

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



TESIS DE GRADO

“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DE PARKINSON”

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

POSTULANTE: ALEJANDRA LUCIA ALIAGA BARRIONUEVO

TUTOR METODOLOGICO: Ph.D. JAVIER HUGO REYES PACHECO

ASESOR: LIC. VICTOR PABLO POZO DIAZ

**LA PAZ – BOLIVIA
2017**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE 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.

DEDICATORIA

Para mi papá Emilio Aliaga una de las persona más importante en mi vida ya que es una fuente de inspiración insuperable, día a día me va sorprendiendo más y más por el valor que tiene al afrontar esto que se llama vida; también para mi madre Isabel Barrionuevo quien con su manera de ser me guía, brindándome su apoyo constante, sin ellos yo no podría haber realizado nada, gracias por todo su apoyo, tu comprensión y tu ánimo constante a pesar de los días difíciles. Agradezco a Dios por brindarme unos papás tan geniales y una hermana quien es mi compañía en todo momento.

A mi hermana Valeria, ella ha sido de gran apoyo levantándome el ánimo en mis momentos difíciles, además de apoyarme cuando lo necesitaba, sé que siempre contare con ella, como ella siempre contarán conmigo en las buenas y en las malas, esto no se trata de sangre sino de querer a alguien y saber que también ellos(as) te quieren; muchas gracias.

De la misma forma a mi querida Didi(+) nunca te olvidare, mientras estuviste aquí supiste acompañarme de la mejor manera posible, gracias donde quiera que estés se que estarías orgullosa de mi; también a Sirce, Dulce, Muñeca y Peluchin, que son de enorme bendición y alegría en mi familia.

Saber que ustedes existen me impulsa a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios porque él es creador de la vida y gracias a él todas las cosas fueron hechas; sin él no estaría aquí en esta instancia de la vida, por permitirme existir muchas gracias.

A mis padres Emilio Aliaga e Isabel Barrionuevo quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento sin importar las circunstancias, cumpliendo así esa tarea tan especial sabiendo lo que verdaderamente es ser padres, siempre motivándome para seguir hacia adelante.

A mi hermana Vale por su apoyo que me brinda, agradecida por tenerla y formar parte de mi familia.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a la carrera de Informática.

A todos mis docentes con quienes tuve el gusto de cursar alguna materia.

A mi asesor Lic. Víctor Pablo Pozo Díaz por su constante comprensión, por el tiempo que dedicó a la revisión y corrección de la presente tesis de grado.

A mi tutor metodológico Ph.D. Javier Hugo Reyes Pacheco, por su apoyo, y motivación para que culmine la carrera.

A todos aquellos quienes se lo merecen y en especial a Joel, por haber estado ahí aprobando y reprobando materias en casi toda mi estadía dentro de la universidad; se que puedo contar contigo, gracias.

Mil gracias !!!

RESUMEN

Los sistemas expertos son un área de la informática que se derivan de la inteligencia artificial (IA), actualmente está demostrado que los sistemas basados en conocimiento, dentro del campo de la (IA), son sistemas que intentan emular la pericia del experto humano mediante el conocimiento; tales sistemas son capaces de realizar tareas similares al razonamiento humano, estos permiten crear sistemas que realicen inferencias partiendo de una base de conocimientos que es proporcionada por un experto humano, de forma que sigue los mismos procesos que un especialista humano para resolver un problema específico.

El presente trabajo de tesis, ofrece una visión detallada de la construcción de un sistema experto, enfocándonos a fondo sobre la enfermedad de Parkinson, los síntomas que se dan y como poder de alguna manera brindar información a personas que padecen esta enfermedad y que sirva también de apoyo a los profesionales del área de la salud. El objetivo de esta investigación es proporcionar un diagnóstico sobre la enfermedad de Parkinson en base a síntomas que presente una persona.

