.

También agradecer a los licenciados de la carrera de informática por inculcarme sus conocimientos durante mi vida universitaria, en especial a la PhD Luisa Velazquez por su colaboración con las observaciones, consejos y brindar su tiempo para la elaboración del trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial al Dr. Ruben Calle quien colaboro desde el primer día para el presente trabajo de investigación, cumpliendo rol de experto, por brindándome su colaboración con todo su conocimiento con el tema de la diabetes, juntamente a la Dra. Fabiola por sus aportes.

Como no olvidarme de mis amigos y amigas que desde el primer semestre estuvieron alentando a seguir con los estudios brindándome su colaboración sin ningún interés, que en el transcurso de los años se fueron convirtiendo en los mejores amigos

enriquecondori79@gmail.com

RESUMEN

Los sistemas basados en conocimiento, resuelve problemas en un área específica, ya que contendrá los conocimientos del experto humano en dicha área, a su vez solucionar problemas mediante la inducción y deducción lógica. Los componentes del sistema basado en conocimiento son: la base de conocimiento, el motor de inferencia y la interfaz de usuario.

En esta tesis se plantea un sistema basado en conocimiento que permita diagnosticar la diabetes tipo uno y dos, en base a los síntomas y factores de riesgos modificables y no modificables como variables de entrada

La obtención del conocimiento por medio de la observación y entrevista se obtuvo la experiencia y conocimiento del endocrinólogo especialista en las enfermedades de las hormonas y del metabolismo encargados de diagnosticar la diabetes. La representación del conocimiento primeramente se formalizo mediante la lógica de proposiciones y predicados, para luego representar el conocimiento a través de las redes bayesianas una representación gráfica de dependencias para razonamiento probabilístico , la red bayesiana propuesto para el diagnóstico de la diabetes, haciendo uso de conceptos de probabilidades y del teorema de Bayes dichas probabilidades que determinaron los síntomas más influyentes y factores de riesgo que los causan para obtener un diagnóstico del paciente.

Para el desarrollo del sistema basado en conocimiento se seguirán los pasos de desarrollo de la metodología Buchanan que son los siguiente: identificación, conceptualización, formalización implementación y validación.

El sistema basado en conocimiento es evaluado juntamente con el especialista humano dando un resultado confiable.

Palabras claves: conocimiento, experto, diabetes, inferencia, diagnosticar, bayesiana, probabilidades

Metodología Buchanan

ABSTRACT

Knowledge-based systems solve problems in a specific area, since it will contain the knowledge of the human expert in that area, in turn solving problems by means of induction and logical deduction. The components of the knowledge-based system are: the knowledge base, the inference engine and the user interface.

In this thesis, a knowledge-based system is proposed to diagnose type one and two diabetes, based on symptoms and modifiable and non-modifiable risk factors as input variables.

The knowledge obtained through observation and interview was obtained from the experience and knowledge of the endocrinologist specialized in hormone and metabolic diseases in charge of diagnosing diabetes. The representation of knowledge was first formalized through the logic of propositions and predicates, and then represent the knowledge through Bayesian networks, a graphical representation of dependencies for probabilistic reasoning, the Bayesian network proposed for the diagnosis of diabetes, making use of concepts of probabilities and Bayes' theorem such probabilities that determined the most influential symptoms and risk factors that cause them to obtain a diagnosis of the patient.

For the development of the knowledge-based system, the development steps of the Buchanan methodology will be followed: identification, conceptualization, formalization, implementation and validation.

The knowledge-based system is evaluated together with the human specialist giving a reliable result.

Keywords: knowledge, expert, diabetes, inference, diagnose, Bayesian, probabilities, probabilities

Buchanan methodology

INDICE	Pág.
CAPÍTULO I	1
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETO DE ESTUDIO.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5 HIPÓTESIS	7
1.6 OBJETIVOS	7
1.6.1 Objetivo general	7
1.6.2 Objetivos específicos	7
1.7 ALCANCE.....	7
1.8 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	8
CAPÍTULO II	10
2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	10
2.2. SISTEMAS EXPERTOS	11
2.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO.....	13
2.4. SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS	16
2.4.1. Motor de inferencia.....	17
2.5. ESTRATEGIAS BÁSICAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	19
2.6. TEORIA DE LA PROBABILIDAD.....	22
2.6.1. Axiomas y propiedades de probabilidad.....	22
2.6.2. Probabilidad marginal	23
2.6.4. Independencia probabilística	23
2.6.5. Teorema de Bayes	24
2.7. SISTEMAS EXPERTOS BASADOS EN PROBABILIDADES	25
2.8. REDES BAYESIANAS	26
2.9. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DEL SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO	28
2.9.1. Ciclo de vida Buchanan	28
2.10. MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL CONOCIMIENTO	30
2.11. LA DIABETES	32
2.12. PROLOG	36

CAPÍTULO III	38
3.2. METODOLOGÍA BUCHANAN	38
3.3. IDENTIFICACIÓN	39
3.4. CONCEPTUALIZACIÓN.....	40
3.5. FORMALIZACIÓN	42
3.5.1. Base de conocimiento	51
3.5.2. Base de hechos.....	51
3.5.3. Base de reglas.....	53
3.5.5. Motor de inferencia.....	62
3.6. IMPLEMENTACIÓN	71
3.6.1. Elvira.....	71
3.6.2. Prolog	73
CAPÍTULO IV	80
4.2. PRUEBA DE RACHAS DE WALD- WOLFOWITZ.....	81
4.3. DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	82
CAPÍTULO V	88
5.1. CONCLUSIONES	88
5.2. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial “es la parte de la ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos a la inteligencia en el comportamiento humano que se refiere a la comprensión del lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, etc.” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

A través de la Inteligencia Artificial va englobando varias subáreas entre ellas los sistemas expertos o sistema basado en conocimiento, donde llega a formar parte de la ciencia de la computación, un sistema experto llega a ser “un programa de computadora inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su solución” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

Con los sistemas expertos son llamados así porque emulan el comportamiento de un experto en un dominio concreto, usando ese conocimiento sobre ese dominio en particular. El programa sea capaz de explicar sus decisiones y su manera de razonar y sea capaz de contener la incertidumbre, con los sistemas expertos se busca mejorar la rapidez en las respuestas.

Las redes bayesianas, constituyen uno de los modelos matemáticos que más se emplean en la explicación del aprendizaje causal, una de sus características es que representan las variables con sus respectivas dependencias condicionales a través de un grafo acíclico dirigido.

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica grave que ocurre cuando el páncreas no llega a producir suficiente insulina o cuando el organismo no puede utilizar de forma efectiva la insulina que produce, la hormona insulina regula el nivel de azúcar o glucosa en la sangre (Zapana S., 2016).

La tendencia de crecimiento de la diabetes es alarmante en el país y en el mundo donde todos debemos tomar o ver la manera de concientizar a las personas que deben mejorar sus hábitos alimenticios, práctica de algún deporte y además de realizar controles médicos periódicos y no solo llegando a acudir cuando se presente alguna dolencia.

El sistema basado en conocimiento lograra diagnosticar si padece de diabetes tipo uno o dos de manera rápida, la diabetes tipo dos llega a afectar más a la población porque es provocado por varios factores y el estilo de vida, mientras que la diabetes tipo uno llega a ser congénito y suele presentarse uno de cada diez pacientes, el sistema realizara una detección temprana de la diabetes puede llegar a reducir las complicaciones que tiene esta enfermedad, con la finalidad de prevenir y tenga conocimiento si padece de diabetes, también llegando a ser un apoyo tanto para el experto endocrinólogo.

El capítulo I, se recaba información sobre los sistemas expertos, antecedentes relevantes, se define el planteamiento del problema, justificación, los objetivos del presente trabajo de investigación, definiendo los alcances y de la importancia de la investigación.

El capítulo II, Marco teórico, se establece las bases teóricas que sustentan el trabajo de investigación, sobre la elaboración de los sistemas expertos también conocidos como sistemas basados en conocimiento, la metodología a utilizar como ser la Buchanan, detallando cada una de las fases y el método de obtención del conocimiento, modelar por medio de la lógica de proposiciones y predicados, juntamente a la teoría de probabilidades para hacer uso de las redes bayesianas y de esa forma representar el conocimiento del experto endocrinólogo e implementarlo en el software Swi-Prolog.

El capítulo III, Marco aplicativo se muestra la red bayesiana propuesta en base al conocimiento del experto luego hacer uso de dos softwares para la inferencia bayesiana tanto en Elvira como en Prolog.

El capítulo IV, Conclusiones y recomendaciones muestra el resultado del trabajo de investigación, si diagnostica de manera correcta y recomendaciones para nuevas investigaciones sobre el tema.

1.1 ANTECEDENTES

En el transcurso de los años, se observa cómo va incrementando las cifras de enfermedades crónicas y degenerativas llegando a ser las principales causas de muertes como ser: la hipertensión arterial, obesidad, enfermedades respiratorias crónicas, cáncer y la diabetes que se presentan en personas mayores, jóvenes debido a una mala alimentación, el abuso excesivo de alcohol, tabaquismo, el sedentarismo, etc. La diabetes es una enfermedad crónica según las estimaciones, en el mundo 422 millones de personas con diabetes y que al pasar de los años se va duplicando los casos de diabetes incrementando la tasa de mortalidad. (Salud O. M., 2016).

El Sistema basado en conocimiento debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y/u otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas y explicar por qué se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un sistema experto como un consultor que puede suministrar ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad. (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

Después de realizar una investigación preliminar se encontró en la Universidad Mayor de San Andrés de la carrera de informática, algunas tesis relacionadas de alguna manera con el tema de investigación.

- **Título: “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de la Rosacea”**

Autor: Norma Mamani Quispe, 2015

Resumen: El sistema experto determina el diagnóstico de la rosacea y el tratamiento a seguir, este sistema está constituido por la base de conocimientos que contiene la información de un experto dermatólogo y que son utilizadas por el motor de inferencia, el cual simula el comportamiento del experto, considerando pacientes mayores a 30 años para ser evaluados, basado en lógica difusa.

- **Título: “Sistema experto para el control y prevención de la obesidad infantil en niños de 5 a 8 años basado en redes neuronales”**

Autor: Denise Jessica Saravia Saico

Resumen: El presente tesis plantea y diseña un modelo de sistema experto que permita realizar el control y prevención de la Obesidad Infantil, tomando en cuenta

los hábitos alimenticios como variables de entrada, una base de conocimiento, que luego pasa a inferir para dar un control, se considera como objeto de estudio la Obesidad Infantil, esta enfermedad tiene diferentes causas ya sean por mala alimentación, malos hábitos alimenticios, hereditarias y otros; esta enfermedad puede llegar a tener consecuencias al transcurrir el tiempo, si la tratas a tiempo se la puede controlar y evitar, para que así el paciente pueda llevar una vida mejor.

- **Título: “Sistema experto para la prevención y el diagnóstico para el virus del ébola”**

Autor: Pilar del Rosario Quenta Choque

Resumen: La presente investigación, nace del protocolo de vigilancia de fiebres hemorrágicas víricas de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica de 2013. El objetivo es garantizar la detección y el diagnóstico precoz de un posible caso de Enfermedad por Virus Ébola con el fin de adoptar las medidas de prevención y control adecuadas para proteger la salud de la población, así como la de las personas expuestos.

- **Título: “Sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de osteoporosis en mujeres de 35 a 45 años”**

Autor: Rosmery Rosalia Mamani Castro

Resumen: La presente tesis plantea el modelo de la herramienta de un sistema experto para diagnosticar la osteoporosis o sospechar en un paciente y que brinde conocimiento nutricional de acuerdo a los factores de riesgos que presenta este y así prevenir esta enfermedad.

1.2 OBJETO DE ESTUDIO

El sistema basado en conocimiento para diagnosticar la diabetes de tipo 1 y 2

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Diabetes es una enfermedad crónica que va en incremento, las cifras de pacientes diabéticos tanto de tipo uno como tipo dos, en Bolivia generalmente el diagnóstico de la diabetes u otros tipos de enfermedades se realiza tarde, ya que no existe el hábito de realizarse un examen general y el de acudir a un centro de salud de manera periódica, porque parte de la población llega acudir

a los centros de salud solo cuando presenta dolencias o dolores más intensos, de esa forma llega a comprometer más órganos e incluso tener un cuadro clínico con más complicaciones.

Gran parte de este problema se debe a la condición socio-económica por que no cuentan con seguro de salud, de tal manera las personas descuidan su salud, por lo que la diabetes llega a comprometer varios órganos. El acceso al centro de salud para una consulta médica llega a dificultarse ya sea por la saturación de pacientes o no cuentan con el especialista en el centro de salud.

Como otro factor es la obesidad, una enfermedad crónica con repercusiones negativas para la salud y existe una asociación clara y directa entre el grado de obesidad y la morbimortalidad, de hecho, está vinculada al 60 por ciento de las defunciones debidas a enfermedades no contagiosas: las cardiovasculares, cáncer o diabetes. Es una enfermedad metabólica multifactorial, influida por elementos sociales, fisiológicos, metabólicos, moleculares y genéticos (Muñoz, 2020).

La diabetes mellitus de tipo 1, se puede presentar en menores a 15 años de edad, pero se diagnostica con mayor frecuencia en niños congénitos y adolescentes. El cuerpo no produce o produce poca insulina esto se debe a que las células del páncreas que producen la insulina dejan de trabajar, se necesitan inyecciones diarias de insulina, la causa exacta de la incapacidad para producir suficiente insulina y **la diabetes mellitus de tipo 2**, casi siempre se presenta en la edad adulta, pero debido a las tasas altas de obesidad, ahora se está diagnosticando esta enfermedad a niños y adolescentes. Algunas personas con diabetes tipo 2 no saben que padecen de esta enfermedad, el cuerpo es resistente a la insulina y no la utiliza de la manera que debería. No todas las personas con diabetes tipo 2 tienen sobrepeso o son obesas. (Medlineplus, 2020).

Debido a lo anterior se presenta los siguientes problemas:

- Carencia de diagnóstico y detección temprana.
- Desconocimiento de síntomas de la diabetes.
- La enfermedad afecta tanto a jóvenes como a adultos.
- Falta de divulgación, prevención y control de la diabetes.
- Falta de acceso a pruebas diagnósticas.

- Falta de instrumentos para medir la glucosa en los centros.
- Carencia de un sistema que permita el apoyo en la toma de decisiones para el diagnóstico de diabetes.

El problema de la investigación es el siguiente: ¿El sistema basado en conocimiento realizará el diagnóstico de la diabetes de manera oportuna?

1.4 JUSTIFICACIÓN

Se estima que 62 millones de personas en las Américas tienen diabetes tipo dos tanto el número de casos como la prevalencia de diabetes han aumentado de manera constante durante las últimas décadas. Existe un objetivo acordado a nivel mundial para detener el aumento de la diabetes y la obesidad para 2025. (Salud O. |., 2020), la epidemia de la obesidad, causante del aumento de la diabetes está impulsada en gran parte por dos tendencias que van de la mano: un cambio en los hábitos alimentarios de la población (aumento del consumo de alimentos con un denso contenido energético, ricos en grasas saturadas, azúcares y sal) y la reducción de la actividad física. (Diabetes, 2020).

Con la ayuda del sistema basado en conocimiento llegue a diagnosticar de una manera rápida y eficiente en el caso de la diabetes, llegando a ser una enfermedad crónica donde requiere una detección temprana, de esa manera reducir las complicaciones de esta enfermedad, con la finalidad de prevenir o tenga conocimiento de que padece la diabetes y que llegue a tomar medidas para controlar sus niveles de glucosa.

Como también de apoyo al experto humano ya que nos proporciona el conocimiento que son aprendidas de la experiencia y todo ese conocimiento esencial es almacenada en la base de conocimiento del sistema basado en conocimiento, a través de las redes bayesianas representar el conocimiento haciendo uso de las probabilidades condicionales de esa forma llegar a resolver en algunos casos con mayor complejidad e impida al experto humano resolverlo en un tiempo corto.

1.5 HIPÓTESIS

Hi: El sistema basado en conocimiento diagnostica la diabetes de tipo 1 y 2 de la misma forma en lo que realiza el experto endocrinólogo.

- **Variable independiente**, sistema basado en el conocimiento
- **Variable dependiente**, diagnóstico de la diabetes tipo 1 y 2

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la diabetes tipo 1 y 2, en base al conocimiento del experto endocrinólogo

1.6.2 Objetivos específicos

- Obtener el conocimiento del experto endocrinólogo a través del método de obtención del conocimiento.
- Diseñar la base de conocimiento en función al conocimiento del experto endocrinólogo (base de hechos y reglas).
- Desarrollar el motor de inferencia en función a métodos de búsqueda.
- Desarrollar la interfaz de usuario para la interrelación paciente-médico.

1.7 ALCANCE

El presente desarrollo del sistema basado en conocimiento sirva como instrumento de apoyo al experto humano endocrinólogo en el área de la salud que diagnostica la diabetes tipo dos, en personas de 30 años en adelante.

El sistema basado en conocimiento ofrecerá un diagnóstico o una sospecha de la diabetes de manera rápida, para la prevención y el control de la glucosa.

El sistema basado en conocimiento realizará, basándose a la metodología Buchanan, al realizar un sistema probabilístico haremos uso del teorema de Bayes y las redes bayesianas al ser un modelo probabilístico en un grafo acíclico dirigido que nos permitirá representar las

variables, síntomas, factores modificables y no modificables relacionando causa- efecto con sus respectivas dependencias condicionales.

Solo abordara la enfermedad de la diabetes tipo uno y dos, tomando en cuenta sus respectivos factores de riesgo, síntomas principales que se presenta en los pacientes ya que puede se puede variar porque cada organismo llega a ser diferente.

El sistema basado en conocimiento ofrecerá de manera rápida un diagnóstico de la diabetes, además servirá como apoyo al especialista endocrinólogo.

1.8 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

El desarrollo es para preservar el conocimiento del experto humano endocrinólogo y que el conocimiento no muera con la muerte física del experto, para que sea aporte como investigación en el área de la medicina y que el sistema basado en conocimiento sea de apoyo para el diagnóstico de la diabetes tipo uno y dos en un corto tiempo.

La base de conocimiento almacenará información específica sobre la diabetes, donde estará representado por un conjunto de hechos y reglas, tanto en las reglas es representado por “Si ... entonces ...” de esta manera representaremos el conocimiento donde estos datos llegan a tomar un papel muy primordial en la calidad y las habilidades del razonamiento del sistema.

El motor de inferencia es el cerebro del sistema basado en conocimiento donde trabajará en base a los hechos y reglas, existe dos tipos de encadenamiento hacia atrás y adelante, encadenamiento hacia atrás (empezar con las conclusiones e ir hacia atrás para que apoye los hechos) y adelante (empieza con los hechos para luego trabajar hacia adelante para llegar a la conclusión).

Los sistemas expertos probabilístico utilizan la probabilidad como medida de incertidumbre y su estrategia de razonamiento se conoce como razonamiento probabilístico o inferencia probabilística.

La red bayesiana propuesto es en base al conocimiento del experto y el uso de las probabilidades condicionales y el teorema de Bayes donde refleja las causas y efectos, se

construye tanto en el software Elvira que es exclusivo para el uso de las redes bayesianas para la inferencia. El software prolog tiene su propio motor de inferencia que va encadenamiento hacia atrás (backtracking) a través de ello podremos obtener las conclusiones, el método de búsqueda que utiliza es tanto en amplitud como en profundidad.

La interfaz de usuario debe existir un enlace entre el sistema y el experto, para que llegue a ser una herramienta de apoyo efectiva donde debe incorporar mecanismo para obtener información, mostrar de una forma agradable a través de la librería Xpce que viene incorporado en prolog.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La tecnología fue avanzando donde se creía que los problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de voz, ciertos juegos como el tres en raya, ajedrez o damas y sistemas del tipo deterministas o estocásticos deberían ser resueltos por personas, que requerían habilidades y formulaciones que solo un ser humano tiene como, por ejemplo: la habilidad de pensar, memorizar, aprender, observar. Donde en el transcurso de los años se demostró que estos problemas pueden ser resueltos por máquinas.

2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El campo de la Inteligencia Artificial (IA), según Castillo , Gutierrez y Haidi la Inteligencia Artificial es parte “de la ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos a la inteligencia en el comportamiento humano que se refiere a la comprensión del lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, etc.” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998), como también la definición de Badaro que el término de la I.A. se refiere a “la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano” (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

Son muchas las sub-áreas que ocupa la inteligencia artificial como ser:

- Sistemas expertos
- Demostración automática
- Juegos
- Reconocimiento de voz y patrones

- Visión artificial robótica
- Redes neuronales
- Algoritmos genéticos

2.2. SISTEMAS EXPERTOS

El concepto de sistemas expertos hay una variedad de definiciones, por el diferente punto de vista del autor. Castillo y Alvarez, lo define como “un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998), o también definido un sistema experto basado en conocimiento que “emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos” (Badaro, J., & J. Agüero, 2013), al ser un sistema informático simula los procesos de “aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación, y acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando de esta forma un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito” (Velasquez, 2020), con las definiciones mencionadas podemos concluir que un sistema experto o también conocido como sistema basado en conocimiento, resuelve problemas en una área específica, ya que contendrá los conocimientos del experto humano en dicha área, a su vez solucionar problemas mediante la inducción y deducción lógica, incluso llegaría a ser como un “consultor que puede suministrar ayuda a los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

Los campos de aplicación que fueron abarcando los sistemas expertos, en el transcurso de los años son las siguientes como se muestra en la figura 2.1.

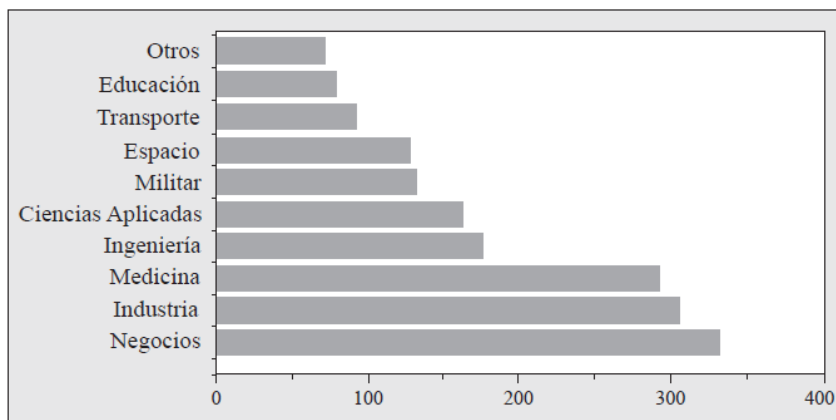


Figura 2.1 Campos de aplicación de los sistemas expertos.

Fuente: (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

Los sistemas expertos que fueron muy significativos para el éxito en el avance son:

- DENDRAL, primer sistema experto que es desarrollado en 1965 con un fin de identificar estructuras químicas, es utilizado para propósitos reales, al margen de la investigación computacional y durante los aproximadamente 10 años, tuvo gran éxito entre los biólogos y químicos.
- MYCIN, un sistema experto para realizar diagnóstico, iniciado por Ed. Feigenbaum y posteriormente desarrollado por E. Shortliffe, su función es la de aconsejar a los médicos en la investigación y determinación de diagnóstico en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre. (Badaro, J., & J. Agüero, 2013)

Entre los precursores de los sistemas basados en conocimiento Knowledge Based Systems (KBS) es asignado para MYCIN, un sistema que identifica posibles enfermedades de sangre y de recomendar una terapia adecuada para dicha enfermedad. Aunque fue desarrollado posterior a DENDRAL es uno de los pioneros porque introduce la separación entre la base de conocimiento y el motor de inferencia, mientras que en DENDRAL el conocimiento estaba mezclado con el software que constituía el sistema. (Tejero, 2020).

- CADECEUS, fue un sistema experto medico programado para realizar diagnostico en medicina interna, fue completado por la década de 1980, si bien el inicio de su desarrollo es por la década de 1970, siendo programado por Harry Pople de la universidad de Pittsburgh, un sistema focalizado sobre las bacterias infecciosas de la sangre.
- XCON, el programa R1 luego llamado por Configurador Experto, era un sistema de producción basado en reglas escrito en OPS5 por Jhon P. McDermontt de CMU (1978) con el propósito de asistir a los pedidos de los sistemas de computadores VAX de DEC (Digital Equipament Corporation) (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

2.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO

Componentes humanos que participan en el desarrollo del sistema experto:

- Experto humano, una persona que es competente en un área determinada, que sabe mucho sobre el tema determinado y puede dar consejos adecuados. No siempre están disponibles y cuando se jubilan o fallecen se llevan con ellos todos sus conocimientos.
- Ingeniero del conocimiento, es un informático que es capaz de estructurar y definir la base de conocimiento. Extrae el conocimiento del experto humano con diferentes métodos de obtención del conocimiento de esa forma luego implantarlo en la base de conocimiento.
- Usuario, es la persona que aporta con los hechos o información para el sistema experto.

Los principales componentes de un sistema experto son los que se muestran en la figura 2.2

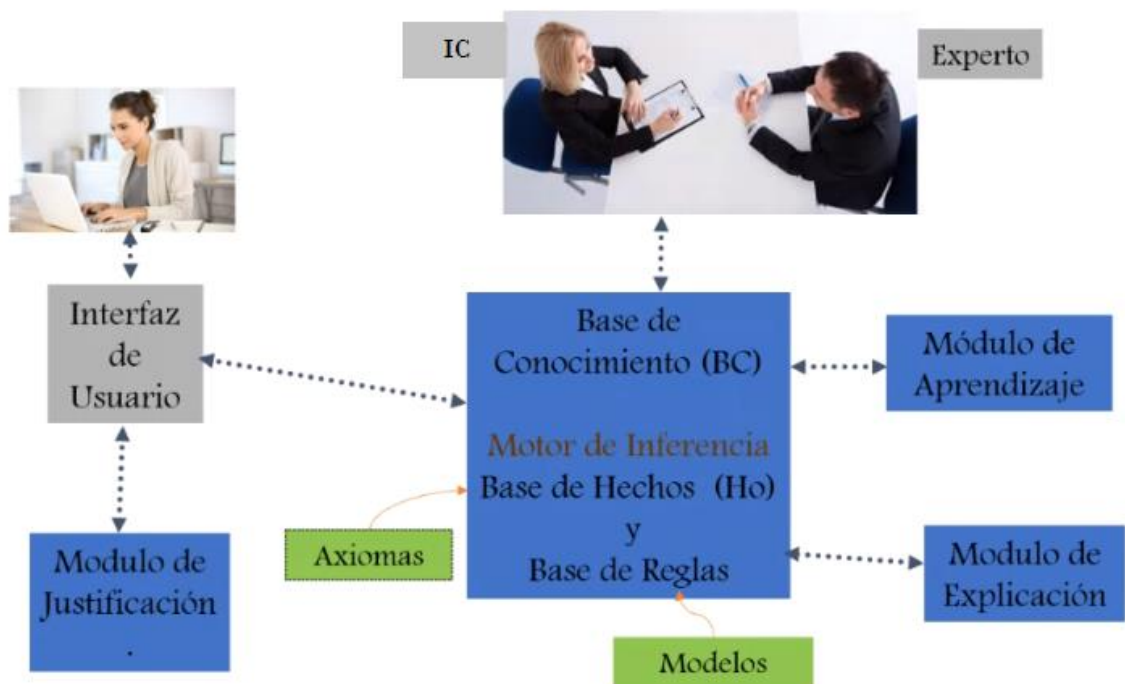


Figura 2.2. Estructura de un sistema experto

Fuente: (Velasquez,2020)

a) La base de conocimiento

El experto se encarga de suministrar al ingeniero del conocimiento, una base de conocimiento ordenada y un conjunto de relaciones definidas y explicadas.

El ingeniero del conocimiento debe diferenciar entre datos y conocimiento, porque el conocimiento se refiere “a afirmaciones de validez general tales como reglas, como ser la distribución de probabilidad, lógica de predicados, etc.” mientras los datos hacen referencia a la información relacionada con una aplicación particular (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

La base de conocimiento está compuesta por hechos y reglas del cálculo de predicados o reglas de producción acerca de un tema en específico.

Llega a formar un rol muy importante en los sistemas expertos contiene el conocimiento necesario para comprender, formular y resolver problemas. Incluyendo con dos elementos básicos, heurística especial y reglas para resolver problemas específicos en un dominio particular (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

b) Base de hechos

Es una memoria de trabajo que contiene hechos (que son axiomas) sobre un problema, almacenando los datos sobre los problemas que se desean tratar (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

Al ser una memoria va almacenando los datos tanto del usuario, datos iniciales del problema y los resultados obtenidos a lo largo del proceso.

c) Motor de inferencia

Es el corazón de todo el sistema experto, se encarga de obtener las conclusiones a partir de la información que dispone o también conocido como estructura de control o interpretador de reglas, es un módulo que se encarga de las operaciones de búsqueda y selección de reglas.

Las conclusiones pueden estar basadas en “conocimiento determinista o conocimiento probabilístico”. Al ser un sistema experto basado en probabilidades, la propagación de incertidumbre es tarea principal del motor de inferencia (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

d) Módulo de adquisición de conocimiento

En este módulo permite al ingeniero del conocimiento adquirir el conocimiento del experto, para la construcción de la base de conocimiento de una forma sencilla.

Se encarga de obtener la base de conocimiento, con la acumulación, transferencia y transformación de la experiencia del experto, a un programa de computadora para la construcción (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

Para la obtención del conocimiento mediante dos métodos propios del sistema experto

- Observación
- La entrevista

e) Módulo de justificación

Se encarga de explicar el comportamiento del sistema experto al encontrar una solución, de esta forma el usuario realice preguntas al sistema para poder entender las líneas de razonamiento que este siguió (Badaro, J., & J. Agüero, 2013).

f) Módulo de explicación

El usuario puede pedir una explicación de las conclusiones sacadas seguido por el motor de inferencia o de las acciones que tomo el sistema experto (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

g) Módulo de aprendizaje

Una de las características principales del sistema experto es su capacidad para aprender, Castillo y Gutierrez diferencia el aprendizaje en dos tipos, aprendizaje estructural y aprendizaje paramétrico.

El aprendizaje estructural se refiere a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento es decir reglas, distribuciones de probabilidad, etc., por ejemplo, el descubrimiento de nuevos síntomas relevantes a la enfermedad o la inclusión de una nueva regla en la base de conocimiento.

El aprendizaje paramétrico nos referimos a estimar los parámetros necesarios para construir la base de conocimiento, por ejemplo, las estimaciones de frecuencias o probabilidades asociados a síntomas de enfermedad (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

h) Interfaz de usuario

La interfaz de usuario llega hacer la interacción entre el sistema y el usuario con un lenguaje natural, de una manera interactiva, “mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998). Como requerimiento mínimo de la interfaz es la habilidad de hacer preguntas, de esa manera obtener información fiable del usuario.

2.4. SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS

Los sistemas expertos basados en regla fueron los primeros, por ejemplo, DENDRAL que obtiene estructuras químicas y MYCIN realiza el diagnóstico y tratamiento de la sangre que pertenecen a este tipo.

Estos tipos de sistemas intervienen dos elementos importantes: la base de conocimiento y los datos, los datos vienen representando los hechos de una situación en particular. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento, consiste en un conjunto de reglas con una relación entre objeto.

Una de las definiciones que maneja Castillo y Gutierrez la regla es “una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos y, o, o no” (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

Las reglas nos permitirán representar el conocimiento, suelen ser llamadas basados en regla por el “**Si entonces**” que generalmente una regla se escribe del tipo “**Si condición Entonces acción**”, pueden estar relacionadas con dos o más objetos, seguidamente se dan unos ejemplos de reglas.

Regla 1: Si su temperatura es $>$ a 37°C entonces el paciente tiene fiebre.

Regla 2: Si su presión sistólica es $>$ a 120 mmHg y su presión diastólica $>$ a 80 mmHg entonces el paciente sufre de hipertensión arterial.

Cada una de las reglas están relacionada con dos o más objetos, las partes por las que están formadas son:

- La premisa de la regla o también llamado antecedente, es la expresión lógica puede tener una o mas afirmaciones conectadas con los operadores lógicos and “y”, or “o”, not “no”, después de la palabra **Si** y antes de **entonces**.
- Conclusión de la regla llamada acción o consecuente, es la expresión lógica después de la palabra **entonces**

2.4.1. Motor de inferencia

El motor de inferencia trabaja con los hechos y el conjunto de reglas almacenadas en la base de conocimiento para obtener nuevas conclusiones o hechos. Las conclusiones se clasifican en dos tipos: simples y compuestas, conclusiones simples son las que resultan de una regla simple, las conclusiones compuestas resultan por más de una regla. (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

Para obtener las conclusiones existe diferentes tipos de reglas y estrategias de inferencia y control, mencionaremos dos Modus Ponens, Modus Tollens.

- Modus Ponens, avanzar desde el conjunto de hechos hacia las conclusiones o razonamiento hacia adelante se examina la premisa de la regla y si es cierta la conclusión pasa a formar parte del conocimiento, para este tipo de razonamiento es Modus Ponens.

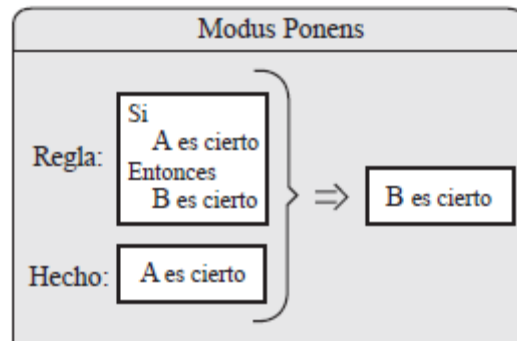


Figura 2.3. Ilustración de la regla de inferencia Modus Ponens.

Fuente: (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

- Modus Tollens, selecciona una posible conclusión e intenta demostrar su validez encontrando algunas evidencias que la soporten o razonamiento hacia atrás, en este caso examina la conclusión si es falsa se concluye que las premisas también son falsas, para este tipo de inferencia se utiliza el Modus Tollens.

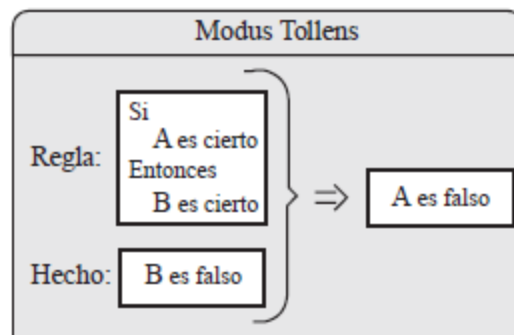


Figura 2.4. Ilustración de la regla de inferencia Modus Tollens.

Fuente: (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

2.5. ESTRATEGIAS BÁSICAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Algoritmo de búsqueda

Los algoritmos de búsqueda se aplican a árboles o grafos, los problemas de optimización pueden modelarse de tal manera de generar un árbol cuyos nodos serían los posibles soluciones o pasos intermedios a la solución del problema. Los algoritmos definen un orden en el cual se genera los nodos del árbol o la forma en la cual se encuentra la solución buscada. (Velasquez,2020).

Para encontrar el camino de la solución, existe diversas estrategias las dos básicas son:

- Búsqueda en profundidad
- Búsqueda en amplitud

a) Búsqueda en profundidad

Está centrada en expandir un único camino desde la raíz, en el caso de llegar a un callejón sin salida se retrocede hasta el nodo más cercano desde donde se puede tomar una rama alternativa para poder seguir avanzando. Para llevar a cabo este tipo de búsqueda se debe utilizar una estructura tipo pila (LIFO) que vaya almacenando los nodos generados. Por otra parte, se establece el llamado límite de exploración, que marca la máxima longitud que puede alcanzar cualquier camino desde la raíz durante el proceso de búsqueda. (Velasquez,2020).

Paso 1 Crear una lista de nodos llamada ABIERTA y asignarle el nodo raíz, que representa el estado inicial del problema planteado.

Paso 2. Hasta que se encuentre una meta o se devuelva fallo, realizar las siguientes acciones:

(1) Si ABIERTA está vacía, terminar con fallo; en caso contrario continuar.

(2) Extraer el primer nodo de ABIERTA y denominarlo **m**.

(3) Si la profundidad de **m** es igual a **lp** (límite de profundidad) regresar a 2; en caso contrario continuar.

(4) Expandir m creando punteros hacia este nodo desde todos sus sucesores, de forma que pueda saberse cuál es su predecesor.

Introducir dichos sucesores al principio de ABIERTA siguiendo un orden arbitrario.

(La “falta de orden”, refleja el carácter no informado de este procedimiento).

(4.1) Si algún sucesor de m es meta, abandonar el proceso iterativo en 2, devolviendo el camino de la solución, que se obtiene recorriendo los punteros de sus antepasados.

(4.2) Si algún sucesor de m se encuentra en un callejón sin salida eliminarlo de ABIERTA (se continúa el proceso iterativo en el paso 2)

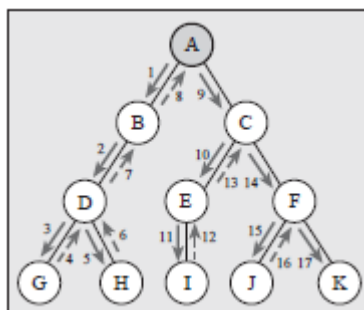


Figura 2.5 Ejemplo del proceso de búsqueda

Fuente: (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

b) Búsqueda en amplitud

Elige visitar primero los nodos que están más cercanos a la raíz por lo que el árbol de búsqueda crece más en amplitud que en profundidad.

Esta estrategia de búsqueda es más compleja de programar, la razón de ello es que se debe mantener un conjunto de nodos candidatos alternativos, no únicamente un nodo como se hacía al buscar en profundidad. Además, se debe mantener los caminos, si se quiere obtener como parte de la solución. La búsqueda recorre por niveles, para conseguirlo se utiliza una estructura tipo cola (FIFO) en la que se van introduciendo los nodos que son generados, que garantiza la obtención de la solución de menor costo (optimo) si es que ésta existe (Velasquez,2020).

Paso 1, crear una lista de nodos llamada **ABIERTA** y asignarle el nodo raíz, que representa el estado inicial del problema planteado.

Paso 2, hasta que **ABIERTA** este vacía o se encuentre una meta realizar las siguientes acciones:

2.1 Extraer el primer nodo de **ABIERTA** y denominarlo **m**.

2.2 Expandir **m** (generando todos sus sucesores) para cada operador aplicable y cada forma de aplicación.

(1) Aplicar el operador a **m**, obtener un nuevo estado y crear un puntero que permita saber que su predecesor es **m**.

(2) Si el nuevo estado generado es meta, salir del proceso iterativo iniciado en **2.2** y devolver dicho estado.

(3) Incluir el nuevo estado al final de **ABIERTA** (una vez completado este proceso para todos los sucesores de **m**) (cuando no se haya encontrado antes una meta se continua el proceso iterativo en el paso 2)

Nota. Si el algoritmo termina con una meta el camino de la solución puede obtenerse recorriendo los punteros creados desde el nodo meta al nodo raíz, en caso contrario, el proceso termina sin haber encontrado la solución. (Velasquez, 2020).

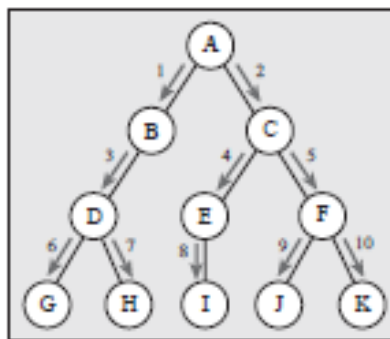


Figura 2.6. Ejemplo del proceso de búsqueda

Fuente: (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

2.6. TEORIA DE LA PROBABILIDAD

En esta sección se dará conceptos básicos sobre la probabilidad, para familiarizarnos más el concepto de probabilidad condicional.

Para medir la incertidumbre, debemos tomar en cuenta que todos los posibles resultados de un cierto experimento se le conocerá como “S” de espacio muestral, entre las definiciones de probabilidad podemos encontrar distintas, una de ellas que nos menciona Rufino Moya, “la probabilidad de un evento es la razón entre el número de casos (sucesos) favorables y el número total de casos (sucesos)” (Moya C. & Saravia A., 2005).

$$P(A) = \frac{\text{número de casos favorables al evento } A}{\text{número de casos posibles}} \quad (2.1)$$

La probabilidad de un evento A esta comprendido entre 1 y 0.

2.6.1. Axiomas y propiedades de probabilidad

- La probabilidad de un suceso es no negativa, $P(A) \geq 0$, que significa que no ocurrirá el suceso y $P(A) = 1$, que el suceso es seguro.
- La probabilidad del espacio muestral $P(S) = 1$, que indica que con seguridad ocurrirá el suceso.
- Si dos sucesos mutuamente excluyentes en el espacio muestral S, entonces:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (2.2)$$

- Cuando tenemos un conjunto de sucesos mutuamente excluyentes A_1, A_2, \dots, A_n entonces la probabilidad de que ocurra al menos uno de estos sucesos ocurra es la suma de las probabilidades individuales

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n) \quad (2.3)$$

- El complemento de un suceso se simboliza como \bar{A} son sucesos disjuntos y se considera que $S = A \cup \bar{A}$, por lo cual podemos deducir:

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1. \quad (2.4)$$

- Inclusión o exclusión, cualquier par de subconjuntos A y B de S, se cumple siempre la igualdad

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (2.5)$$

2.6.2. Probabilidad marginal

Sean X_1, X_2, \dots, X_n un conjunto de variables aleatorias que toman valores discretos y sea $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ el conjunto de posibles realizaciones. Sea $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ una probabilidad sobre X_1, X_2, \dots, X_n (distribución de probabilidad conjunta), esto es:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n \quad (2.6)$$

Entonces la distribución de probabilidad marginal sobre la i-esima variable se obtiene mediante

$$P(x_i) = P(X_i = x_i) = \sum_{x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n} P(x_1, \dots, x_n) \quad (2.7)$$

2.6.3. Probabilidad condicional

Sean X e Y dos conjuntos disjuntos de variables tales que $P(y) > 0$, entonces la probabilidad condicional (función de probabilidad condicionada) de X dado Y, viene dada por

$$P(X = x|Y = y) = P(x|y) = \frac{P(x, y)}{P(y)} \quad (2.8)$$

Por lo tanto, la distribución de probabilidad conjunta puede obtenerse como:

$$P(x, y) = P(y)P(x|y) \quad (2.9)$$

2.6.4. Independencia probabilística

Las siguientes definiciones nos permitirán establecer la independencia entre sucesos o variables.