Se usó para el desarrollo del prototipo el método de Buchanan siguiendo la fase de sus etapas, que es ideal para la construcción de sistemas expertos y el lenguaje de programación SWI-PROLOG. Posteriormente, se lleva a cabo las pruebas correspondientes de evaluación del Sistema experto para el Diagnostico de Parkinson, para su validación y aceptación por parte del personal experto y personas que padezcan esta enfermedad.

Para probar nuestra hipótesis planteada se hizo uso del contraste de rachas de Wald Wolfowitz ya que era el más adecuado y permitió validar dicha hipótesis y finalmente culminar con el resultado que el sistema si es efectivo y ayuda de gran manera al diagnóstico de Parkinson.

SUMMARY

Expert systems are an area of computer science that are derived from artificial intelligence (AI), it is now demonstrated that knowledge-based systems, within the field of (AI), are systems that attempt to emulate the expertise of the human expert through knowledge; Such systems are capable of performing tasks similar to human reasoning, they allow to create systems that make inferences starting from a knowledge base that is provided by a human expert, so that it follows the same processes as a human specialist to solve a specific problem.

This thesis work offers a detailed view of the construction of an expert system, focusing in depth on Parkinson's disease, the symptoms that occur and how to somehow provide information to people suffering from this disease and that also serves of support to professionals in the health area. The objective of this research is to provide a diagnosis of Parkinson's disease based on symptoms that a person presents.

The Buchanan method was used for the development of the prototype following the phase of its stages, which is ideal for the construction of expert systems and the SWI-PROLOG programming language. Subsequently, the corresponding evaluation tests of the expert system for Parkinson's Diagnosis are carried out, for its validation and acceptance by the expert staff and people suffering from this disease.

To test our hypothesis we used the contrast of Wald Wolfowitz runs as it was the most appropriate and allowed to validate this hypothesis and finally culminate with the result that the system is effective and greatly helps the diagnosis of Parkinson's.

INDICE

CAPITULO I.

MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. INTRODUCCION.....	1
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.....	9
1.3.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	10
1.4. OBJETIVO	10
1.4.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	10
1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
1.5. PREGUNTAS.....	10
1.5.1. PREGUNTA CIENTIFICA.....	11
1.5.2. PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS	11
1.6. HIPOTESIS	11
1.7. JUSTIFICACION.....	11
1.7.1. JUSTIFICACION TEORICA.....	11
1.7.2. JUSTIFICACION ECONOMICA.....	12
1.7.3. JUSTIFICACION SOCIAL.....	12
1.8. ALCANCES Y LIMITES	12
1.8.1. ALCANCES	12
1.8.2. LIMITES.....	13
1.9. APORTES	13
1.10. METODOLOGIA.....	13

CAPITULO 2.

MARCO TEORICO	15
2.1. INTRODUCCION.....	15
2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	15

2.2.1. VENTAJAS	16
2.2.2. DESVENTAJAS.....	16
2.3. SISTEMAS EXPERTOS.....	17
2.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	19
2.3.2. ARQUITECTURA	20
2.3.2.1. BASE DE CONOCIMIENTO	21
2.3.2.2. BASE DE HECHOS	21
2.3.2.3. MOTOR DE INFERENCIA	21
2.3.2.4. SUBSISTEMA DE EXPLICACION.....	22
2.3.2.5. INTERFAZ DE USUARIO	22
2.3.3. VENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO	24
2.3.3. VENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO	24
2.4. METODOLOGIA BUCHANAN	24
2.4.1. IDENTIFICACION	26
2.4.2. CONCEPTUALIZACION	26
2.4.3. FORMALIZACION	26
2.4.4. IMPLEMENTACION	27
2.4.5. TESTEO	27
2.4.6. REVISION DEL PROTOTIPO	28
2.5. LOGICA DIFUSA O BORROSA.....	28
2.5.1. SISTEMA DE RAZONAMIENTO DIFUSO.	30
2.5.2. CONJUNTOS DIFUSOS	30
2.5.3. FUNCIONES DE PERTENENCIA	31
2.5.4. VARIABLES LINGUISTICAS	35
2.5.5. REGLAS DIFUSAS	36
2.5.6. INFERENCIA DIFUSA O BORROSA	38
2.6. PARKINSON	38
2.6.1. CAUSAS	39
2.6.2. SINTOMAS	39
2.6.3. PROBLEMAS ASOCIADOS	41
2.6.4. ¿COMO SE DETECTA?	41