- Sean X e Y dos subconjuntos disjuntos del conjunto de variables aleatoria $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, entonces se dice que X es independiente de Y si solamente si

$$P(x|y) = p(x) \quad (2.10)$$

Para todas las variables x e y de X e Y ; en otro caso, X se dice dependiente de Y

Al decir que son independientes X es independiente de Y , entonces nuestro conocimiento de Y no afecta a nuestro conocimiento sobre X , es decir Y no tiene información sobre X . Podemos combinar la ecuación 2.9 en 2.8 lo que implica:

$$p(x, y) = p(x)p(y) \quad (2.11)$$

- Sean X, Y, Z tres conjuntos disjuntos de variables, entonces se dice que X es condicionalmente independiente de Y dado que conocemos Z , si solo si para todos los valores x, y, z de X, Y, Z respectivamente se satisface que:

$$P(x|z, y) = P(x|z) \quad (2.12)$$

2.6.5. Teorema de Bayes

Este teorema nos permite representar la probabilidad condicional como:

$$P(x|y) = \frac{P(x, y)}{P(y)} \quad (2.13)$$

Si tomamos en cuenta que la

$$P(y) = \sum_{x_i} P(x_i)P(y|x_i) \text{ y la } P(x, y) = P(x_i)P(y|x_i), \quad (2.14)$$

el teorema de Bayes podemos representarlo mediante la siguiente expresión:

$$P(x_i|y) = \frac{P(x_i)P(y|x_i)}{\sum_{x_i} P(x_i)P(y|x_i)} \quad (2.15)$$

- La probabilidad $P(x_i)$ se llama la probabilidad marginal prior “a priori” (antes de conocerse ninguna información) de que se dé el suceso x .
- La probabilidad $P(x_i|y)$ es la probabilidad a posteriori (después del suceso y) de que se dé el suceso x_i .
- $P(y|x_i)$ son las verosimilitudes (a partir de una serie de parámetros conocidos, realiza predicciones acerca de los valores que toma una variable aleatoria)

2.7. SISTEMAS EXPERTOS BASADOS EN PROBABILIDADES

Al utilizar la teoría de la probabilidad como herramienta para el tratamiento de la incertidumbre en un sistema basado en reglas. En este caso, las reglas serán de la forma:

SI X es cierto

Entonces puede deducirse Y con probabilidad p

Donde p se puede interpretar como la probabilidad condicionada de Y, dado que conocemos X, $P(Y/X \text{ es cierto})$, son muchos los dominios en los que el experto tiene codificado el conocimiento en base a relaciones del tipo **causa - efecto**. Así, en problemas médicos las reglas suelen ser del tipo:

Si el paciente tiene la enfermedad

entonces presentará un síntoma con una probabilidad p

Por ejemplo,

Si un paciente está resfriado

entonces estornudará con una probabilidad de 0.75, o desde el punto de vista probabilístico, $P(Y = \text{est} \setminus X = \text{res}) = 0.75$.

En los sistemas expertos probabilísticos se caracteriza por dos elementos: la base de conocimiento y el motor de inferencia. “La base de conocimiento está formada por un conjunto de variables X_1, \dots, X_n ” y una distribución de probabilidad conjunta sobre ellas $P(x_1, \dots, x_n)$, el motor de inferencia permitirá actualizar la información sobre una determinada variable o un conjunto de ellas” (Informática & de Verano de Informática, 1998).

X representa el conjunto de hechos, evidencias o síntomas determinados, el motor de inferencia no es más que el cálculo de la probabilidad condicional $P(X|E)$, por ejemplo, una pregunta típica de un diagnóstico médico es: dado que el paciente presenta un conjunto de

síntomas, ¿Cuál de las posibles enfermedades padece el paciente?, esto implica un grado de incertidumbre, por lo tanto:

- Los hechos, no pueden ser conocidos con exactitud.
- El conocimiento no es determinista

La única descripción satisfactoria de la incertidumbre es la probabilidad. Esto quiere decir que toda afirmación incierta debe estar en forma de una probabilidad, que varias incertidumbres deben ser combinadas usando las reglas de la probabilidad, y que el cálculo de probabilidades es adecuado para manejar situaciones que impliquen incertidumbre. (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998).

2.8. REDES BAYESIANAS

También conocido como un modelo bayesiano o modelo probabilístico en un gráfico acíclico dirigido, es un modelo gráfico probabilístico que representa un conjunto de variables aleatorias y sus dependencias condicionales a través de un gráfico acíclico dirigido (GAD). (Castillo, Gutierrez, & Hadi, 1998)

Los nodos representan las variables del problema que deseamos resolver, donde esta estructura nos permitirá representar el conocimiento en dos puntos de vista:

- **Cualitativo**, expresa las relaciones de dependencia e independencia entre las variables, de forma gráfica se representa mediante la presencia de conexiones o caminos entre variables. Así, si tenemos dos variables X e Y conectadas por un arco $X \rightarrow Y$ podemos deducir que X es Y son variables que están relacionadas (por ejemplo, X puede ser una causa de Y), cuando dicho arco no existe, entonces podemos decir que existe una relación de independencia (bien marginal o bien condicional) entre X e Y.
- **Cuantitativo**, nos permite representar la incertidumbre que tenemos sobre la ocurrencia de los sucesos (supuesto que conocemos un conjunto de terminados de hechos). Este tipo de conocimiento se proporcionará mediante un conjunto de distribuciones de probabilidad condicionadas.

Debemos tomar en cuenta las siguientes definiciones, las letras mayúsculas para denotar el nodo (X) y las correspondientes minúsculas para designar sus posibles estados (x_i).

Los estados que pueden tener una variable deben cumplir con las siguientes propiedades:

- **Ser mutuamente excluyentes**, es decir un nodo solo puede encontrarse en uno de sus estados en un momento dado.
- **Ser un conjunto exhaustivo**, un nodo no puede tener ningún valor fuera de este conjunto.

Dado un grafo es posible establecer las siguientes definiciones y notaciones propias de la red bayesiana:

- **Nodo**, un nodo X es una variable aleatoria que puede tener varios estados x_i , la probabilidad de que el nodo X este en el estado x se denota como:

$$P(X_i) = P(X_i = x_i)$$

- **Arco**, es la unión entre los nodos y representa la dependencia entre dos variables del modelo, un arco queda definido por un par ordenado de nodos (X, Y).
- **Padre**, X es padre de Y , si el arco $X \rightarrow Y$ pertenece al grafo, de forma análoga se dice que Y es hijo de X .
- X es antecesor de Y , si podemos encontrar el camino dirigido que partiendo de X alcance el nodo Y , $X \rightarrow \dots \rightarrow Y$, en este caso diremos que Y es descendiente de X .

a) Probabilidad Conjunta

Dado un conjunto de variables $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ la probabilidad conjunta de los posibles estados de cada variable $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ de manera que debe cumplir que:

$$\sum_{x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n} P(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 \quad (2.16)$$

Una red bayesiana puede verse como una representación implícita de una probabilidad conjunta.

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \text{padre}(x_i)) \quad (2.17)$$

2.9. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DEL SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO

2.9.1. Ciclo de vida Buchanan

Esta metodología fue creada por Bruce G. Buchanan, se basa en el típico ciclo de vida en cascada, donde el proceso de construcción del sistema basado en conocimiento se plantea como un proceso de revisión casi constante, para el proceso de la adquisición de conocimiento que abarca desde el inicio hasta una madurez del mismo. En el proceso del desarrollo aplicaremos la metodología Buchanan para el desarrollo del sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la diabetes, siguiendo paso a paso todas las etapas que componen la metodología consta de cinco como se observa en la figura 1.

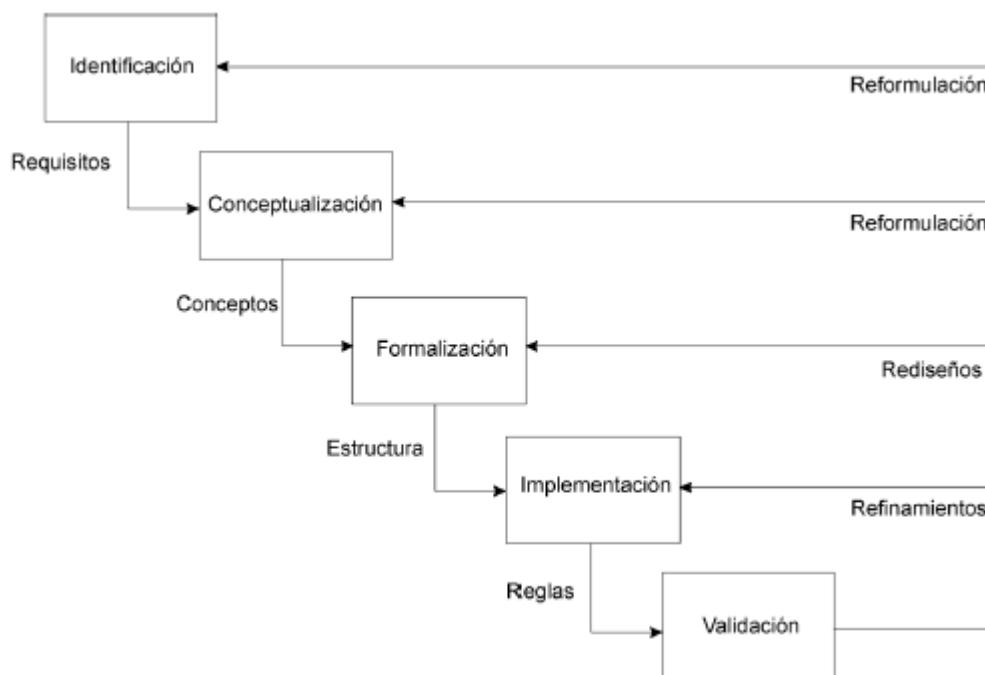


Figura 2.7. ciclo de vida propuesto por Buchanan

Fuente: (Montenegro & L.D., 2015)

a) Identificación

En esta primera fase se procede a identificar el problema, si es necesario dividir el problema en subproblemas, como también definir los participantes, roles y los recursos. (Cegarra, 2009)

Encontrar un experto que coadyuven con el desarrollo de la investigación, el ingeniero del conocimiento debe estar cómodo respecto al dominio del problema para tener una conversación clara con el experto humano.

b) Conceptualización

En esta fase se procederá a la adquisición del conocimiento del sistema experto; en este caso se necesita obtener la información cualitativa y cuantitativa. (Montenegro, 2015)

Se analizarán los conceptos vertidos por el experto humano del área por medio de la entrevista. Dichos van a ser tomados presente con mayor interés, puesto que el experto de campo es quién conoce en detalle los fundamentos particulares del problema. (Cegarra, 2009)

Con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente, el experto del área y el ingeniero de conocimiento definen el alcance del sistema experto, es decir, que problemas va a resolver concretamente el sistema experto.

c) Formalización

Se identifican conceptos importantes y relevantes. El resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas es una explicación parcial para edificar un prototipo de la base de conocimiento. (Cegarra, 2009)

De esa manera obtener la estructura de inferencia del sistema basado en conocimiento, donde determinamos los principales conceptos del dominio que se requiere para realizar cada una de las tareas que realizará el sistema basado en conocimiento. Esto es importante para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo ya que es útil para la tarea de diseño, construcción y para posteriores modificaciones del sistema.

d) Implementación

Se formaliza el conocimiento obtenido del experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación. (Cegarra, 2009).

e) Validación

Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificando el desempeño del sistema. (Cegarra, 2009).

2.10. MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL CONOCIMIENTO

a) Observación

El ingeniero del conocimiento observa de la forma en que trabaja el experto humano, especialista en el área de la medicina el endocrinólogo donde va tomando nota del proceso.



Figura 2.8. Insabi (2020). Consulta médica. Recuperado de <https://tjnoticias.info/ya-no-necesitas-imss-el-insabi-da-consulta-medica-y-medicamentos-gratis/>

b) Entrevista

El ingeniero del conocimiento realiza preguntas y planteo de problemas hacia el experto en el área, realizando una serie de preguntas en casos particulares, planteándose problemas en específico ya sea en un paciente que secuelas u observaciones presente.

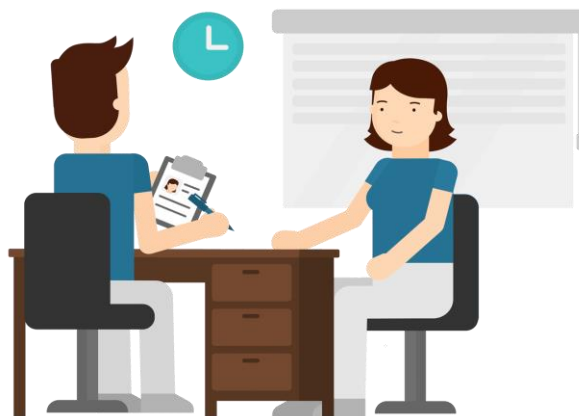


Figura 2.9. Reyqui, (2021). Entrevista. Recuperado de:

<https://upea.reyqui.com/2021/03/que-debemos-tener-en-cuenta-en-una.html>

c) Protocolo de análisis

El ingeniero del conocimiento realiza una entrevista más estructurada, uniendo todas las pistas, una vez ya recabado toda la información en el paso de la entrevista.



Figura 2.10. Pinturest (2020) Preguntar en una entrevista. Recuperado de:

<https://www.pinterest.com.mx/pin/798333471430436313/>

d) Informes

El experto humano explica en forma oral y escrita la resolución de los casos, para iniciar la construcción de nuestra base de conocimiento.



Figura 2.11. Apendum. (2020) Redacción de informes, Recuperado de: <https://www.apendum.ec/curso-online-redaccion-informes-tecnicos/>

e) Inductivo

Obtiene el conocimiento de una serie de ejemplos resueltos, (cuando el experto humano no se encuentra disponible) una vez planteado varios ejemplos por el ingeniero de conocimiento lleva donde el experto humano para preguntar por esos casos planteados para validarlo.

2.11. LA DIABETES

La diabetes es una enfermedad crónica grave que sobreviene cuando el páncreas no produce suficiente insulina (hormona que regula la glucemia) o cuando el organismo no puede usar eficazmente la insulina que produce. (Salud O. M., 2016)

Existe dos tipos de diabetes principales:

- Diabetes tipo 1
- Diabetes mellitus tipo 2

- a) **Diabetes tipo 1**, (a la que antes se le llamaba diabetes insulino dependiente, diabetes juvenil o diabetes de inicio en la infancia) se caracteriza por la producción deficiente de insulina en el organismo. Las personas con este tipo de diabetes necesitan inyecciones diarias de insulina para regular la glucemia. Se sabe que causa la diabetes de tipo 1 y actualmente no hay forma de prevenir la enfermedad ya puede ser genético u otros factores de riesgos.
- b) **Diabetes mellitus o diabetes de tipo 2** (conocida anteriormente por diabetes no insulino dependiente o de inicio en la edad adulta) obedece a que el organismo no usa la insulina eficazmente. Los síntomas pueden ser parecidos a los de la diabetes de tipo uno, pero menos intensos, y a veces no los hay. Como resultado, es posible que la enfermedad no se diagnostique hasta varios años después de su inicio, cuando ya han aparecido algunas complicaciones. (Salud O. M., 2016).

Los síntomas son:

- La poliuria, la cantidad de orina producida en volumen superior.
- La polidipsia, sed excesiva.
- La polifagia, hambre incesante
- La pérdida de peso.
- El prurito, picor (escozor) en una parte del cuerpo.
- Las alteraciones de la vista
- El cansancio, falta de energía.

c) **Factores de riesgos**, los factores son los siguientes:

- No se conocen con exactitud las causas de la diabetes tipo uno, la creencia general es que este tipo de diabetes obedece a una interacción compleja con los genes (hereditario).
- El riesgo de la diabetes tipo dos se ve determinado por la interacción de factores genéticos y metabólicos, combinada con la presencia de la edad avanzada, sobrepeso y obesidad grado uno, dos, tres y grado de mórbida que ocasiona que la insulina no cumpla su función correctamente, alimentación malsana (malos hábitos alimenticios), falta de actividad física (sedentarismo). (Salud O. M., 2016).

- El estrés, un sentimiento de tensión física o emocional, puede prevenir cualquier situación o pensamiento que lo haga sentir frustrado, furioso o nervioso con el tiempo llegar a causar un problema en la salud como ser la diabetes.

La diabetes mellitus o tipo dos en ocasiones no presenta síntomas como también conocido como insulino dependiente, que es más frecuente en personas mayores a 30 años, lo recomendable es control rutinario de por lo menos una vez al año.

- Personas con obesidad, un índice de masa corporal elevado mayor o igual a $30 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$
- Personas con hipertensión arterial.
- Historial familiar.
- Personas sedentarias.
- Malos hábitos alimenticios.

d) Diagnóstico de la diabetes

La diabetes se diagnostica midiendo la concentración de glucosa en una muestra de sangre que se extrae en ayunas o 2 horas después de que la persona recibe una carga oral de 75 g de glucosa. También se puede diagnosticar midiendo la hemoglobina glucosilada (HbA1c), incluso si la persona no está en ayunas. La HbA1c representa la glucemia promedio de las dos últimas semanas en lugar de la glucemia en el momento de la prueba (que se determina, según lo dicho anteriormente, por las mediciones en ayunas y a las 2 horas); sin embargo, esta prueba es más cara que la glucometría. (Salud O. M., 2016). Encontrarse como mínimo 12 horas de ayuno, actualmente para la prueba de glicemia solo se necesita una gota de sangre del dedo y colocarlo en la tira reactiva para luego colocarla en el gluómetro, donde mostrara el nivel de glucosa en la sangre.

Valores de la glicemia en la sangre:

- 70-100 mg en ayunas marca una glicemia normal.
- 70- 160 o 180 glucemia postprandial, es el nivel de glucosa tras las comidas

Se le diagnostica la Diabetes si presenta:

- Glicemia en ayunas que sea mayor o igual a 126 mg/dL.

- Síntomas de la poliuria, polidipsia, polifagia, pérdida de peso, prurito o visión borrosa y una glicemia mayor o igual de 180 a 200 mg/gL en postprandial (después de comidas).

Lo recomendable para el análisis de la glucosa es en ayunas y que presente los síntomas.

Complicaciones de la diabetes:

- a) Neuropatía diabética**, es un daño de los nervios que ocurre en las personas con diabetes, es considerada la complicación más frecuente pueden ocasionar los siguientes síntomas:
 - Sensación de dolor, pinchazos, hormigueos y calambres en los pies y manos.
 - Visión doble, dolor de cabeza, parálisis de la mitad de la cara.
 - Las heridas no duelen y tardan en cicatrizar.
 - Debilitamiento muscular y dificultad para caminar
 - Dolor abdominal, sensación de hinchazón, náuseas, vómitos, diarrea.
- b) Pie diabético**, cuando los nervios de las piernas y pies se dañan, estos pierden la capacidad de sentir dolor, además pueden dañar los músculos (disminuya de tamaño) haciendo que tenga dificultad para caminar. En ocasiones la piel de los pies se raja, produciéndose úlceras, si estas heridas se infectan, pueden ser necesario la amputación del pie.
- c) Retinopatía diabética**, los ojos pueden dañarse por la diabetes produciendo ceguera, el paciente ve manchas, puntos o telarañas flotando en la zona de la visión.
 - Visión borrosa
 - Mala visión nocturna
 - Pérdida de visión
- d) Cardiopatía diabética** o incluso la embolia cerebral, la diabetes produce que los vasos sanguíneos se engrosen y no dejen fluir la sangre correctamente a los demás órganos del cuerpo, pudiendo favorecer la formación de coágulos que pueden llegar a producirlo. Las personas pueden sentir dolor en el pecho, falta de aire, hinchazón de los tobillos, los latidos del corazón son irregular.
- e) Nefropatía diabética**, los vasos sanguíneos de los riñones también llegan a dañarse, ocasionando que la persona sienta débil, se le hinche los pies y los tobillos, pierda el apetito, vómitos, confusión, y dificultad para concentrarse.

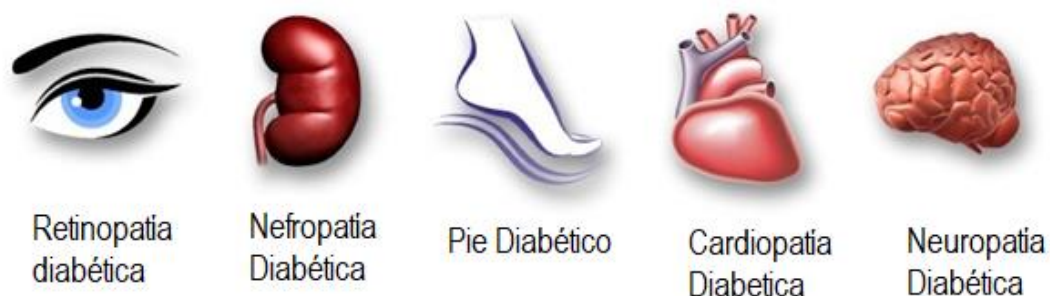


Figura 2.12. Alianza por la Diabetes. (2020). Complicaciones Diabéticas
<https://www.alianzaporladiabetes.com/patologia-DM2-complicaciones>

2.12. PROLOG

Es un lenguaje de programación de propósito general asociado con la inteligencia artificial y lingüística computacional (Balbin, 1985) (Badaro, J., & J. Aguero, 2013).

Es un lenguaje declarativo basado en reglas, su nombre deriva del anagrama PROgramación LÓGica.

La sintaxis del lenguaje consiste en lo siguiente:

- Declarar hechos sobre objetos y sus relaciones
- Hacer preguntas sobre objetos y sus relaciones
- Definir reglas sobre objetos y sus relaciones (SwI Prolog, 2021)

Los programas en PROLOG se componen de cláusulas de horn que constituyen reglas del tipo “modus ponendo ponens”, orientado al cálculo de predicados.

SWI-Prolog es una implementación versátil del lenguaje Prolog. aunque SWI-Prolog ganó su popularidad principalmente en la educación, su desarrollo está impulsado principalmente por las necesidades de desarrollo de aplicaciones. Esto se ve facilitado por una interfaz rica para otros componentes de TI al admitir muchos tipos de documentos y protocolos (de red), así como una interfaz completa de bajo nivel para C que es la base para las interfaces de alto nivel para C++, Java (incluido), C #, Python, etc. (disponible externamente). Las extensiones de tipo de

datos, como dictados y cadenas, así como la compatibilidad total con Unicode y enteros ilimitados, simplifican el intercambio fluido de datos con otros componentes. (SwI Prolog, 2021).

Para la elaboración del sistema basado en conocimiento se realizará con la versión estable lanzada el 2020 Swi-Prolog 8.0.3

CAPÍTULO III

MARCO APLICATIVO

En este capítulo desarrollaremos la construcción del sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la diabetes tipo uno y dos propuesto, con la metodología Buchanan el cual se divide en cinco fases, de la misma manera la obtención del conocimiento es mediante la observación, entrevista, protocolo de análisis e informes, utilizando las redes bayesianas para la construcción de la base de conocimiento de esta manera obtener los resultados y sean los esperados para demostrar la hipótesis.

3.2. METODOLOGÍA BUCHANAN

Se basa en el típico ciclo de vida en cascada, donde el proceso de construcción del sistema basado en conocimiento se plantea como un proceso de revisión, donde lo más importante de esta metodología es la estrecha relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto humano. para el desarrollo del sistema basado en conocimiento, siguiendo paso a paso todas las etapas como se observa en la figura 3.1. de esta forma llegar a construir el sistema basado en conocimiento probabilístico.

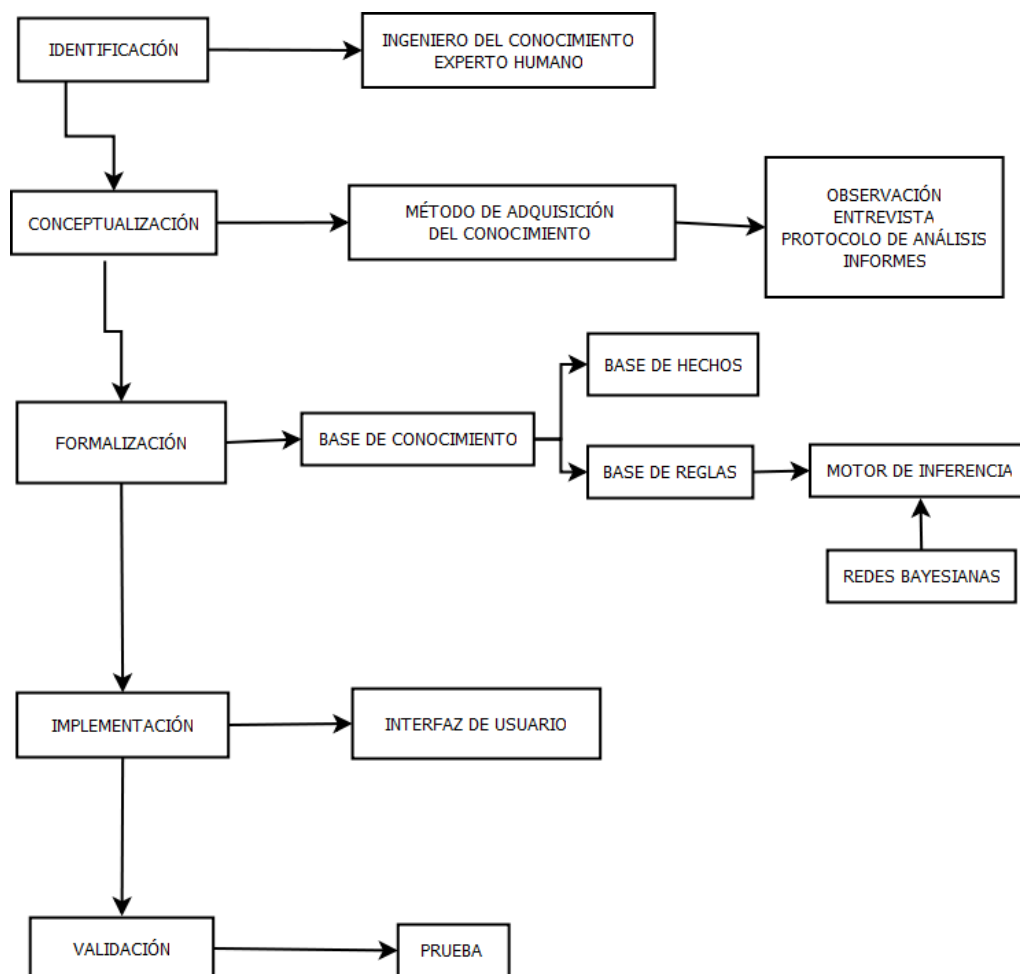


Figura 3.1. Metodología Buchanan

3.3. IDENTIFICACIÓN

En esta fase procedemos a identificar el problema, se identificó en el capítulo uno sobre un diagnóstico tardío sobre la diabetes, la falta de conocimiento de los síntomas. También se identifica a los actores, el ingeniero del conocimiento, el experto humano y el usuario, para la elaboración del sistema basado en conocimiento.

En este caso el experto humano será un endocrinólogo especialista en enfermedades de las hormonas y del metabolismo, encargados en diagnosticar si padecen de diabetes tipo uno y dos, el ingeniero del conocimiento que es el encargado de la construcción del sistema basado en conocimiento, el usuario quien suministra los síntomas y factores de riesgo de la enfermedad de la diabetes.

3.4. CONCEPTUALIZACIÓN

Para esta fase utilizamos el método de obtención del conocimiento (observación, entrevista, protocolo de análisis, informes, inductivo), para recabar información del experto humano con el objetivo de identificar y caracterizar el problema, como también definir los alcances del sistema basado en conocimiento entre el ingeniero del conocimiento y el experto humano.

Observación, el ingeniero observa del cómo trabaja el especialista, entrar en papel del como realiza sus consultas para un diagnóstico de la diabetes donde va tomando nota del proceso como se observa en la figura 3.2

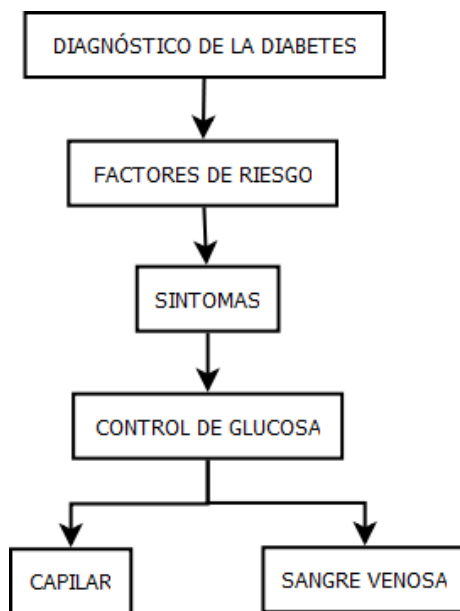


Figura 3.2. Tareas habituales del experto humano

Entrevista, el ingeniero del conocimiento realiza preguntas y planteo de problemas hacia el experto endocrinólogo realizando una serie de preguntas y planteándose un problema en específico como la diabetes tipo uno y dos, que secuelas u observaciones sufre el paciente. La entrevista se realizó el 22 de marzo del 2021 con el especialista.

- ¿Qué es la diabetes?
- ¿Qué tipos de diabetes existe?
- ¿Se puede padecer de la diabetes y no saberlo?
- ¿Cuáles son las consecuencias de esta enfermedad?
- ¿A que edad afecta la diabetes? ¿El tipo de diabetes más frecuente que se presenta?
- ¿La edad llegaría a ser un factor? ¿A que edad se le consideraría ya un factor?
- ¿Los adultos mayores son más propensos?
- ¿Cuáles son los factores de riesgos?
- ¿La diabetes es una enfermedad hereditaria?
- ¿Cómo se mide el nivel de glucemia?
- ¿A qué nivel de glucosa se diagnostica como diabetes?
- ¿Qué es post-prandial?
- ¿La obesidad está ligada a llegar a sufrir de diabetes?
- ¿La hipertensión arterial es un factor de riesgo?
- ¿Cómo podemos prevenir?
- ¿Tiene cura la diabetes?

Protocolo de análisis, el ingeniero del conocimiento realiza una nueva entrevista, pero más estructurada uniendo las pistas que anteriormente.

Llegar a diferenciar entre los síntomas y los factores de riesgo, los síntomas es lo que presenta el paciente y los factores de riesgo son causas que pueden llegar a la enfermedad, como también de la manera en que llega a diagnosticar, la cantidad de factores de riesgo como el de los síntomas que el experto considera o toma en cuenta.

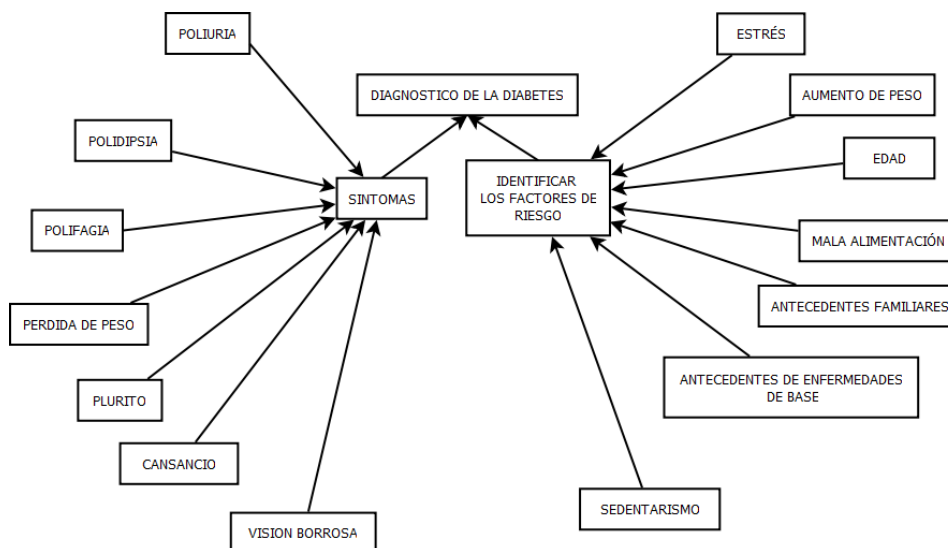


Figura 3.3 Síntomas y factores de riesgo

Informes, el experto humano explica de forma oral y escrita para la resolución de los casos de un historial clínico, para iniciar la construcción de nuestra base de conocimiento.

3.5. FORMALIZACIÓN

En esta fase plasmamos el conocimiento obtenido del experto y de la información recolectada, lo formalizamos utilizando la lógica de proposiciones de primer orden que nos permite expresar los pensamientos del ser humano (experto) y lógica de predicados. El diagnóstico médico es un procedimiento por el cual se determina la enfermedad por presentar síntomas y factores riesgo.

La diabetes es una enfermedad metabólica, cuando el organismo pierde la capacidad de producir suficiente **insulina**. La insulina es la hormona que permite el azúcar (glucosa) que consumimos, se convierte en energía para que funcionen los músculos y los tejidos.

La diabetes tipo1, se presenta cuando el páncreas no produce insulina o llega a ser hereditaria y suele presentarse en una edad menor de 15 años.

La diabetes tipo2, o también llamada diabetes mellitus que es la diabetes adquirida, se presenta cuando el organismo no produce la suficiente cantidad de insulina o cuando el organismo no lo utiliza correctamente.

El origen de la diabetes tipo 2 se debe a varios factores de riesgo como síntomas que presenta:

Tabla 3.1

Descripción de los síntomas principales

NÚMERO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	Poliuria	Cantidad de orina producida en volumen superior
2	Polidipsia	Sed excesiva, juntamente con la sequedad en los labios
3	Polifagia	Hambre incesante
4	Pérdida de peso	De manera abrupta
5	Prurito	Picor o escozor en el cuerpo
6	Cansancio	Agotamiento físico, el nivel alto de glucosa en la sangre deteriora la capacidad de utilizar la glucosa
7	Visión borrosa	Alteración de la vista

Generalmente la diabetes no se llega a detectar hasta que llega a presentar los síntomas mencionados cuando el nivel de la glucosa ya va superando los 126 mg/dL eso se puede realizar con las pruebas rápidas (glucómetro) para saber el nivel de glicemia cabe recalcar para una medición correcta con el glucómetro lo más recomendable es realizarlo en ayunas.

Los factores de riesgos son las causas que este provocando que el nivel de glucosa sea mínimo o llegue a tener un mal funcionamiento por el mismo páncreas.

Tabla 3.2

Descripción de los factores no modificables

NÚMERO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	Edad	Tiempo de vida de una persona
2	Antecedentes familiares	Los miembros de su familia considerando la primera línea, como ser: mamá, papá, hermanos y abuelos.
3	Hipertensión arterial	Elevación de la presión arterial por encima de valores normales 120/80 mmHg
4	Síndrome Poliquístico	Es una afección en la cual una mujer tiene niveles muy elevados de hormona. Puede presentar múltiples quistes en los ovarios.
5	Antecedentes de diabetes gestacional	Este tipo de diabetes ocurre durante el embarazo, se produce cuando el organismo de la mujer tiene dificultades para manejar los niveles de glucosa.

Tabla 3.3

Descripción de los factores modificables

NÚMERO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	Estrés	Conjunto de reacciones fisiológicas que se presenta cuando una persona sufre un estado de tensión nerviosa.
2	Obesidad	Acumulación anormal o excesiva de grasa en el cuerpo.
3	Malos hábitos alimenticios	Un hábito de alimentación de manera inadecuada o tipo de alimentación mala.
4	Sedentarismo	Un estilo de vida sedentaria reduce el gasto de energía, falta de actividad física y promueve el aumento de peso
5	Consumo de alcohol	Consumo de alcohol en grandes cantidades o de manera continua.
6	Tabaquismo	Uso habitual de cigarrillos de manera consecutiva.

En primer lugar, es necesario una exploración física de cabeza hasta los pies también el control de su presión arterial, peso, talla, el paciente va indicando los síntomas que presenta y llega a un interrogatorio por parte del especialista sobre cómo es su alimentación, actividad física, si tiene antecedentes de familiares o padecen de algunas enfermedades crónicas.

El conocimiento estará constituido por síntomas particulares de la enfermedad del paciente en estudio a continuación, se citarán los casos clínicos en los que cada paciente.

Caso clínico 1

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 50 años de edad, abogado, con hipertensión arterial de 15 años de evolución con tratamiento irregular, en estudio por hematología por eritrocitosis. Acude por pérdida de peso abrupta, aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, agotamiento físico en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 161 centímetros, peso 78 kilogramos índice masa corporal 30.1, tensión arterial 140/90 mmHg, con cianosis peri labial.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 210 mg/dL.

Caso clínico 2

Antecedentes familiares

Madre: Diabetes Mellitus.

Antecedentes personales

Dislipidemia.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 45 años de edad, chef, con obesidad hace 14 años. Acude por pérdida de peso, aumento de sed inusual, orinas frecuentes durante el día y la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 165 centímetros, peso 92 kilogramos índice masa corporal 33.8, tensión arterial 125/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 148 mg/dL.

Colesterol 342 mg/dL.

Triglicéridos 252 mg/dL.

Caso clínico 3

Antecedentes familiares

Padre: Insuficiencia Renal Crónica

Antecedentes personales

Síndrome de Ovario Poliquístico

Datos relevantes

Empleada en una fábrica de gaseosas.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 55 años de edad, raza negra, seguimiento por ginecología. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos.

Exploración física

Talla 150 centímetros, peso 66 kilogramos índice masa corporal 29.3, tensión arterial 100/60 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 178 mg/dL.

Caso clínico 4

Antecedentes personales

Diabetes gestacional

Datos relevantes

Madre soltera, empleada en un restáurate de comida rápida.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 40 años de edad. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos y pérdida de peso.

Exploración física

Talla 140 centímetros, peso 62 kilogramos índice masa corporal 31.6, tensión arterial 120/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 212 mg/dL.

Caso clínico 5

Antecedentes familiares

Padre: cáncer de pulmón

Antecedentes personales

Habito de fumar.

Datos relevantes

Chofer de transporte pesado interdepartamental.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 55 años de edad, fumador habitual de 1 caja de cigarrillo al día hace 5 años. Acude por presentar dolor de cabeza intenso, palpitaciones en el corazón, aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos, en las mañanas despierta con aliento a manzana podrida por la boca. Hace 10 años que no acude a un control médico.

Exploración física

Talla 168 centímetros, peso 109 kilogramos índice masa corporal 38.6, tensión arterial 160/110 mmHg, frecuencia cardiaca 98 L/Min, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 315 mg/dL.

Colesterol 352 mg/dL.

Triglicéridos 305 mg/dL.

Formalizamos el conocimiento

El conocimiento obtenido se formaliza utilizando la lógica de proposiciones y la lógica de predicados.

La lógica de proposicional, representar los fenómenos que se considera una proposición como un todo al cual se le puede asignar un valor de verdad o falso.

Juan tiene 50 años de edad.

Juan es hombre.

Juan tiene como profesión abogado.

Juan tiene presión arterial.

Juan presenta de pérdida de peso.

Juan presenta sed inusual.

Juan presenta orinas frecuentes.

Juan presenta cansancio.

Juan tiene una estura de 161 cm

Juan pesa 78 Kg.

Juan tiene un índice de masa corporal de 30.10 kg/m^2

Juan presenta una presión arterial de 140/90mmHg.

Juan presenta una glicemia de 210 mg/dL.

Pedro tiene 45 años de edad.

Pedro tiene obesidad.

María es progenitor de Pedro.

María tiene diabetes tipo 2.

Pedro tiene dislipidemia.

Pedro presenta pérdida de peso.

Pedro presenta sed inusual.

Pedro presenta orinas frecuentes.

Pedro presenta aumento de deseo de comer.

Pedro presenta una glicemia de 148 mg/dL.

Carla tiene 55 años de edad.

Roberto es progenitor de Carla.

Roberto tiene insuficiencia renal crónica.

Carla sufre de ovario poliquístico.

Carla presenta escozor en los brazos.

Angelica tiene 40 años de edad.

Angelica tiene diabetes gestacional.

Angelica presenta glicemia en ayunas de 212 mg/dL.

Angelica presenta tensión arterial de 120/80 mmHg

Lógica de predicados

Centra su estudio en los componentes basados en objeto y relación, la oración (sujeto, predicado) y nos permite realizar cuantificadores sobre los sujetos (los objetos).

Edad (juan, 50 años).

Hombre (juan).

Estatura (juan, 161 cm)

Pesa (juan, 78kg).

Presión_arterial(juan, 140)

Glicemia(juan, 210).

Edad (pedro, 45 años).

Obesidad(pedro)

Mujer(maria).

Progenitor(maría, pedro).

Progenitor(roberto, carla).

Insuficiencia_renal(roberto).

Escozor_en_los_brazos(carla).

Reglas de producción

Representamos el conocimiento del experto, se utiliza reglas y una regla es la representación formal del conocimiento con una estructura condicional.

Factores de riesgos

Antecedentes personales

$$\forall(x, y)[mujer(x) \wedge progenitor(x, y) \rightarrow madre(x, y)]$$

$$\forall(x, y)[hombre(x) \wedge progenitor(x, y) \rightarrow padre(x, y)]$$

$$\forall(x, y, z)[progenitor(z, y) \wedge mujer(x) \wedge progenitor(x, z) \rightarrow abuela(x, y)]$$

$$\forall(x, y, z)[progenitor(z, y) \wedge hombre(x) \wedge progenitor(x, z) \rightarrow abuelo(x, y)]$$

$$\exists(x, y)[madre(x, y) \wedge padece(x, diabetes2)]$$

$$\exists(x, y)[padre(x, y) \wedge padece(x, insuficiencia_renal)]$$

Síntomas de la enfermedad

$$\begin{aligned} & \exists(x)[\text{hombre}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{orinas_frecuentes})] \\ & \exists(x)[\text{mujer}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{sed}) \wedge \text{presenta}(x, \text{sequedad_boca})] \\ & \exists(x)[\text{hombre}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{hambre_incesante})] \\ & \exists(x)[\text{mujer}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{cansancio})] \\ & \exists(x)[\text{hombre}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{perdida_peso})] \\ & \exists(x)[\text{mujer}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{escozor_brazos})] \end{aligned}$$

Factores de riesgo

$$\begin{aligned} & \exists(x)\{\text{hombre}(x) \wedge [\text{edad}(x, 45) \wedge y \geq 30]\} \\ & \exists(x)\{\text{hombre}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{estres})\} \\ & \exists(x)\{\text{hombre}(x) \wedge \text{presenta}(x, \text{obesidad})\} \\ & \exists(x)\{\text{mujer}(x) \wedge \text{glicemia}(x, 210)\} \\ & \exists(x)\{\text{mujer}(x) \wedge \text{fuma}(x, 1\text{caja_dia})\} \\ & \exists(x, y)[\text{hombre}(x) \wedge \text{progenitor}(x, y) \wedge \text{padece}(y, \text{diabetes_2})] \\ & \exists(x)[\text{mujer}(x) \wedge \neg \text{actividad_fisica}(x)] \end{aligned}$$

3.5.1. Base de conocimiento

Está compuesta por hechos y reglas del cálculo de predicados o reglas de producción que se menciona anteriormente, la base de hechos se obtendrá mediante la formalización del conocimiento descrito anteriormente por el experto a continuación se describirán los hechos y reglas en elaborado en PROLOG.

3.5.2. Base de hechos

Los hechos iniciales son los que se han obtenido mediante la entrevista al experto, los casos clínicos de pacientes y están expresadas en forma de axiomas, como se formalizo anteriormente.

```
% caso 1
hombre(juan).
edad(juan,50).
peso(juan,78).
talla(juan,161).
```

presion_arterial(juan,140,90).
presenta(juan,sed).
presenta(juan,orinas_frecuentes).
presenta(juan,perdida_peso).
presenta(juan,cansancio).
sedentario(juan).
glicemia(juan,210).

%caso2

hombre(pedro).
edad(pedro,45).
peso(pedro,92).
talla(pedro,165).
presion_arterial(pedro,125,80).
presenta(pedro,sed).
presenta(pedro,orinas_frecuentes).
presenta(pedro,perdida_peso).
presenta(pedro,aumento_deseos_comer).
sedentario(pedro).
glicemia(pedro,148).

%caso3

mujer(carla).
hombre(roberto).
edad(carla,55).
peso(carla,66).
estatura(carla,150).
progenitor(roberto,carla).
presion_arterial(carla,100,60).
padece(roberto,insuficiencia_renal_cronica).
padece(carla,ovario_poliquistico).

presenta(carla,sed).
presenta(carla,orinas_frecuentes).
presenta(carla,aumento_deseos_comer).
presenta(carla,escozor_brazos).
glicemia(carla,178).

3.5.3. Base de reglas

Generalmente una regla se escribe del tipo “**Si** condición **Entonces** acción”, pueden estar relacionadas con dos o más objetos. En nuestro caso las proposiciones corresponden a los síntomas y factores de riesgos que el paciente presenta y las conclusiones hacen referencia a que tipo de diabetes padece.