2.6.5. ¿A QUIEN AFECTA?	42
2.6.6. ETAPAS DE LA ENFERMEDAD	42
2.6.7. ¿EL PARKINSON ES MORTAL?	43
2.6.8. ¿SE PUEDE PREVENIR?	43
2.6.9. ¿HAY CURA?	44
2.6.10. ¿COMO LUCRAR CONTRA EL PARKINSON?	44
2.6.11. TRATAMIENTO	44

CAPITULO 3.

MARCO APLICATIVO	46
3.1. INTRODUCCION.....	46
3.2. METODOLOGIA BUCHANAN	48
3.2.1.IDENTIFICACION	48
3.2.1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	49
3.2.1.2. COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO	49
3.2.1.3. BUSQUEDA DE UN EXPERTO	49
3.2.2. CONCEPTUALIZACION	50
3.2.2.1. ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO	50
3.2.3.FORMALIZACION	54
3.2.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO	55
3.2.3.2. VARIABLES DE LA BASE DE CONOCIMIENTO	55
3.2.3.3. FUZZIFICACION DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS	56
3.2.3.4. BASE DE HECHOS	59
3.2.3.5. BASE DE REGLAS	60
3.2.3.6. MOTOR DE INFERENCIA	67
3.2.4. IMPLEMENTACION	69
3.2.5. TESTEO O PRUEBA	70
3.2.6. REVISION DEL PROTOTIPO	77

CAPITULO 4.

EVALUACION DE RESULTADOS	78
---------------------------------------	-----------

4.1. CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ	78
4.2. DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS	80
Paso 1: Planteamiento de la hipótesis nula.	80
Paso 2: Selecciona el nivel de confianza..	81
Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.	81
Paso 4: Formulación de la regla de decisión.	81
Paso 5: Toma de decisión.	84
Paso 6: Aceptar o rechazar la hipótesis planteada.	85

CAPITULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1. CONCLUSIONES.....	86
5.2. RECOMENDACIONES	87

INDICE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitectura de un sistema experto.....	20
Figura 2.2. Etapas de la metodología Buchanan.	25
Figura 2.3. Representación Gráfica de Pertenencia	32
Figura 2.4: Función Triangular	32
Figura 2.5. Función Trapezoidal	33
Figura 2.6. Función gamma	33
Figura 2.7 Función Sigmoidal	34
Figura 2.8. Función Gaussiana	34
Figura 2.9. Función Pseudo-Exponencial	35
Figura 2.10. Valores lingüísticos de la variable difusa “Velocidad”.....	35
Figura 2.11. Conjunto difuso de la variable difusa “Velocidad”.....	36
Figura 2.12. Síntomas de la enfermedad de Parkinson	40
Figura 3.1. Proceso de desarrollo del sistema experto	47
Figura 3.2. Participantes que intervienen en el sistema experto.....	48
Figura 3.3. Conjunto difuso de temblor	56
Figura 3.4. Conjunto difuso de Rigidez Muscular	57
Figura 3.5. Conjunto difuso de Lentitud de movimientos.....	58
Figura 3.6. Conjunto difuso de Problemas de equilibrio.....	59
Figura 3.7. Entorno de desarrollo de SWI-Prolog	69
Figura 3.8. Pantalla de inicio del sistema experto	70
Figura 3.9. Pantalla “Que es la enfermedad de Parkinson”.....	71
Figura 3.10. Pantalla “Síntomas motores”.....	72
Figura 3.11. Pantalla “Síntomas no motores”.....	72
Figura 3.12. Pantalla “Evolución de la enfermedad”	73
Figura 3.13. Pantalla “Conclusiones acerca de la enfermedad”	73
Figura 3.14. Pantalla de preguntas (síntomas motores).....	74
Figura 3.15. Pantalla de preguntas (síntomas motores).....	75
Figura 3.16. Pantalla de preguntas (síntomas no motores).....	75