Para establecer el diagnostico adecuado, el medico tiene que realizar un examen físico de los pies hasta la cabeza.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad menor a 15 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y hambre constante y obesidad **entonces** padece de diabetes tipo 1.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad menor a 15 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y escozor en los brazos y obesidad **entonces** padece de diabetes tipo 1.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad menor a 15 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y pérdida de peso y antecedentes familiares de diabetes **entonces** padece de diabetes tipo 1.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad mayor a 30 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y hambre constante y obesidad **entonces** padece de diabetes tipo 2.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad mayor a 30 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y escozor en los brazos y obesidad **entonces** padece de diabetes tipo 2.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad mayor a 30 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y pérdida de peso y obesidad **entonces** padece de diabetes tipo 2.

Si su nivel de glicemia es mayor o igual a 126 y una edad mayor a 30 y presenta orinas frecuentes y sed en exceso y pérdida de peso y obesidad y presión alta **entonces** padece de diabetes tipo 2.

Si el paciente presenta orinas frecuentes entonces padece de poliuria.

Si el paciente presenta sed entonces padece de polidipsia

Si el paciente presenta sequedad en la boca entonces padece de polidipsia

Si el paciente presenta aumentos de deseos de comer entonces padece de polifagia

Si el paciente presenta escozor en los brazos entonces padece de prurito

Si el paciente presenta agotamiento físico entonces padece de cansancio

Si el paciente tiene un índice de masa corporal mayor igual 30 y menor igual 34.9 entonces se encuentra con obesidad grado 1

Si el paciente tiene un índice de masa corporal mayor igual 35 y menor igual 39.9 entonces se encuentra con obesidad grado 2

Si el paciente tiene un índice de masa corporal mayor igual 40 y menor 49.9 entonces se encuentra con obesidad grado mórbida.

Si el paciente tiene un índice de masa corporal mayor o igual 50 entonces se encuentra con obesidad grado extremo.

Si su presión sistólica es mayor a 120 y la presión diastólica es mayor a 80 entonces padece de hipertensión arterial.

%REGLAS DE LOS SINTOMAS

poliuria(X):-presenta(X,orinas_frecuentes).

polidipsia(X):-presenta(X,sed).

polidipsia(X):-presenta(X,sequedad_boca).

polifagia(X):-presenta(X,aumento_deseos_comer).

plurito(X):-presenta(X,escozor_brazos).

cansancio(X):-presenta(X,agotamiento_fisico).

perdida_peso(X):-presenta(X,perdida_peso).

perdida_peso(X):-presenta(X,perdida_peso_abrupta).

vision_borrosa(X):-presenta(X,vision_borrosa).

%FACTORES DE RIESGO

indice_masa_corporal(X,Y):-peso(X,P),estatura(X,E),Y is P/(E*E).

%OBESIDAD

obesidad(X,G):-indice_masa_corporal(X,Y),Y>=30,Y<34.9,G='Grado 1'.

obesidad(X,G):-indice_masa_corporal(X,Y),Y>=35,Y<39.9,G='Grado 2'.

obesidad(X,G):-indice_masa_corporal(X,Y),Y>=40,Y<49.9,G='Morbida'.

obesidad(X,G):-indice_masa_corporal(X,Y),Y>=50,G='Extremo'.

%Rango de edad

r_edad_tipo1(X):-edad(X,Y),Y<=15.

r_edad_tipo2(X):-edad(X,Y),Y>=30.

antecedente_familiar(X):-

(madre(Y,X);padre(Y,X);abuelo(Y,X)),(padece(Y,diabetes_2);padece(Y,diabetes_1);padece(Y,hipertension_arterial)).

%PRESION ARTERIAL

hipertension_arterial(X):-presion_arterial(X,S,D),S>120,D>=80.

hipertension_arterial(X):-presion_arterial(X,S,D),S>120,D<=80.

%Peso

p_normal(X):-indice_masa_corporal(X,Y),Y>=18.5,Y<24.9.

p_insuficiente(X):-indice_masa_corporal(X,Y),Y<18.5.

sindrome_poliquistico(X):-mujer(X),padece(X,'ovario_poliquistico').

antecedentes_gestacional(X):-mujer(X),presenta(X,'diabetes_gestacional').

estres(X):-presenta(X,'estres').

malos_habitos_alimenticios(X):-presenta(X,'malos_habitos_alimenticios').

sedentarismo(X):-presenta(X,'no_realiza_actividad_fisica').

sedentarismo(X):-actividad_fisica(X,Y),Y<30.

consumo_alcohol(X):-bebe(X,alcohol).

%tabaquismo(X):-fuma(X,_).

%relacionamos el arbol de diabetes

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),polifagia(X).

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),polifagia(X),perdida_peso(X).

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),perdida_peso(X).

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),polifagia(X),plurito(X).

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),polifagia(X),cansancio(X).

sintomas_d(X):-poliuria(X),polidipsia(X),perdida_peso(X),cansancio(X).

sintomas_d(X):-

poliuria(X),polidipsia(X),polifagia(X),perdida_peso(X),cansancio(X),vision_borrosa(X).

%factores de riesgo

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo1(X),obesidad(X,_),malos_habitos_alimenticios(X),hipertension_arterial(X).

f_riesgo(X):-r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),bebe(X,_),fuma(X,_).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),malos_habitos_alimenticios(X),hipertension_arterial(X).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo1(X),obesidad(X,_),hipertension_arterial(X),antecedente_familiar(X).

f_riesgo(X):-r_edad_tipo1(X),obesidad(X,_),antecedente_familiar(X).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),malos_habitos_alimenticios(X),hipertension_arterial(X).

f_riesgo(X):-r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),hipertension_arterial(X).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo2(X),mujer(X),sindrome_poliuistico(X),malos_habitos_alimenticios(X).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo2(X),mujer(X),sindrome_poliuistico(X),antecedente_familiar(X).

f_riesgo(X):-

r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),estres(X),malos_habitos_alimenticios(X),antecedente_familiar(X),sedentarismo(X),consumo_alcohol(X),hipertension_arterial(X).

f_riesgo(X):-

mujer(X),r_edad_tipo2(X),obesidad(X,_),estres(X),malos_habitos_alimenticios(X),antecedente_familiar(X),sedentarismo(X),consumo_alcohol(X),hipertension_arterial(X),sindrome_poliuistico(X).

n_glicemia_alto(X):-glicemia(X,Y),Y>=126.

n_glicemia_pre(X):-glicemia(X,Y),(Y>=110,Y<125).

n_glicemia_n(X):-glicemia(X,Y),(Y>=70,Y<100).

diabetes(X):-n_glicemia_alto(X),f_riesgo(X),sintomas_d(X).

diabetes(X):-n_glicemia_alto(X),r_edad_tipo1(X),sintomas_d(X),f_riesgo(X).

diabetes(X):-n_glicemia_alto(X),r_edad_tipo2(X),sintomas_d(X),f_riesgo(X).

Algoritmos de búsqueda

Búsqueda en profundidad

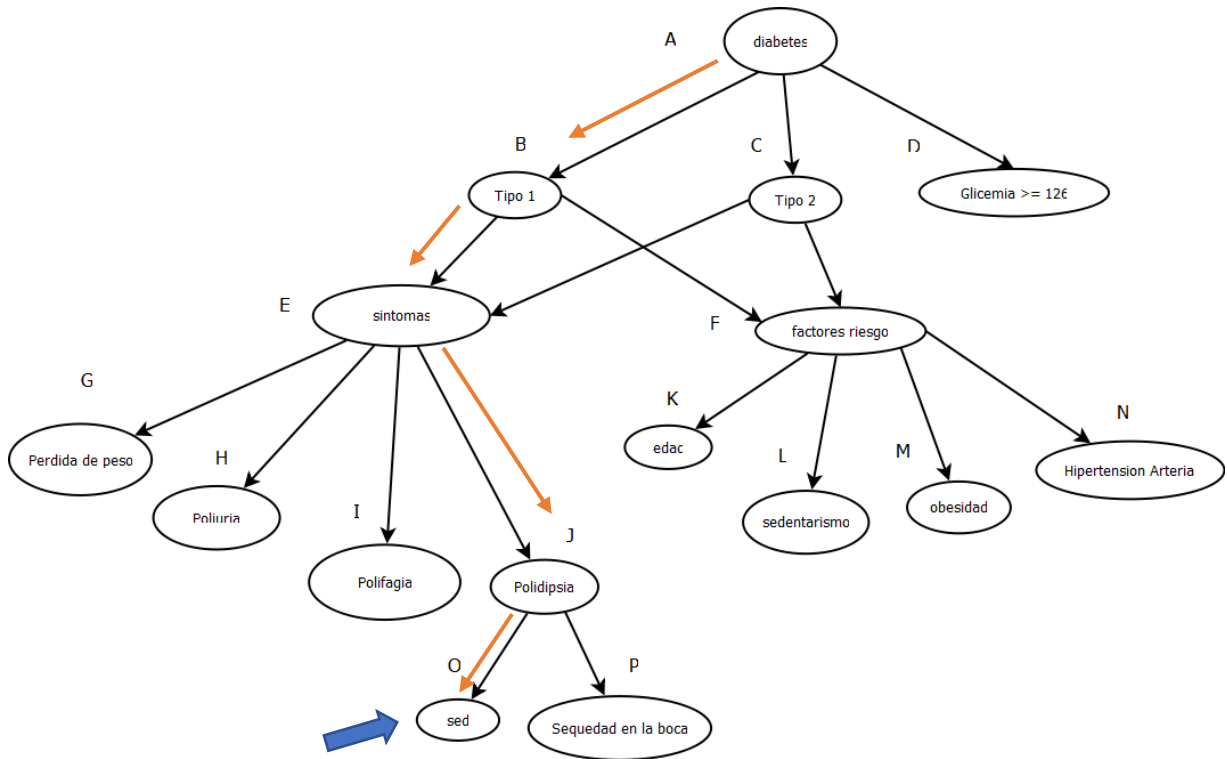


Figura 3.4 Árbol de la diabetes

Abierta

O	P	G	H	I	J	E	F	B	C	D	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sucesores

O	P	G	H	I	J	E	F	B	C	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Aux

							J	E	B	A
--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---

m=A B E J

lpm=1 2 3 4

lp=5

SOLUCION = O → J → E → B → A

Búsqueda en amplitud

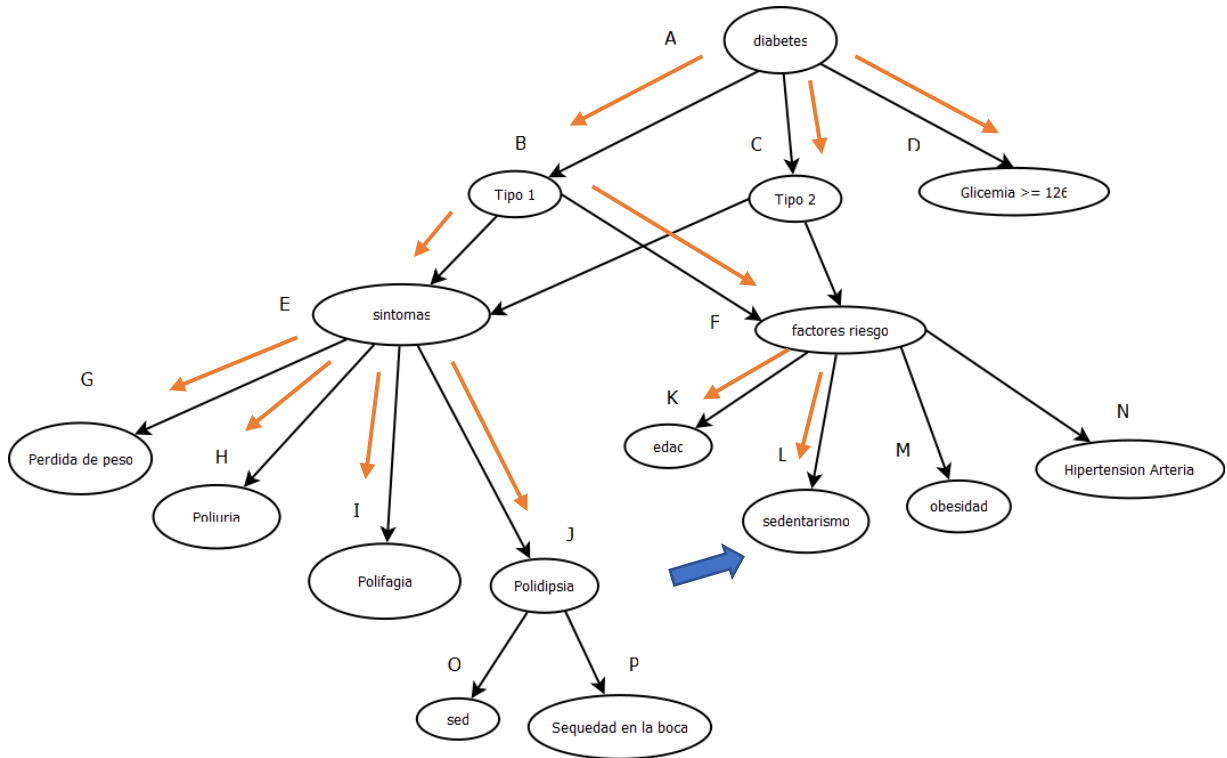


Figura 3.5. Árbol de diabetes

Abierta

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Estados

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Predecesor

A	A	A	B	B	E	E	E	E	F	F	F	F		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

Sucesores

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

m= **A B C D E F**

lpm=1 2 2 2 3 3

SOLUCION (recorrer sus antepasados) = $K \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow A$

Variables del modelo

La información de entrada al sistema experto proviene exclusivamente de aquellos síntomas que son principales de la diabetes juntamente con los factores de riesgo que los causan.

Tabla 3.4

Variables de entrada del sistema basado en conocimiento y sus valores posibles.

Nro.	Variable	Síntoma y Factores	Variable lingüística
1	s1	Poliuria	Presente, ausente
2	s2	Polidipsia	Presente, ausente
3	s3	Polifagia	Presente, ausente
4	s4	Pérdida de peso	Presente, ausente
5	s5	Plurito	Presente, ausente
6	s6	Cansancio	Presente, ausente
7	s7	Visión borrosa	Presente, ausente
8	s8	Edad	Presente, ausente
9	s9	Antecedentes Familiares	Presente, ausente
10	s10	Hipertensión arterial	Presente, ausente
11	s11	Síndrome poliquístico	Presente, ausente
12	s12	Estrés	Presente, ausente
13	s13	Obesidad	Presente, ausente
14	s14	Malos hábitos alimenticios	Presente, ausente
15	s15	Sedentarismo	Presente, ausente
16	s16	Consumo de alcohol	Presente, ausente
17	s17	Tabaquismo	Presente, ausente

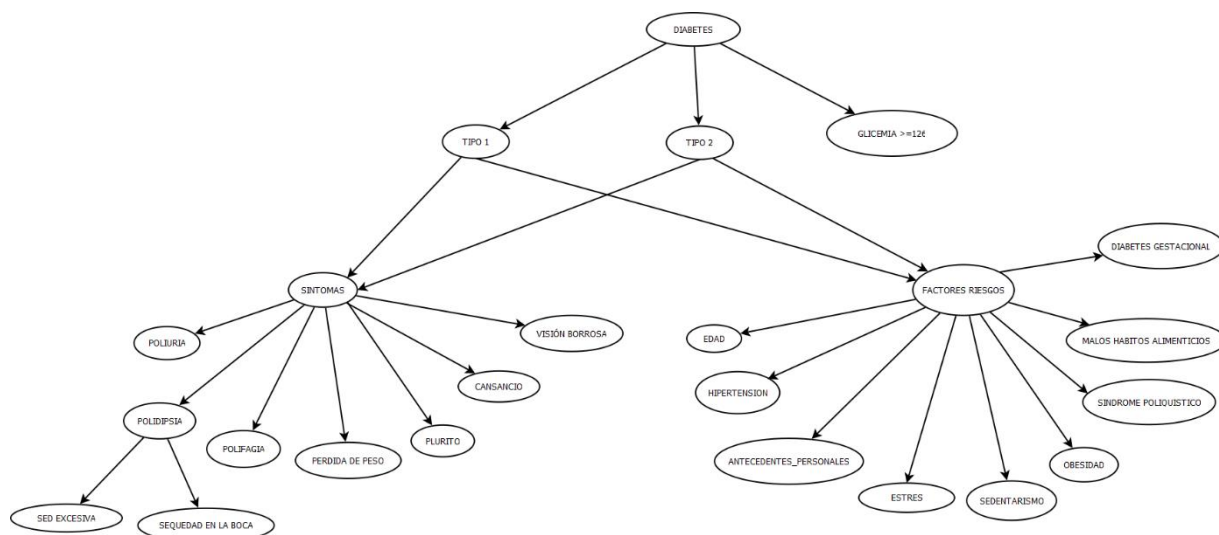


Figura 3.4 árbol de conocimiento

3.5.5. Motor de inferencia

El motor de inferencia es el corazón de todo sistema experto, se encarga de obtener conclusiones a partir de la información que dispone.

En el caso del sistema experto para el diagnóstico de la diabetes, se hace uso de las probabilidades, en el modelo de las redes bayesianas. La red bayesiana, representara la base de conocimiento, los nodos representan los síntomas y los factores de riesgo que nos permite determinar el diagnóstico, el proceso de obtención del diagnóstico se hallara de la probabilidad a priori de los nodos, luego se realiza la propagación de los nodos de la red para conocer la probabilidad a posteriori de las variables.

En la figura 3.5 se muestra la red bayesiana que se plantea con la finalidad de diagnosticar la diabetes, donde los nodos muestran los síntomas y factores de riesgo no modificables y modificables.

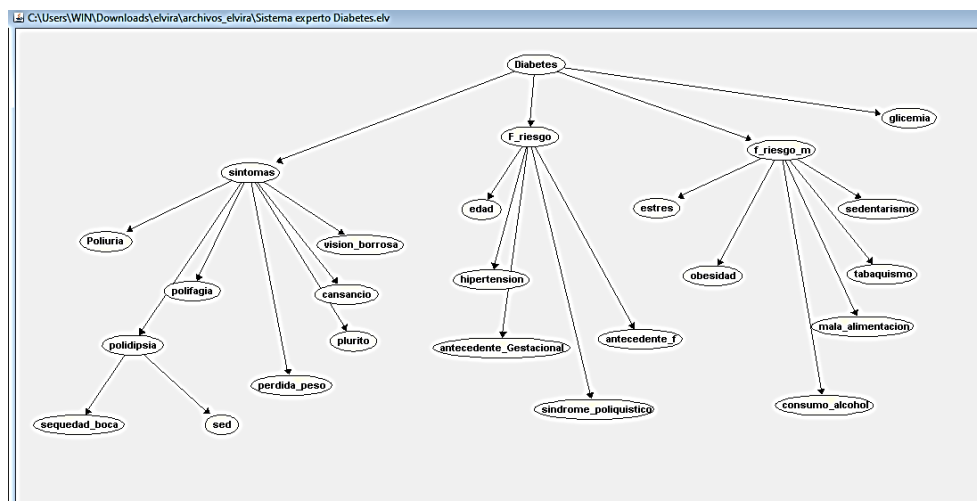


Figura 3.5 red bayesiana que contiene, síntomas, factores de riesgo modificables y factores de riesgo no modificables

Para la inferencia probabilística, se basa en probabilidades condicionales que están detalladas en las siguientes tablas.

Calculando la probabilidad a priori del nodo de diabetes se observa en la tabla 3.5:

Tabla 3.5.

probabilidad a priori de la diabetes

Estados	Probabilidad	Descripción
Ausente =No padecen de diabetes	0.4	0.4 indica que un 40% de la población no padece de diabetes, sin conocer más sobre el paciente
Presente =Padecen de diabetes	0.6	0.6 indica que un 60% de la población padece de diabetes, sin conocer más sobre el paciente.

La probabilidad a priori indica que un 60% de la población que acuden al consultorio presentan diabetes sin conocer más sobre el paciente, en medicina esto se conoce como prevalencia de la enfermedad y se denotara en las siguientes tablas 3.6 y 3.7

s significa que el paciente tiene síntomas de diabetes.

$\neg s$ significa que el paciente no tiene síntomas de diabetes.

$s1$ significa que padece de orinas frecuentes “poliuria”

$\neg s1$ significa que no padece de orinas frecuentes “poliuria”

Tabla 3.6.

Probabilidad condicional el nodo síntoma dado que padece de diabetes.

Estado	$P(S/D)$ =probabilidad de síntomas dado diabetes	Descripción
s = El paciente presenta síntomas de diabetes	0.43	43% de la población presenta los síntomas dado que padece de diabetes
$\neg s$ =El paciente no presenta síntomas de diabetes	0.57	57% de la población no presenta síntomas dado que padece de diabetes.

Tabla 3.7

Probabilidad a priori del nodo poliuria.

S1=Poliuria		Descripción
s1= Presenta orinas frecuentes	0.49	49% de la población presenta orinas frecuentes
¬s1= No presentar orinas frecuentes	0.51	51% de la población no presenta orinas frecuentes

Se tiene calculado las probabilidades a priori, se debe calcular la $p(p1/s)$ que es la probabilidad condicional por lo tanto cuyo padre de s1 es d se calcula:

$$p(S1/padre(S1)) = p(S1/S)$$

Es decir, tomar en cuenta cada una de los síntomas que presenta la enfermedad y confirmar si el paciente tiene o no diabetes, los datos de la tabla 3.7 se obtuvo en base a los historiales clínicos dados por el experto humano.

Tabla 3.8

Probabilidad condicional del nodo poliuria.

P(S1/S)		Descripción
$p(s1/s)$	0.80	Padece de diabetes dado que el paciente tiene orinas frecuentes (poliuria).
$p(\neg s1/s)$	0.20	Padece de diabetes dado que el paciente no presenta orinas frecuentes (poliuria).

$p(s1/\neg s)$	0.25	No padece de diabetes dado que el paciente presenta orinas frecuentes (poliuria).
$p(\neg s1/\neg s)$	0.75	No padece de diabetes dado que el paciente no presenta orinas frecuentes (poliuria).

Debe cumplir:

$$p(s1/d) + p(\neg s1/d) = 1 \quad (3.1)$$

$$0.60 + 0.4 = 1$$

En este caso cumple con la ecuación 3.1 ya conociendo las probabilidades a priori y las condicionales, calculamos la probabilidad total de S1 por:

La probabilidad total de p(S1)

$$p(S1) = \sum_{S_i} P(S_i) * P(s1|S_i) \quad (3.2)$$

Reemplazando valores:

$$p(s1) = p(s) * p(s1/s) + p(\neg s) * p(s1/\neg s)$$

$$p(s1) = 0.43 * 0.80 + 0.57 * 0.25$$

$$p(s1) = 0.4865$$

Con este resultado se puede indicar si presenta orinas frecuentes de un 49% puede ser originado por la diabetes.

$$p(\neg s1) = p(s) * p(\neg s1/s) + p(\neg s) * p(\neg s1/\neg s)$$

$$p(\neg s1) = 0.43 * 0.20 + 0.57 * 0.75$$

$$p(\neg s1) = 0.5135$$

Indica que el 51% no presente orinas frecuentes causado por la diabetes.

El cálculo de la probabilidad a “posteriori”, es decir una vez conocido una evidencia observada del síntoma s_1 a través del teorema de Bayes.

$$p^*(s) = P(s|s_1) = P(s)P(s_1|s)/P(s_1) \quad (3.3)$$

$$p^*(s) = \frac{0.43 * 0.80}{0.4851} = 0.71$$

El valor de 0.71 significa que las orinas frecuentes se presentan en un 71% de la población con diabetes.

Calculamos su complemento, se tiene:

$$p^*(\neg s) = p(\neg s|s_1) = \frac{p(\neg s) * p(s_1|\neg s)}{p(s_1)} \quad (3.4)$$

$$p^*(\neg s) = 0.57 * 0.25/0.49$$

$$p^*(\neg s) = 0.29$$

El valor 0.29 significa que se presentan en un 29% de la población que no padece de diabetes presentando orinas frecuentes.

Con ambos resultados debe cumplir:

$$p^*(s) + p^*(\neg s) = 1 \quad (3.5)$$

$$0.71 + 0.29 = 1$$

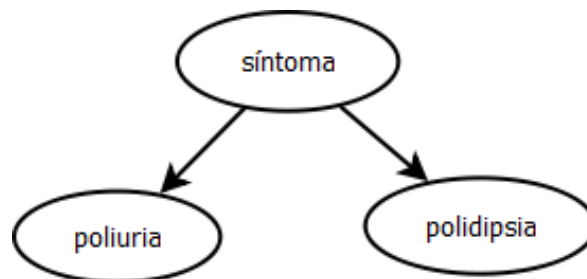


Figura 3.6 dos síntomas de la diabetes

Considerando una nueva evidencia, síntomas como la polidipsia con su respectiva tabla condicional, se muestra en las siguientes tablas 3.8, 3.9.

Tabla 3.8

Probabilidad a priori del nodo polidipsia

S2=Polidipsia		
s2=presenta el síntoma de polidipsia	0.66	66% de la población presenta sed excesiva y sequedad en la boca
¬s2= no presenta el síntoma de polidipsia	0.34	El 34% de la población no presentan sed y sequedad en la boca

Tabla 3.9

Probabilidad condicional del nodo polidipsia

p(S2/S)	s= presenta síntoma de diabetes	¬s= no presenta síntoma de diabetes
s2=sed excesiva	0.73	0.27
¬s2=no sufre de sed excesiva	0.60	0.40

El valor de 0.73 se interpreta como: cuando se padece de diabetes, la sed o sequedad en la boca existe en un 73% de la población.

Al considerar un nuevo síntoma, es decir que el paciente presenta orinas frecuentes y sed excesiva “poliuria y polidipsia”, por lo tanto **¿Cuál es la probabilidad de que el paciente tenga síntomas de diabetes?**

$$p(s/s1, s2) = p(s) * p(s1, s2/s) / \sum_S p(s) * p(s1, s2/s) \quad (3.6)$$

El valor de $p(s1, s2 /s)$ es desconocido, debemos introducir el concepto de independencia condicional que indica: $\sum_S p(s) * p(s1, s2/s)$

$$p(s1, s2/s) = p(s1/s) * p(s2/s) \quad (3.7)$$

Indica que la poliuria es totalmente independiente de los valores de polidipsia.

Al remplazar en la ecuación 3.6 se obtiene:

$$p(s/s1, s2) = p(s) * p(s1/s) * p(s2/s) / p(s1, s2) / \sum_S p(s) * p(s1/s) * p(s2/s) \quad (3.8)$$

Se realizará los cálculos de la forma normalizada, es una diferente expresión del teorema de Bayes.

$$p(d/s_1, s_2, s_3, \dots, s_n) = \alpha p(d) * p(s_1|d) * p(s_2|d) * \dots * p(s_n|d) \quad (3.9)$$

Donde:

$$p(s/s1, s2) = \alpha * p(s) * \lambda_{s1, s2}(s) \quad (3.10)$$

con

$$\alpha = \frac{1}{\sum_S p(s) * p\left(\frac{S_1}{S}\right) * p\left(\frac{S_2}{S}\right)}$$

Donde “s” recorre todos los valores que toma la variable S

$$\lambda_{s1, s2}(s) = p\left(\frac{S_1}{S}\right) * p\left(\frac{S_2}{S}\right)$$

En primer lugar, se calcula α normalizamos:

$$\alpha = \frac{1}{\sum_S p(s) * p\left(\frac{S_1}{S}\right) * p\left(\frac{S_2}{S}\right)}$$

$$\alpha = \frac{1}{p(s) * p\left(\frac{S_1}{S}\right) * p\left(\frac{S_2}{S}\right) + p(-s) * p\left(\frac{S_1}{-s}\right) * p\left(\frac{S_2}{-s}\right)}$$

$$\alpha = \frac{1}{0.43 * 0.8 * 0.73 + 0.57 * 0.25 * 0.6}$$

$$\alpha = \frac{1}{0.33662}$$

Hallando valores:

$$1) \lambda_{s_1, s_2}(s) = p\left(\frac{s_1}{s}\right) * p\left(\frac{s_2}{s}\right) = 0.80 * 0.73 = 0.584$$

$$2) \lambda_{s_1, s_2}(\neg s) = p\left(\frac{s_1}{\neg s}\right) * p\left(\frac{s_2}{\neg s}\right) = 0.25 * 0.60 = 0.15$$

Remplazando valores 1 en la ecuación 3.10:

$$p(s/s1, s2) = \alpha * 0.43 * 0.584$$

$$p(s/s1, s2) = \alpha * 0.25 \quad (3.11)$$

Remplazando valores 2 en la ecuación 3.10:

$$p(\neg s/s1, s2) = \alpha * 0.57 * 0.15$$

$$p(\neg s/s1, s2) = \alpha * 0.09 \quad (3.12)$$

Remplazando los valores α en 3.11 y 3.12 se tiene:

$$p(s/s1, s2) = 1/0.33662 * 0.25$$

$$p(s/s1, s2) = 0.74 \quad (3.13)$$

$$p(\neg s/s1, s2) = 1/0.33662 * 0.09$$

$$p(\neg s/s1, s2) = 0.26 \quad (3.14)$$

Como se puede observar ambos resultados cumplen:

$$p(s/s1, s2) + p(\neg s/s1, s2) = 1$$

Cuando hay dos hallazgos, a favor del diagnóstico de diabetes la probabilidad resultante es 74% es mayor a las probabilidades por separado.

Es lógico a mayor porque a mayor el número de evidencias la probabilidad aumenta.

3.6. IMPLEMENTACIÓN

Para la realización del prototipo se hará uso del lenguaje de programación Prolog para la creación del sistema basado en conocimiento y el uso del software Elvira ya que es específicamente para las redes bayesianas.

3.6.1. Elvira

A continuación, se muestra las pantallas de simulación de la red bayesiana propuesto, las siguientes imágenes muestra la inferencia de la red con sus respectivas probabilidades. La siguiente figura muestra la red bayesiana Figura 3.6.

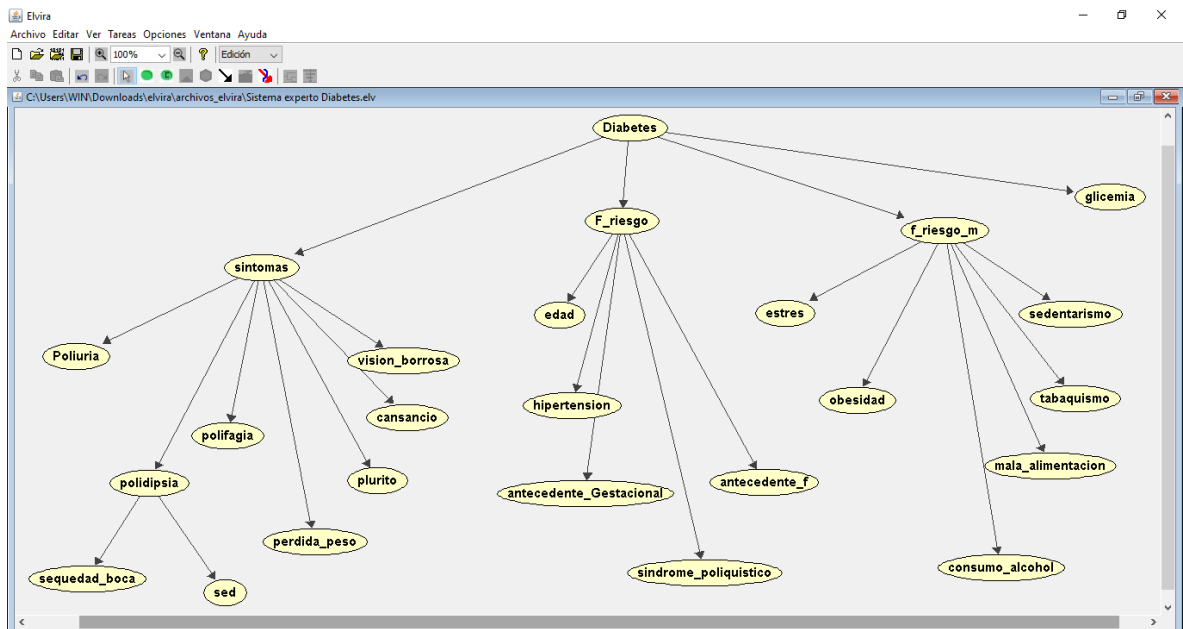


Figura 3.6. Red Bayesiana en el software Elvira.

Seguidamente se introduce el título de cada nodo y se determina que función cumple.

Nodo: Poliuria

Nodo Valores Padres Relación

Nombre: P1 Relevancia: 7.0

Título: Poliuria

Clase de Nodo:
 Nodo Aleatorio
 Nodo Decision
 Nodo Utilidad

Tipo de variable:
 Discreta
 Continua
 Híbrida

Comentario: El paciente presenta orinas frecuentes

Función: Síntoma

Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 3.7. Propiedades de nodo poliuria

Nodo: antecedente_f

Nodo Valores Padres Relación

Nombre: antecedente_f Relevancia: 7.0

Título: Antecedente Familiar

Clase de Nodo:
 Nodo Aleatorio
 Nodo Decision
 Nodo Utilidad

Tipo de variable:
 Discreta
 Continua
 Híbrida

Comentario: Si el paciente tiene un familiar de la primera li (abuelos, papas, hermano

Función: Síntoma

Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 3.8. Propiedades del nodo antecedente familiar

Luego de haber introducido las probabilidades a priori de todos los nodos se escoge la opción de inferencia como se observa en la figura 3.9. excesiva

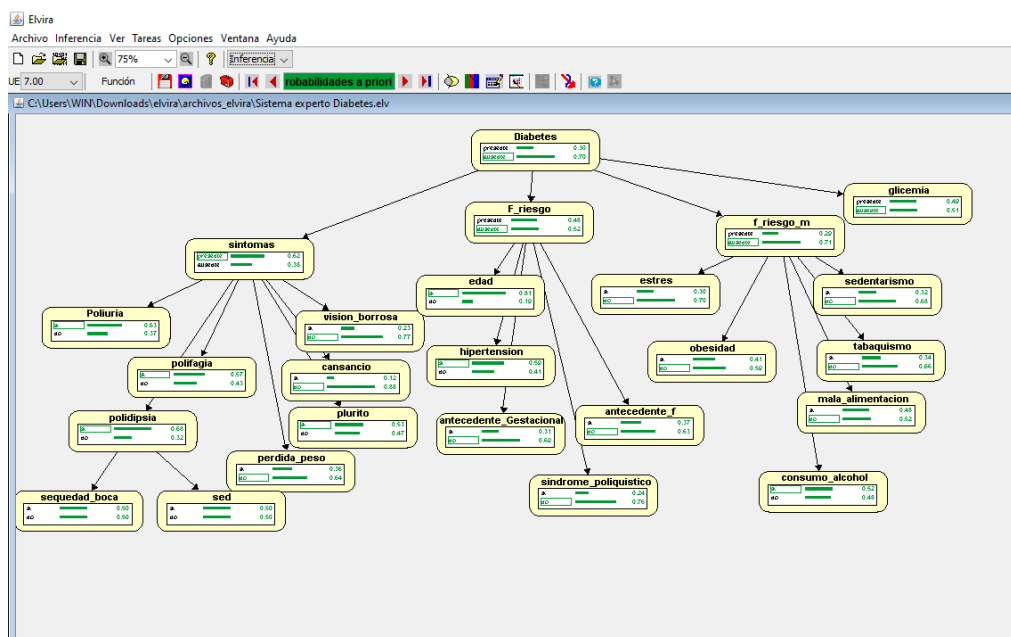


Figura 3.9. Probabilidad a priori del proceso de inferencia en elvira

3.6.2. Prolog

Se utilizó el entorno SWI-Prolog que es el intérprete de prolog de dominio público, Prolog es un lenguaje de programación al paradigma lógico y declarativa, el nombre proviene del francés Programmation Logique, se implementó por los principios de los años setenta de la Universidad de Marsella (Francia), está orientado a la resolución de problemas mediante el cálculo de predicados. Los programas en Prolog se componen de cláusulas de Horn que constituyen reglas del tipo “modus ponendo ponens”.

XPCE: Es una librería para el desarrollo de interfaz gráfica en Prolog.

Características de prolog

- **Declarativo:** Es un lenguaje declarativo e interpretado, esto quiere decir que el lenguaje se usa para representar conocimientos sobre un determinado dominio y las relaciones entre objetos de ese dominio.

- Lógica de Primer Orden: PROLOG usa Lógica de Predicados de Primer Orden (restringida a cláusulas de Horn) para representar datos y conocimiento.
- Usa Backtracking: PROLOG utiliza un sistema de backtracking para resolver una meta propuesta. El procedimiento de backtracking consiste en generar un árbol de búsqueda de todas las posibles resoluciones que puede tener la meta en función de la base de conocimientos.

A continuación, se muestran las pantallas del desarrollo del programa en Prolog, donde se creó la base de conocimiento, las reglas y la interfaz que ayudara al usuario final con el diagnóstico.

```

red_bayesiana.pl
File Edit Browse Compile Prolog Pce Help
interfaz.pl red_bayesiana.pl
%probabilidades
p(diabetes,0.3).
p(sintomas,[diabetes],0.43).
p(sintomas,[not(diabetes)],0.6).
p(polifagia,[sintomas],0.67).
p(polifagia,[not(sintomas)],0.4).
p(polidipsia,[sintomas],0.73).
p(polidipsia,[not(sintomas)],0.6).
p(sequedad_boca,[polidipsia],0.8).
p(sequedad_boca,[not(polidipsia)],0.01).
p(sed,[polidipsia],0.64).
p(sed,[not(polidipsia)],0.2).
p(poliuria,[sintomas],0.8).
p(poliuria,[not(sintomas)],0.25).
p(f_riesgo,[diabetes],0.6).
p(f_riesgo,[not(diabetes)],0.2).
p(perdida_peso,[sintomas],0.33).
p(perdida_peso,[not(sintomas)],0.4).
p(plurito,[sintomas],0.47).
p(plurito,[not(sintomas)],0.63).
p(cansancio,[sintomas],0.07).
p(cansancio,[not(sintomas)],0.2).
p(vision_borrosa,[sintomas],0.07).
p(vision_borrosa,[not(sintomas)],0.3).
p(edad,[f_riesgo],0.93).
p(edad,[not(riesgo)],0.7).
p(hipertension_A,[f_riesgo],0.47).
p(hipertension_A,[not(f_riesgo)],0.7).
p(a_gestacional,[f_riesgo],0.43).
p(a_gestacional,[not(f_riesgo)],0.2).
p(s_poliquistico,[f_riesgo],0.13).
p(s_poliquistico,[not(f_riesgo)],0.34).
p(antecedente_f,[f_riesgo],0.33).
p(antecedente_f,[not(f_riesgo)],0.4).
Line: 42

```

Programa 1. estructura de la red bayesiana propuesto en SWI-Prolog.

```

red_bayesiana.pl [modified]
File Edit Browse Compile Prolog Pce Help
interfaz.pl red_bayesiana.pl [modified]
p(glicemia,[not(diabetes)],0.3).

% Motor de inferencia para Red Bayesiana
prob( [X | Xs], Cond, P) :- !, % Probabilidad de la conjunción
  prob( X, Cond, Px),
  prob( Xs, [X | Cond], PRest),
  P is Px * PRest.

prob( [], _, 1) :- !. % Conjunción vacía

prob( X, Cond, 1) :-
  pertenece( X, Cond), !. % Cond implica X

prob( X, Cond, 0) :-
  pertenece( not(X), Cond), !. % Cond implica X es falsa

prob( not(X), Cond, P) :- !, % Negación
  prob( X, Cond, P0),
  P is 1 - P0.

% Usa la regla de Bayes si Cond0 incluye un descendiente de X

prob( X, Cond0, P) :-
  sacar( Y, Cond0, Cond),
  pred( X, Y), !, % Y es un descendiente de X
  prob( X, Cond, Px),
  prob( Y, [X | Cond], PyDadoX),
  prob( Y, Cond, Py),
  P is Px * PyDadoX / Py. % Asumiendo Py > 0

% Casos donde Cond no involucra a un descendiente

comment(line)
Área de trabajo de Windows Ink Line: 89

```

Programa 2. Motor de inferencia para la red bayesiana

```

?-
% c:/users/win/documents/prolog/interfaz compiled 0.00 sec. -7 clauses
?- main.
true.

?- prob(diabetes,[poliuria,polidipsia,glicemia],P).
P = 0.5214684561960741.

?-

```

Figura 3.10. Probabilidad a posteriori de diabetes dado poliuria, polidipsia y la glicemia alta.

```

diabetes:-tiene_S1,
    pregunta('Usted presenta de sed excesiva?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio?'),
    pregunta('Usted presenta escozor en los brazos?'),
    pregunta('Usted presenta hambre constante?'),
    pregunta('Usted presenta perdida de Peso?').

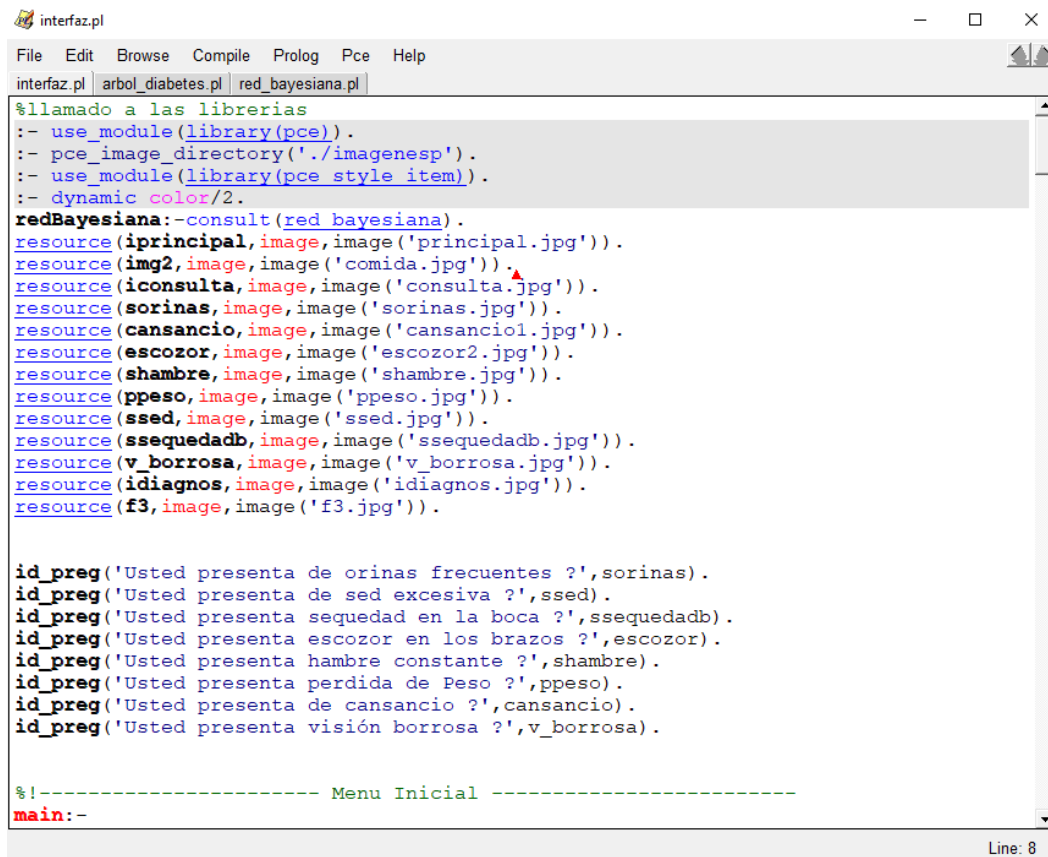
diabetes:-tiene_S2,
    pregunta('Usted presenta de orinas frecuentes?'),
    pregunta('Usted presenta sequedad en la boca?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio?').

diabetes:-tiene_S2,
    pregunta('Usted presenta perdida de Peso?'),
    pregunta('Usted presenta cansancio?').
diabetes:-tiene_S2,
    pregunta('Usted presenta sequedad en la boca?'),
    pregunta('Usted presenta cansancio?').

diabetes:-
    pregunta('Usted presenta visión borrosa?').
diabetes:-tiene_S1,
    pregunta('Usted presenta hambre constante?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio?').
diabetes:-tiene_S1,
    pregunta('Usted presenta hambre constante?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio?'),
    pregunta('Usted presenta perdida de Peso?').
diabetes:-tiene_S1,
    pregunta('Usted presenta de sed excesiva?'),
    pregunta('Usted presenta escozor en los brazos?').
diabetes:-tiene_S1,

```

Programa 3 creación de la base de conocimiento



```

interfaz.pl | arbol_diabetes.pl | red_bayesiana.pl
File Edit Browse Compile Prolog Pce Help
interfaz.pl | arbol_diabetes.pl | red_bayesiana.pl
%llamado a las librerias
:- use_module(library(pce)).
:- pce_image_directory('./imagenesp').
:- use_module(library(pce_style_item)).
:- dynamic color/2.
redBayesiana:-consult(red_bayesiana).
resource(iprincipal,image,image('principal.jpg')).
resource(img2,image,image('comida.jpg')).
resource(iconconsulta,image,image('consulta.jpg')).
resource(sorinas,image,image('sorinas.jpg')).
resource(cansancio,image,image('cansancio1.jpg')).
resource(escozor,image,image('escozor2.jpg')).
resource(shambre,image,image('shambre.jpg')).
resource(ppeso,image,image('ppeso.jpg')).
resource(ssed,image,image('ssed.jpg')).
resource(ssequedadb,image,image('ssequedadb.jpg')).
resource(v_borrosa,image,image('v_borrosa.jpg')).
resource(idiagnos,image,image('idiagnos.jpg')).
resource(f3,image,image('f3.jpg')).

id_preg('Usted presenta de orinas frecuentes?',sorinas).
id_preg('Usted presenta de sed excesiva?',ssed).
id_preg('Usted presenta sequedad en la boca?',ssequedadb).
id_preg('Usted presenta escozor en los brazos?',escozor).
id_preg('Usted presenta hambre constante?',shambre).
id_preg('Usted presenta perdida de Peso?',ppeso).
id_preg('Usted presenta de cansancio?',cansancio).
id_preg('Usted presenta visión borrosa?',v_borrosa).

%!----- Menu Inicial -----
main:-

```

Line: 8

Programa 4. Creación de la interfaz

A continuación, se muestra la pantalla principal del sistema basado en conocimiento entre el usuario.