Figura 3.17. Pantalla de diagnóstico y tratamiento.....	76
Figura 3.18. Pantalla de ayuda.....	77

INDICE TABLAS

Tabla 2.1. Primeros sistemas expertos.	18
Tabla 3.1: Descripción de variables de síntomas característicos del Parkinson	55
Tabla 3.2: Función de pertenencia de temblor	57
Tabla 3.3: Función de pertenencia de Rigidez Muscular	57
Tabla 3.4: Función de pertenencia de Lentitud de movimientos	58
Tabla 3.5: Función de pertenencia de Problemas de Equilibrio	59
Tabla 4.1 Comparación diagnóstico médico con Sistema Experto SEP.....	82
Tabla 4.2. Sumas Totales de Rachas.....	83

MARCO INTRODUCTORIO

1.1. INTRODUCCION.

El Parkinson es una enfermedad del Sistema Nervioso Central ("cerebro") de carácter degenerativo, crónico, progresivo y lento, que afecta a la zona del cerebro encargada del control y coordinación del movimiento, del tono muscular y de la postura. En esta zona, llamada sustancia negra, existe un componente químico, la dopamina, compuesto esencial para la regulación de los movimientos, es decir, para que los movimientos se realicen de una forma efectiva y armónica. Así, en la EP se produce una "degeneración" de la sustancia negra (de causa desconocida) cuya consecuencia es la disminución de la dopamina. Es por ello que las principales manifestaciones de la enfermedad expresan un control deficiente de los movimientos: Temblor, lentitud generalizada (bradicinesia), rigidez y alteraciones de la postura y de la marcha.

Es la más común de todas las enfermedades degenerativas del cerebro después de la enfermedad de Alzheimer y la que mejor tratamiento tiene de todas ellas.

Cuando el resultado de una enfermedad es la cronicidad como lo es la del Parkinson, la prevención terciaria ocupa un papel primordial mediante las actividades encaminadas a la rehabilitación y a la reinserción social, que persiguen como objetivo fundamental el máximo de autonomía a fin de posibilitar al paciente una buena adaptación en su nueva situación.

Vivir con una enfermedad crónica como la Enfermedad de Parkinson (EP) es mucho más que padecerla: Significa conocerla en su totalidad y descubrir cómo afectará nuestra vida diaria, nuestros planes, objetivos, deseos, ilusiones, relaciones e interacciones, para finalmente,

aprender ese nuevo modo de vivir a que nos obliga y que, en parte, se hará más o menos difícil según nosotros aprendamos a conocerla y a descubrir sus puntos débiles.

La medicina ha sido una disciplina que se ha apoyado en el uso de tecnologías y software. De esta manera surge la informática médica, la cual se relaciona con los sistemas de la información y de comunicación, los lenguajes médicos formales, las guías de práctica clínica, la Inteligencia Artificial y la cibernética.

Los sistemas expertos es uno de los campos en que se divide la inteligencia artificial, ya que emula la capacidad de tomar decisiones de un humano experto; en los últimos años se ha observado un gran interés por su aplicación a problemas científicos, técnicos y comerciales.

Este interés se ha visto fortalecido por el hecho de que los sistemas expertos desarrollados han demostrado ser capaces de alcanzar los objetivos para los cuales habían sido diseñados.

Son muchas las tareas que realiza un sistema experto, pero la que más se asocia al tema de diagnóstico, es el sistema experto de control; este sistema se basa en interpretar y diagnosticar de forma secuencial, y de esta manera se consigue guiar un proceso.