Figura 3.11. Pantalla principal del sistema

La figura 3.12. muestra los datos importantes a recabar en una consulta.



Edad :	31
Peso :	68
Talla :	1.6
Imc :	26.5625 Sobre peso

Calcular IMC

Obesidad : Si No

Sexo : M E

Atras Siguiete

Figura 3.12. Datos a recabar para la consulta

La figura 3.13. muestra los síntomas que presenta un diabético.

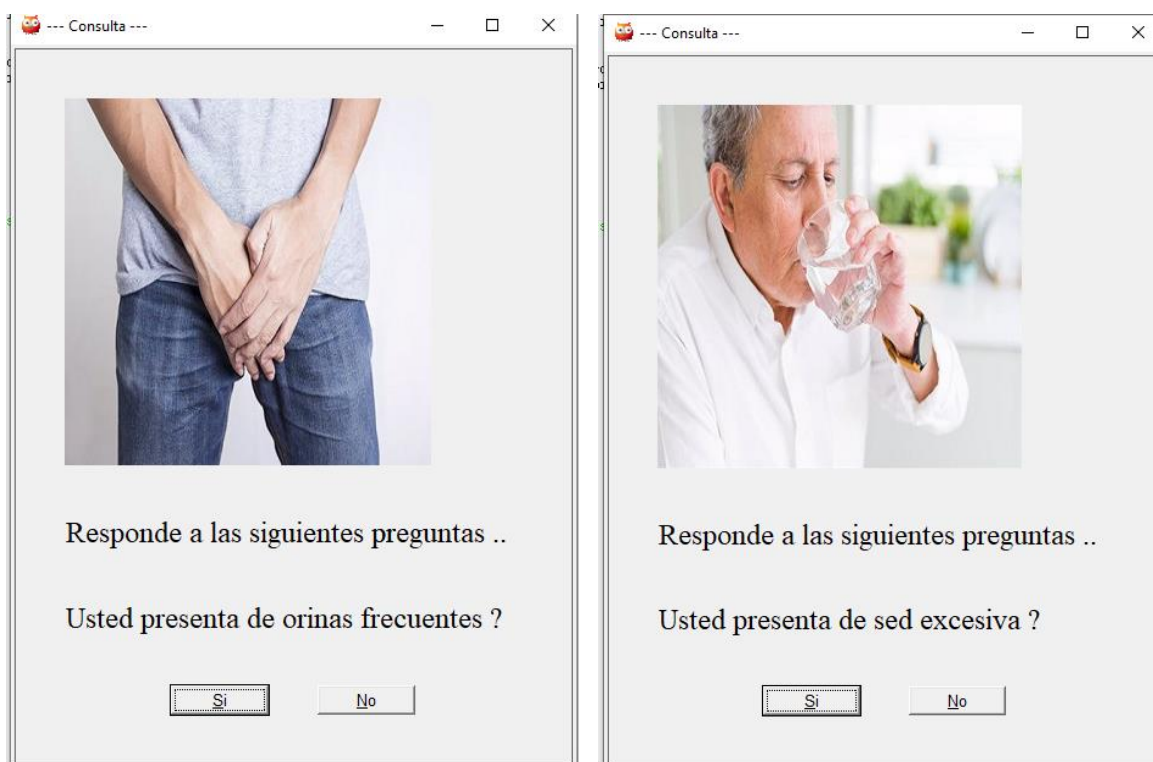


Figura 3.13. Síntoma de poliuria (orinas frecuentes) y polidipsia (sed excesiva)

La figura 3.14 realiza las preguntas sobre los factores de riesgo modificables y no modificables, se consideran modificables si el paciente lleva un estricto control puede cambiar ya sea en el peso, alimentación, los no modificables como ser otra enfermedad de base, ya que el especialista realiza una serie de preguntas que varía según el sexo del paciente en el caso de las mujeres son dos preguntas adicionales.

Factores de riesgo

- ¿ Tiene Familiares que fueron daignosticados de diabetes " Tipo 1 o 2 " sea " Abuelos, Mamá o Papá " ?
R: Si No
- ¿ Padece de hipertensión arterial u otras enfermedades crónicas ?
R: Si No
- ¿ Lleva una vida con estrés ?
R: Si No
- ¿ Se le diagnostico durante el embarazo de diabetes gestacional ?
R: Si No
- ¿ Tiene síndrome del ovario poliquístico?
R: Si No
- ¿ Consume frutas y verduras ?
R: Si No
- ¿ Realiza habitualmente al menos 30 minutos de actividad fisica?
R: Si No
- ¿ Consume bebidas alcoholicas ?
R: Si No
- ¿ Tiene el habito de fumar ?
R: Si No
- ¿ Se le a diagnostico alguna vez, el azucar elevado ?
R: Si No

Factores de riesgo

- ¿ Tiene Familiares que fueron diagnosticados de diabetes " Tipo 1 o 2 " " Abuelos, Mamá o Papá" ?
R: Si No
- ¿ Padece de hipertensión arterial u otras enfermedades crónicas ?
R: Si No
- ¿ Lleva una vida con estrés ?
R: Si No
- ¿ Consume frutas o verduras ?
R: Si No
- ¿ Realiza habitualmente al menos 30 minutos de actividad fisica ?
R: Si No
- ¿ Consume bebidas alcoholicas ?
R: Si No
- ¿ Tiene el habito de fumar ?
R: Si No
- ¿ Se le a diagnosticó alguna vez, el azucar elevado ?
R: Si No

Figura 3.14. Factores de riesgo modificables y no modificables.

Sistema Basado en Conocimiento de la Diabetes

El Diagnostico a partir de los datos usted padece de :

Diabetes tipo 2
A un : 80.823 %

Figura 3.15. Diagnóstico de la enfermedad

CAPÍTULO IV

PRUEBA DE HIPOTESIS

La Prueba de Hipótesis es un procedimiento basado en evidencia muestral y en la teoría de la probabilidad para la aceptación o rechazo de hipótesis de investigación. Existen diferentes métodos para realizar una Prueba de Hipótesis, dependiendo del tipo de problema y de la información con que se cuenta. En la presente tesis para probar la hipótesis planteada en el Capítulo I, es indispensable contar con ayuda del experto endocrinólogo capaz de evaluar al sistema experto y su correcta funcionalidad. Para ello es necesario seguir los siguientes cinco pasos, teniendo en cuenta sus características:

- a) Paso 1: Plantear Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa. La Hipótesis Nula se denota normalmente como H_0 y la Hipótesis Alternativa como H_i . La Hipótesis alternativa siempre plantea lo que queremos demostrar y la Hipótesis Nula se encarga de negarlo.
- b) Paso 2: Determinar Nivel de Significancia. El nivel de significancia indica la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera y se denota con la letra griega: α .
- c) Paso 3: Identificación del estadístico de prueba. Aplicación de la Distribución de Probabilidad apropiada.
- d) Paso 4: Formulación de las reglas de decisión. Aplicando de la distribución de Probabilidad apropiada, se obtiene la estructura definida para la prueba.
- e) Paso 5: Toma de decisión. En base a la evidencia disponible se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa.

La evaluación del sistema basado en conocimiento se realizó con la población que acude al consultorio.

4.2. PRUEBA DE RACHAS DE WALD- WOLFOWITZ

Supongamos una población cuya función es desconocida y sea X la variable aleatoria asociada a esa población, la cual solo puede tomar dos valores posibles, como por ejemplo la de éxito o de fracaso, etc.

Consideramos una muestra de tamaño n con el fin de plantear el siguiente contraste de aleatoriedad:

H_0 La muestra es aleatoria.

H_1 La muestra no es aleatoria.

En general, sea una muestra de tamaño n en la que han aparecido n_1 elementos de tipo A y n_2 elementos de tipo B, siendo $n_1 + n_2 = n$, sea la variable aleatoria.

R: Número total de rachas de la muestra.

Para muestras grandes y bajo la hipótesis H_0 , es decir, para muestras aleatorias la distribución de probabilidad de R tiende hacia la normal, a medida que n_1 y n_2 se van haciendo grandes. Esta aproximación es buena si $n_1 > 10$ y $n_2 > 10$; de tal manera que:

$$R \rightarrow N(E[R], \sqrt{Var[R]})$$

Siendo:

$$E[R] = \frac{2 * n_1 * n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$Var[R] = \frac{2 * n_1 * n_2 (2 * n_1 * n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}$$

Por consiguiente, para muestras grandes se verifica:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1$$

Para muestra concreta el valor estadístico será:

$$Z_{exp} = \frac{R - \frac{2 * n_1 * n_2}{n_1 + n_2} + 1}{\sqrt{\frac{2 * n_1 * n_2 (2 * n_1 * n_2 - n)}{n^2 (n_1 - 1)}}} + 1$$

Donde R es el número total de rachas observadas de la muestra.

La región de aceptación de la hipótesis nula será:

$$-Z_{\frac{\alpha}{2}} < Z_{exp} < Z_{\frac{\alpha}{2}}$$

El valor de $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ se obtiene de la tabla de la N (0,1) de manera que:

$$p\left(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = p\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

4.3. DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

a) **Paso 1** Plantear hipótesis nula e hipótesis alternativa

H_0 El sistema basado en conocimiento diagnostica la diabetes de tipo 1 y 2 de la misma forma en lo que realiza el experto endocrinólogo.

H_1 El sistema basado en conocimiento no diagnostica la diabetes de tipo 1 y 2 de la misma forma en lo que realiza el experto endocrinólogo.

b) Paso 2 Determinar Nivel de Significancia.

El nivel de confianza o significancia que se elige para este caso es de 90% eso quiere decir que $\alpha = 0.05$ en la tabla normal.

c) Paso 3 Identificación del estadístico de prueba.

La prueba de rachas o Wald-Wolfowitz utiliza los signos de los residuos y variaciones de negativos y positivos o viceversa. Una racha vendrá constituida por los signos iguales.

d) Paso 4 Formulación de la regla de decisión

Para la prueba se tomaron 30 historias clínicas al azar del consultorio médico de la Dr. Ruben Calle, endocrinólogo. A continuación, se muestra un resumen de las pruebas realizadas al sistema experto.

Tabla 4.1 Comparación de diagnóstico con el experto

Caso	Sexo	Edad	Diagnóstico del experto	Diagnóstico del sistema experto	Aceptación por rachas
1	Femenina	47	Diabetes	No presenta diabetes	-
2	Masculino	65	Pre-Diabetes	Diabetes	-
3	Masculino	58	Diabetes	Diabetes	+
4	Masculino	55	Diabetes	Diabetes	+
5	Masculino	45	Pre-Diabetes	Diabetes	-
6	Masculino	60	Hipertensión Arterial	Diabetes	-
7	Masculino	75	Diabetes	No presenta diabetes	-
8	Masculino	45	Diabetes	Diabetes	+
9	Femenino	56	Diabetes	Diabetes	+

10	Masculino	15	Diabetes tipo 1	No presenta diabetes	-
11	Femenino	62	Diabetes	No presenta diabetes	-
12	Femenino	55	Diabetes	Diabetes	+
13	Femenino	52	Hipertensión arterial	Diabetes	-
14	Masculino	50	Diabetes	Diabetes	+
15	Femenino	40	Diabetes	Diabetes	+
16	Masculino	45	Diabetes	Diabetes	+
17	Masculino	39	Diabetes	Diabetes	+
18	Masculino	55	Diabetes	No presenta diabetes	-
19	Masculino	25	Diabetes	No presenta diabetes	-
20	Femenino	52	Diabetes tipo 2	Diabetes tipo 1	-
21	Femenino	42	Diabetes	No presenta diabetes	-
22	Femenino	45	Diabetes	Diabetes	+
23	Femenino	50	Diabetes	No presenta diabetes	-
24	Femenino	32	Diabetes	Diabetes	+
25	Masculino	50	Diabetes	No presenta diabetes	-
26	Masculino	35	Diabetes	Diabetes	+
27	Masculino	60	Diabetes	Diabetes	+

28	Femenino	37	Pre-Diabetes	No presenta diabetes	-
29	Masculino	35	Diabetes	Diabetes	+
30	Femenino	40	Diabetes	No presenta diabetes	-

Una racha vendrá constituida por la sucesión de signos iguales, en nuestro caso un total de 17 rachas:

(--)(++)(---)(++)(--)(+)(-)(++++)(----)(+)(-)(+)(-)(++)(-)(+)(-)

Siendo $n = 30$ el número total de observaciones

$n_1 = 14$ el número de residuos positivos.

$n_2 = 16$ el número de residuos negativos

El número de rachas estará normalmente distribuido con media y varianza expresada por las fórmulas:

Esperanza:

$$E[R] = \frac{2 * n_1 * n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$E[R] = \frac{2 * 14 * 16}{14 + 16} + 1 = 15.93$$

Varianza:

$$Var[R] = \frac{2 * n_1 * n_2 (2 * n_1 * n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}$$

$$Var[R] = \frac{2 * 14 * 16 * (2 * 14 * 16 - 30)}{(30)^2 (30 - 1)} = 7.17$$

e) **Paso 5** Toma de decisión.

Reemplazamos los valores anteriores en el valor estadístico y obtenemos:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1$$

$$Z = \frac{17 - 15.93}{\sqrt{7.17}} + 1 = 1.39$$

Calcularemos la región de aceptación de la hipótesis, hallaremos $Z_{\frac{\alpha}{2}}$, el cual obtenemos de la tabla normal $N(0,1)$ de manera que cumpla:

$$p\left(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = p\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$p\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$1 - p\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$p\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$p\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - 0.025$$

$$p\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 0.975$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

$$p\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$p\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 0.025$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

Por lo tanto, la región de aceptación de la hipótesis nula es:

$$-Z_{\frac{\alpha}{2}} < Z_{exp} < Z_{\frac{\alpha}{2}}$$

$$-1.96 < 1.39 < 1.96$$

Se puede observar que el valor estadístico de 1.39 cae dentro del intervalo de aceptación por lo tanto, podemos afirmar la hipótesis: H_0 : El sistema basado en conocimiento diagnostica la diabetes de tipo 1 y 2 de la misma forma en que realiza el experto endocrinólogo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El desarrollo de un sistema basado en conocimiento, permitió la identificación de los principales síntomas y factores de riesgos de la diabetes, que es una enfermedad que tiene gran prevalencia en Bolivia y de acuerdo a proyecciones de esta enfermedad anuncian que para 2025 los casos se duplicaran.

El sistema basado en conocimiento brinda al usuario un diagnóstico rápido y práctico de diabetes, también se realizó un módulo para determinar si la persona se encuentra con obesidad que es uno de los factores principales que esta ligado a la diabetes. La diabetes es una enfermedad crónica y debe recibir tratamiento lo antes posible, no llega a tener cura pero si se puede llegar a controlar con tratamiento, tratamiento multidisciplinario y contempla las aéreas de nutrición y el estilo de vida del paciente, se trata de frenar lo más antes posible y no llegar a unas complicaciones como ser la retinopatía diabética, neuropatía diabética, pie diabético y más complicaciones.

El conocimiento del experto se obtuvo mediante el método de obtención de conocimiento como ser la observación y la entrevista, observar de la forma en que trabaja y realiza una consulta, en la entrevista se logró detallar sobre los síntomas principales, también ayudo en delimitar el sistema y solo dar prioridad a la diabetes tipo dos por ser provocada y causado a partir de los 30 años para adelante, mientras que la diabetes tipo uno llega a ser congénito o hereditaria, todo el conocimiento primeramente se llegó a formalizo por medio de la lógica de proposiciones y predicados.

La construcción del conocimiento por medio de las hechas y reglas elaborados en función al conocimiento del experto desarrollado en Swi-Prolog, la representación cualitativa y cuantitativa mediante las redes bayesianas también se desarrolló en el software Elvira, con la red bayesiana propuesto donde los nodos representan los síntomas y factores de riesgos que son variables de entrada del sistema con sus respectivas probabilidades, se puede observar con los resultados que se abarco el conocimiento y experiencia del experto a un 70% debido que el 30% es al conocimiento sobre los análisis de laboratorio.

Se desarrolló en Swi-Prolog que realiza la búsqueda tanto en profundidad y amplitud, propio motor de inferencia de Prolog (backtraking) que va encadenamiento hacia atrás y nos permite realizar la inferencia.

El desarrollo de la interfaz del usuario para la interrelación de paciente-medico se realizó en Swi-prolog por medio de la librería propia Xpce y de esa forma evaluar las variables (síntomas y factores de riesgo) e inferir mediante el motor de inferencia.

Los resultados obtenidos por el sistema basado en conocimiento fueron satisfactorios, existiendo fallas cuando un paciente presenta solo un síntoma o la enfermedad de la hipertensión que llega a tener similares síntomas y factores de riesgo, sin embargo, dichas fallas se llegan a solucionar ampliando el conocimiento.

La comprobación de la hipótesis planteada se realizó a través de la confiabilidad que brinda el sistema basado en conocimiento, en evaluar si una persona presenta síntomas de diabetes, con una confiabilidad de 90% y el 10% son los diagnósticos equivocados son a causa cuyos factores de riesgos necesariamente son por análisis de laboratorios.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la demostración del sistema, solo se consideró 30 casos de estudio se recomienda considerar más casos con el fin de garantizar la confiabilidad del sistema basado en conocimiento.

Considerar otras variables de entrada adicionales a los que se toma en cuenta en el estudio, como ser análisis de laboratorios, como otra alternativa el de ampliar la base de conocimiento completando el dominio de estudio mejorando así la calidad de diagnóstico.

Ampliar las respuestas del sistema basado en conocimiento considerando un tratamiento farmacológico, tratamiento con la insulina.

BIBLIOGRAFÍA

- (3 de Noviembre de 2020). Obtenido de Medlineplus:
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001214.htm>
- Badaro, S., J., L., & J. Agüero, M. (2013). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. *Ciencia y Tecnología*, 349-363.
- Castillo, E., Gutierrez, J. M., & Hadi, A. S. (1998). *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*. Madrid, España: Academia Española de Ingeniería.
- Cegarra, J., & Ortigoza, J. (2009). Automatización del proceso de evaluación de los aprendizajes en la Educación Superior (Prototipo de un sistema experto). *Encuentro Educativo*, 155-169.
- Informática, C., & de Verano de Informática, C. (1998). *Sistemas expertos probabilísticos*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Jaramillo, E. V. (2000). *Informática básica con énfasis en lenguaje C*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Llorens Largo, F., & Castel de Haro, J. (2001). *Prácticas de Lógica Prolog*. España.
- Montenegro, & L.D. (2015). Aplicación de metodología Buchanan para la construcción de un sistema experto con redes bayesianas para apoyo al diagnóstico de la Tetralogía de Fallot en el Perú. *Facultad de Ingeniería Industrial*, 135-148.
- Moya C., R., & Saravia A., G. (2005). *Probabilidad e inferencia estadística*. Lima - Perú: San Marcos.
- Muñoz, D. A. (2020). Diabetes Mellitus. Obtenido de
<https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/diabetes.html>
- Oguntibeju, O. O. (2013). *DIABETES MELLITUS –INSIGHTS AND PERSPECTIVES*. Croacia: IntechOpen.
- Pau, S. (2002). *Programando la interfaz gráfica en Xpace/Prolog*.
- R. (25 de 06 de 2020). «Diccionario esencial de la lengua española». Obtenido de
<https://www.rae.es/drae2001/inform%C3%A1tica>
- Salud, O. |. (2020). Obtenido de Diabetes: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
- Salud, O. M. (2016). *Informe mundial sobre la diabetes*. Ginebra: the WHO Document Production Services.
- SwI Prolog. (21 de 04 de 2021). Obtenido de <https://www.swi-prolog.org/features.html>
- Tejero, R. S. (15 de Febrero de 2020). *Dendral*. Obtenido de
<http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/estudios/DENDRAL.pdf>

Zapana S., V. (7 de abril de 2016). *En Bolivia hay 90.000 casos de diabetes, en 5 años se duplicarán*. Obtenido de Página Siete:

<https://www.paginasiete.bo/sociedad/2016/4/7/bolivia-90000-casos-diabetes-anos-duplicaran-92381.html>

Velazquez Lopez Luisa PhD, Apuntes de la materia de sistemas expertos, gestión 2 2020.