Para dar un diagnóstico certero de Parkinson, el médico se basa en los síntomas del paciente y en los criterios bioquímicos con o sin síntomas clínicos.

La poca experiencia de médicos principiantes, puede provocar que se realice un diagnóstico equivocado y que las recomendaciones no sean las adecuadas, poniendo en riesgo al paciente; por ello el propósito de esta investigación es desarrollar un Sistema Experto, que sirva de apoyo a los médicos para reducir el tiempo que les toma dar un diagnóstico respecto a la enfermedad de Parkinson y para que complementen los consejos generales de cuidado con otros más específicos; además esta investigación proporcionará el diagnóstico de la enfermedad de acuerdo a los síntomas que presente una persona, y de esta manera se evitará tener mayores complicaciones, tomando decisiones oportunas tempranas.

1.2. ANTECEDENTES.

A comienzos de los años 50 el conocido Alan Mathinson Turing publicó "Inteligencia y Funcionamiento de las Máquinas" con el fin de demostrar hasta qué punto estas tienen inteligencia. En estos años se mostraron varias definiciones de lo que significaba la inteligencia en una máquina, lo que actualmente se denomina "inteligencia artificial".

Uno de los primeros sistemas expertos se llamó Dendral que era capaz de calcular o descubrir hechos relativos a la estructura molecular a partir de unos datos químicos sin elaborar.

Otro famoso sistema experto era MYCIN que diagnostica enfermedades de la sangre y que sugiere un tratamiento y PUFF, un sistema similar, pero para enfermedades de pulmón.

Con el transcurrir de los años se dieron varios sistemas expertos, los cuales se detallan a continuación:

- ❖ 1950 el campo de la automática recibe un gran impulso cuando Wiener desarrolla el principio de la retroalimentación. La teoría de la retroalimentación es base fundamental de los sistemas de control.
- ❖ 1955 Newell y Simon desarrollan la Teoría de la lógica. Este desarrollo permitió desarrollar un programa que exploraba la solución a un problema utilizando ramas y nudos, seleccionando únicamente las ramas que más parecían acercarse a la solución correcta del problema.
- ❖ 1956, se celebra una conferencia en Vermont (USA) de gran trascendencia en el desarrollo de la I.A. John McCarthy propone por primera vez el uso del término "Inteligencia Artificial" para denominar el estudio del tema.
- ❖ 1957, aparece la primera versión de "The General Problem Solver" (GPS, Solucionador general de problemas), un programa capaz de solucionar problemas de sentido común pero no problemas del mundo real como diagnósticos médicos. El GPS utilizaba la teoría de la retroalimentación de Wiener.
- ❖ 1958 McCarthy anuncia su nuevo desarrollo el lenguaje LISP (LIST Processing), el lenguaje de elección para todos aquellos desarrolladores inmersos en el estudio de la IA.