ANEXO

Codigo fuente del programa Swi-Prolog

```
%llamado a las librerias
:- use_module(library(pce)).
:- pce_image_directory('./imagenesp').
:- use_module(library(pce_style_item)).
:- dynamic color/2.
redBayesiana:-consult(red_bayesiana).

resource(iprincipal,image,image('principal.jpg')).
resource(img2,image,image('comida.jpg')).
resource(iconsulta,image,image('consultap.jpg')).
resource(sorinas,image,image('sorinas.jpg')).
resource(cansancio,image,image('cansancio1.jpg')).
resource(escozor,image,image('escozor2.jpg')).
resource(shambre,image,image('shambre.jpg')).
resource(ppeso,image,image('ppeso.jpg')).
%!----- Menu Inicial -----
main:-
% Crea el objeto dialogo en la variable D
  new(Menu, dialog('Sistema Experto de la Diabetes',size(1000,1000))),
  new(T, label(nombre,'BIENVENIDOS AL SISTEMA EXPERTO',font('times','roman',20))),
  ins_image(Menu,iprincipal,point(10,10)),
  new(Sa, button('Salir',
    and(
      message(Menu, destroy),
      message(Menu, free))))),

  new(Consultar, button('Consulta',and(
    message(@prolog,datos),message(Menu,destroy),
    message(Menu,free))))),
/*
* Inserta el botón en el diálogo
*/
send(Menu,append(Consultar)),
send(Menu,append(Sa)),
send(Menu,append(T)),
```

```

/*
* Le envia el mensaje open al dialogo para que cree y muestre la ventana.
*/
send(Menu,display,T,point(50,50)),
send(Menu,display,Consultar,point(100,320)),
send(Menu,display,Sa,point(320,320)),
send(Menu, open_centered).

sintoma(diabetes):-diabetes.
sintoma('No presenta sintomas de diabetes').

diabetes:-tiene_S1,
    pregunta('Usted presenta de sed excesiva ?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio ?'),
    pregunta('Usted presenta escozor en los brazos ?'),
    pregunta('Usted presenta hambre constante ?'),
    pregunta('Usted presenta perdida de Peso ?').

diabetes:-tiene_S2,
    pregunta('Usted presenta de orinas frecuentes ?'),
    pregunta('Usted presenta sequedad en la boca ?'),
    pregunta('Usted presenta de cansancio ?').

%----- Menu Datos -----
datos:-
    new(@p, dialog('Datos del Paciente',size(700,700))),

    new(T1,text_item('Edad :')),
    new(T2,text_item('Peso :')),
    new(T3,text_item('Talla :')),
    new(@res,label(dato,")),
    new(T4,text_item('Imc :')),
    new(@ob,label(gpeso,"font('times','roman',14))),
    ins_imagen(@p,iconsulta,point(50,50)),
    new(Obe,menu('Obesidad :')),
    send_list(Obe,append,['Si','No']),
    new(Sexo,menu('Sexo :')),
    send_list(Sexo,append,['M','F']),
    new(A1,button('Atras',and(
        message(@p,destroy),
        message(@res,free),message(@ob,free))))),

```

```

new(C,button('Calcular IMC',and(
    message(@prolog,m_imc,T2?selection,T3?selection))))),
new(S,button('Siguiente',
    and(
        message(@prolog,b_datos,T1?selection,Sexo?selection,Obe?selection)
    )),

% Inserta los botones en el diálogo
send_list(@p,append,[T1,T2,T3,T4,@res,@ob,Obe,Sexo,A1,C,S]),
% Muestre la ventana.
send(@p,display,@res,point(178,104)),
send(@p,display,@ob,point(238,102)),
send(@p,display,T1,point(130,20)),
send(@p,display,T2,point(130,47)),
send(@p,display,T3,point(130,74)),
send(@p,display,T4,point(137,101)),
send(@p,display,Obe,point(175,175)),
send(@p,display,Sexo,point(204,200)),
send(@p,display,A1,point(140,230)),
send(@p,display,C,point(220,140)),
%-----
send(@p,display,S,point(300,230)),
send(@p,open_centered).

% Obesidad
ran_obesidad(Y,G):-Y>=30,Y<34.9,G='Obesidad Grado 1'.
ran_obesidad(Y,G):-Y>=35,Y<39.9,G='Obesidad Grado 2'.
ran_obesidad(Y,G):-Y>=40,Y<49.9,G='Obesidad Morbida'.
ran_obesidad(Y,G):-Y>=50,G='Obesidad Extremo'.
ran_obesidad(Y,G):-Y>=25,Y<29.9,G='Sobre peso'.
ran_obesidad(Y,G):-Y<18.5,G='Peso Insuficiente'.
ran_obesidad(Y,G):-Y>=18.5,Y<24.9,G='Peso Ideal'.

%-----
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta de sed excesiva?',Y=polidipsia.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta escozor en los brazos?',Y=plurito.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta hambre constante?',Y=polifagia.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta de orinas frecuentes?',Y=poliuria.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta perdida de Peso?',Y=perdida_peso.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta de cansancio?',Y=cansancio.
compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta visión borrosa?',Y=vision_borrosa.

```

compruebaS(X,Y):-X='Usted presenta sequedad en la boca?',Y=polidipsia.

%..... menu de sintomas

:-dynamic si/1,no/1.

preguntar(Pre):-

```

    new(Di, dialog('--- Consulta ---')),
    new(T,label(texto,'Responde a las siguientes preguntas ..',font('times','roman',20))),
    id_preg(Pre,Nimg),
    ins_imagen(Di,Nimg,point(500,500)),
    new(Te,label(texto,Pre,font('times','roman',20))),
    new(B, button(si,and(
        message(Di, return, si)))),
    new(B2, button(no,and(
        message(Di, return, no)))),
    %send(Di, append(Sa)),
    send(Di,append(T)),
    send(Di, append(Te)),
    send(Di, gap,size(35,25)),
    send(Di, append(B)),
    send(Di,append(B2)),
    send(Di,default_button,'si'),
% Muestre la ventana.
    send(Di, open_centered),
    get(Di,confirm,Rp),
    send(Di,destroy),
    ((Rp==si)->assert(si(Pre)));
    assert(no(Pre)),fail).

```

pregunta(S):-((si(S)->true; (no(S)->fail; preguntar(S))).

%-----

pfr(E,S,O,D):-vsexo(S), %Preguntas de F Riesgo:

```

    new(@d, dialog('Factores de riesgo')),

```

```

    new(Tp1,label(texto,'1. ¿ Tiene Familiares que fueron diagnosticados de diabetes " Tipo 1
o 2 "\n sea " Abuelos, Mamá o Papá " ?',font('times','roman',13))),

```

```

    new(Pre1,menu('
R')),send_list(Pre1,append,[si , no]),

```

```

    new(Tp2,label(texto,'2. ¿ Padece de hipertensión arterial u otras enfermedades crónicas
?',font('times','roman',13))),

```

```

    new(Pre2,menu(r)),

```



```

send_list(Pre2,append,[si , no]),
new(Tp3,label(texto,'3. ¿ Lleva una vida con estrés ?',font('times','roman',13))),
new(Pre3,menu(r)),
send_list(Pre3,append,[si , no]),
new(Tp4,label(texto,'4. ¿ Se le diagnostico durante el embarazo de diabetes gestacional
?',font('times','roman',13))),
new(Pre4,menu(r)),
send_list(Pre4,append,[si , no]),
new(Tp5,label(texto,'5. ¿ Tiene síndrome del ovario
poliquistico?',font('times','roman',13))),
new(Pre5,menu(r)),
send_list(Pre5,append,[si , no]),
new(Tp6,label(texto,'6. ¿ Consume frutas o verduras ?',font('times','roman',13))),
new(Pre6,menu(r)),
send_list(Pre6,append,[si , no]),
new(Tp7,label(texto,'7. ¿ Realiza habitualmente al menos 30 minutos de actividad
fisica?',font('times','roman',13))),
new(Pre7,menu(r)),
send_list(Pre7,append,[si , no]),
new(Tp8,label(texto,'8. ¿ Consume bebidas alcoholicas ?',font('times','roman',13))),
new(Pre8,menu(r)),
send_list(Pre8,append,[si , no]),
new(Tp9,label(texto,'9. ¿ Tiene el habito de fumar ?',font('times','roman',13))),
new(Pre9,menu(r)),
send_list(Pre9,append,[si , no]),
new(Tp10,label(texto,'10. ¿ Se le a diagnostico alguna vez, el azucar elevado
?',font('times','roman',13))),
new(Pre10,menu(r)),
send_list(Pre10,append,[si , no]),
%Imprimiendo test

send_list(@d,append,[Tp1,Pre1,Tp2,Pre2,Tp3,Pre3,Tp4,Pre4,Tp5,Pre5,Tp6,Pre6,Tp7,Pre7,Tp
8,Pre8,Tp9,Pre9,Tp10,Pre10]),
%Boton de retroceso
new(B1,button(atras,and(message(@prolog,datos),message(@d,destroy))))),

%Al momento de seleccionar siguiente pasamos al areaI:- para comprobar las respuestas
que dimos.

new(B,button(siguiete,and(message(@prolog,verif,Pre1?selection,Pre2?selection,Pre3?select
ion,
```

```
Pre6?selection,Pre7?selection,Pre8?selection,Pre9?selection,Pre10?selection,E,O,Pre4?selecti
on,Pre5?selection,D))))),
```

```
%Colocamos los botones.
```

```
send(@d,append,B1),
```

```
send(@d,append,B),
```

```
send(@d,open_centered).
```

```
valor_probd(D,S,F,P):-append(S,F,V),redBayesiana,prob(D,V,P).
```

```
tipo(D,E,R):-D='diabetes',E='si',R='Diabetes tipo 2'.
```

```
tipo(D,E,R):-D='diabetes',E='no',R='Diabetes tipo 1'.
```

```
vefr([antecedente_f,hipertension_A,estres,m_alimentacion,sedentarismo,c_alcohol,tabaquismo
,edad,obesidad,glicemia,a_gestacional,s_poliquistico]).
```

```
vec_fac([]).
```

```
vec_fac([X|Xs]):-assert(si(X)),vec_fac(Xs).
```

```
vec_factores(Vf,[],T):-T=Vf.
```

```
vec_factores(Vf,[X|Xs],T):-
```

```
    si(X),append(Vf,[X],Aux),vec_factores(Aux,Xs,T),!.
```

```
vec_factores(Vf,[_|Xs],T):-vec_factores(Vf,Xs,T).
```

```
vector_factores(Vf):-vefr(X),vec_factores([],X,Vf).
```

```
%----- Menu del porque -----
```

```
porque(D):-
```

```
    D=='No presenta sintomas de diabetes',
```

```
    new(I,dialog('Error',size(500,500))),
```

```
    new(T,label(texto,D,font('times','roman',18))),
```

```
    send(I,append(T)),
```

```
    send(I,open_centered),!.
```

```
porque(_):-
```

```
    vector_sintomas(V),
```

```
    vector_factores(F),
```

```
    %limpiar,
```

```

new(M,dialog(' Explicación ',size(50,50))),

%send(M,append(label(n,' -----'))),
send(M,append(label(n,' Sintomas',font('times','roman',14)))),
send(M,append(label(n,' -----'))),
recorridop(V,M),
%send(M,append(label(n,' -----'))),
send(M,append(label(n,' Factores de Riesgos',font('times','roman',14)))),
send(M,append(label(n,' -----'))),
recorridop(F,M),
send(M,open_centered),!.

```

interfaz_2(D,P):-

```

new(I,dialog('Sistema Basado en Conocimiento de la Diabetes',size(500,500))),
%ins_imagen(I,f3,point(5,5)),
new(Texto, label(nombre,'El Diagnostico a partir de los datos usted padece de :\n\n\n A un
:      %',font('times','roman',18))),
new(Resp, label(nombre,D,font('times','roman',22))),
%new(Texto, label(nombre,'El Diagnostico a partir de los datos usted
padece:',font('times','roman',18))),
new(Prob, label(nombre,P,font('times','roman',22))),
new(Sa,button('SALIR',and(
    message(I,destroy),
    message(I,free),message(@prolog,limpiar)
))),
new(Volver, button('Volver a Consultar',and(
message(@prolog,datos),message(I,destroy),message(I,free),message(@prolog,limpiar))),
new(Btntratamiento,button('Tratamiento',and(message(@prolog,tratamiento,D))),
new(Diag,button('Porque',and(message(@prolog,porque,D))),
send(I, display,Volver,point(30,450)),
send(I, display,Texto,point(20,60)),
send(I, display,Resp,point(80,128)),
send(I, display,Prob,point(100,163)),
ins_imagen(I,idiagnos,point(260,195)),
send(I, display,Sa,point(400,450)),
send(I, display,Btntratamiento,point(180,450)),
send(I, display,Diag,point(300,450)),
send(I,open_centered).

```

Historiales clínicos

Caso clínico 1

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 50 años de edad, abogado, con hipertensión arterial de 15 años de evolución con tratamiento irregular, en estudio por hematología por eritrocitosis. Acude por pérdida de peso abrupta, aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, agotamiento físico en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 161 centímetros, peso 78 kilogramos índice masa corporal 30.1, tensión arterial 140/90 mmHg, con cianosis peri labial.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 210 mg/dL.

Caso clínico 2

Antecedentes familiares

Madre: Diabetes Mellitus.

Antecedentes personales

Dislipidemia.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 45 años de edad, chef, con obesidad hace 14 años. Acude por pérdida de peso, aumento de sed inusual, orinas frecuentes durante el día y la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 165 centímetros, peso 92 kilogramos índice masa corporal 33.8, tensión arterial 125/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 148 mg/dL.

Colesterol 342 mg/dL.

Triglicéridos 252 mg/dL.

Caso clínico 3

Antecedentes familiares

Padre: Insuficiencia Renal Crónica

Antecedentes personales

Síndrome de Ovario Poliquístico

Datos relevantes

Empleada en una fábrica de gaseosas.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 55 años de edad, raza negra, seguimiento por ginecología. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos.

Exploración física

Talla 150 centímetros, peso 66 kilogramos índice masa corporal 29.3, tensión arterial 100/60 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 178 mg/dL.

Caso clínico 4

Antecedentes personales

Diabetes gestacional

Datos relevantes

Madre soltera, empleada en un restáurante de comida rápida.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 40 años de edad. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos y pérdida de peso.

Exploración física

Talla 140 centímetros, peso 62 kilogramos índice masa corporal 31.6, tensión arterial 120/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 212 mg/dL.

Caso clínico 5

Antecedentes familiares

Padre: cáncer de pulmón

Antecedentes personales

Habito de fumar.

Datos relevantes

Chofer de transporte pesado interdepartamental.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 55 años de edad, fumador habitual de 1 caja de cigarrillo al día hace 5 años. Acude por presentar dolor de cabeza intenso, palpitaciones en el corazón, aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos, en las mañanas despierta con aliento a manzana podrida por la boca. Hace 10 años que no acude a un control médico.

Exploración física

Talla 168 centímetros, peso 109 kilogramos índice masa corporal 38.6, tensión arterial 160/110 mmHg, frecuencia cardiaca 98 L/Min, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 315 mg/dL.

Colesterol 352 mg/dL.

Triglicéridos 305 mg/dL.

Caso clínico 6

Antecedentes familiares

Madre: Diabetes tipo I

Antecedentes personales

Artrosis generalizada.

Insuficiencia venosa periférica

Datos relevantes

Gerente de una empresa de electricidad.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 56 años de edad. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos, pérdida de peso y cansancio fácil.

Exploración física

Talla 158 centímetros, peso 72 kilogramos índice masa corporal 28.6, tensión arterial 120/80 mmHg, frecuencia cardiaca 78 L/Min, panículo adiposo conservado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 155 mg/dL.

.

Caso clínico 7

Antecedentes familiares

Padre: Hipertensión arterial

Antecedentes personales

Insuficiencia venosa periférica.

Datos relevantes

Empleada de una agencia de préstamos de dinero.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 47 años de edad. En estudio por ulcera varicosa por angiología. Acude por presentar dolor de cabeza intenso, palpitaciones en el corazón, orinas frecuentes en la noche, aumento de sed inusual, aumento de deseo de comer en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 150 centímetros, peso 67 kilogramos índice masa corporal 29.6, tensión arterial 150/100 mmHg, frecuencia cardiaca 88 L/Min, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 180 mg/dL.

Caso clínico 8

Antecedentes familiares

Padre: Hipertensión arterial

Madre: Diabetes mellitus.

Antecedentes personales

Diabetes mellitus hace 20 años

Datos relevantes

Administrador de una agencia de venta de equipos electrodomésticos.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 60 años de edad, viudo, tratamiento regular con insulina. Acude por presentar sudoración fría, falta de energía, sensación de mareo, en los últimos meses perdió la agudeza visual por lo que tiene dificultades para auto administrarse la insulina.

Exploración física

Talla 160 centímetros, peso 69 kilogramos índice masa corporal 26.9, tensión arterial 130/90 mmHg, frecuencia cardiaca 100 L/Min.

Pruebas complementarias

Glicemia capilar posprandial 72 mg/dL.

Caso clínico 9

Antecedentes personales

Diabetes mellitus hace 10 años

Hipertensión arterial.

Datos relevantes

Jubilado, viudo.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 75 años de edad. Tratamiento regular con Metformina y Losartan. Acude por presentar dolor de cabeza intenso, orinas frecuentes en la noche, refiere que en ocasiones ya no puede preparar adecuadamente sus alimentos por lo que ingiere mucho pan blanco.

Exploración física

Talla 162 centímetros, peso 57 kilogramos índice masa corporal 22.0, tensión arterial 130/80 mmHg, frecuencia cardiaca 72 L/Min.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 195 mg/dL.

Caso clínico 10

Antecedentes familiares

Padre: Diabetes mellitus.

Madre: Hipertensión arterial.

Antecedentes personales

Diabetes Tipo I

Datos relevantes

Sobrepeso al nacer.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 15 años de edad, tratamiento regular con insulina NPH 20 UI. En la mañana, 26 UI. al medio día y 15 UI. en la noche. Acude por presentar en las últimas semanas escozor inusual en los brazos.

Exploración física

Talla 155 centímetros, peso 65 kilogramos índice masa corporal 27.0.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 115 mg/dL.

Caso clínico 11

Antecedentes personales

Diabetes mellitus.

Datos relevantes

Dueño de un bufete de abogados.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 65 años de edad, fumador habitual de 1 caja de cigarrillo al día hace 5 años. Tratamiento regular con Metformina más glibenclamida. Acude a su control médico.

Exploración física

Talla 166 centímetros, peso 61 kilogramos índice masa corporal 22.1, tensión arterial 120/80 mmHg.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 155 mg/dL.

Caso clínico 12

Antecedentes familiares

Madre: Síndrome de ovario poliquístico.

Antecedentes personales

Síndrome de ovario poliquístico.

Diabetes gestacional.

Datos relevantes

Secretaria de una agencia de empleos.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 52 años de edad, mucho estrés en su trabajo. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos, en las mañanas despierta con aliento a manzana podrida por la boca.

Exploración física

Talla 148 centímetros, peso 72 kilogramos índice masa corporal 32.8, tensión arterial 120/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 220 mg/dL.

Caso clínico 13

Antecedentes familiares:

Abuelo: cáncer de páncreas.

Antecedentes personales

Habito de fumar y alcoholismo.

Datos relevantes

Cajero de una institución financiera.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 45 años de edad, fumador habitual de 1 caja de cigarrillo al día hace 5 años. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas escozor inusual en los brazos.

Exploración física

Talla 168 centímetros, peso 99 kilogramos índice masa corporal 35.1, tensión arterial 125/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 288 mg/dL.

Colesterol 250mg/dL.

Triglicéridos 188 mg/dL.

Caso clínico 14**Antecedentes familiares:**

Hermano: Hipertensión arterial.

Antecedentes personales

Obesidad

Datos relevantes

Chofer de un radio taxi.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente masculino de 58 años de edad. Acude por presentar aumento de sed inusual, orinas frecuentes en la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas, sed intensa.

Exploración física

Talla 163 centímetros, peso 81 kilogramos índice masa corporal 30.5, tensión arterial 120/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 152 mg/dL.

Caso clínico 15

Antecedentes familiares

Madre: Diabetes Mellitus.

Antecedentes personales

Dislipidemia.

Obesidad.

Datos relevantes

Dueña de un restaurante de comida gourmet.

Historia clínica. Anamnesis

Paciente femenina de 62 años de edad. Hace 2 semanas estuvo internado por una neumonía. Acude por pérdida de peso, aumento de sed inusual, orinas frecuentes durante el día y la noche, aumento de deseo de comer en las últimas semanas.

Exploración física

Talla 148 centímetros, peso 78 kilogramos índice masa corporal 35.6, tensión arterial 110/80 mmHg, panículo adiposo aumentado.

Pruebas complementarias

Glicemia en ayunas 148 mg/dL.

Colesterol 220 mg/dL.

Triglicéridos: 188 mg/dL.