- ❖ 1963, el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) recibe una subvención de 2,2 millones de dólares del gobierno de los Estados Unidos en concepto de investigación en el campo de la IA. De esa forma, se comprueba la importancia que el Gobierno concede a la investigación dentro de ese campo.
- ❖ 1965 aparece DENDRAL, el primer sistema experto. DENDRAL tenía como objetivo estudiar un compuesto químico. El descubrimiento de la estructura global de un compuesto exigía buscar en un árbol las posibilidades, y por esta razón su nombre es DENDRAL que significa en griego "árbol". Antes de DENDRAL los químicos solo tenían una forma de resolver el problema, esta era tomar unas hipótesis relevantes como soluciones posibles, y someterlas a prueba comparándolas con los datos.
- ❖ 1965 se empezaron a utilizar técnicas para la resolución de problemas que se caracterizaban por la búsqueda heurística como modelo para la resolución de problemas, y con ellas comenzó la investigación y desarrollo de los sistemas expertos.
- ❖ 1972, en la Universidad de Standford se desarrolla MYCIN, sistema experto dentro del campo de la medicina para diagnóstico de enfermedades infecciosas en la sangre. MYCIN se trataba de un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Desde los resultados de análisis de sangre, cultivos bacterianos y demás datos, el programa era capaz de determinar, o en lo menos, sugerir el microorganismo que estaba causando la infección.
- ❖ 1972 aparece el lenguaje PROLOG basado en las teorías de Minsky.
- ❖ 1973 se desarrolla el sistema experto llamado TIERESIAS. El cometido de este sistema experto era el de servir de intérprete entre MYCIN y los especialistas que lo manejaban, a la hora introducir nuevos conocimientos en su base de datos.
- ❖ 1979 aparece XCON, primer programa que sale del laboratorio Su usuario fue la Digital Equipment Corporation (DEC).El cometido de XCON sería configurar todos los ordenadores que saliesen de la DEC. El proyecto presentó resultados positivos y se empezó a trabajar en el proyecto más en serio en diciembre de 1978.
- ❖ 1980 se instauró totalmente en DEC. Y en 1984, el XCOM había crecido hasta multiplicarse por diez. El XCOM supuso un ahorro de cuarenta millones de dólares al año para la DEC.

- ❖ Entre los años 80 a 85 se produce la revolución de los Sistemas Expertos. En estos 5 años se crearon diversos sistemas expertos como el DELTA, de General Electric Company, para la reparación de locomotoras diesel y eléctricas. "Aldo en Disco" para la reparación de calderas hidroestáticas giratorias usadas para la eliminación de bacterias. Se crearon multitud de empresas dedicadas a los sistemas expertos como Teknowledge Inc., Carnegie Group, Symbolics, Lisp Machines Inc., Thinking Machines Corporation, Cognitive Systems Inc. formando una inversión total de 300 millones de dólares. Los productos más importantes que creaban estas nuevas compañías eran las "máquinas Lisp", que se trataba de unos ordenadores que ejecutaban programas LISP con la misma rapidez que en un ordenador central, y el otro producto fueron las "herramientas de desarrollo de sistemas expertos".
- ❖ A partir de los 90 y con el desarrollo de la informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de la IA y los sistemas expertos, pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad.

La evolución histórica de los métodos utilizados en el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la IA y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución.

La medicina a través del tiempo ha sufrido un proceso de especialización, dividiendo su conocimiento en varias áreas, para de esta manera abordar de forma concreta y precisa los problemas que se presentan en niveles específicos de cada una de estas áreas. En términos generales estos problemas, hacen referencia particularmente a enfermedades identificables dentro del área, por ello el diagnóstico médico juega probablemente uno de los papeles más importantes dentro del campo médico. Uno de los inconvenientes más importantes en el proceso del diagnóstico médico es la subjetividad del especialista o experto que lo realiza; este hecho se hace notar en particular en actividades de reconocimiento de patrones, donde la experiencia del profesional está directamente relacionada con el diagnóstico final, debido al hecho de que el resultado no depende de una solución sistematizada sino de la interpretación de los síntomas presentados por del paciente.

Brause destaca el hecho de que la mayoría de médicos confrontan durante su formación la tarea de aprender a diagnosticar. En ésta fase ellos tienen que resolver el problema de deducir ciertas enfermedades o formular un tratamiento basado en observaciones o especificaciones de conocimiento. En términos generales el diagnóstico médico es fundamentalmente el proceso de identificar la enfermedad que está sufriendo un paciente, para de esta manera poder determinar cuál es la mejor forma para tratarla.

Para el diagnóstico en general y el diagnóstico médico particularmente, la integración rápida y fácil de conocimiento que pueda reemplazar al conocimiento previo, es un factor fundamental, dado que el diagnóstico médico es un proceso muy complejo, que requiere la recopilación de los datos del paciente, un profundo entendimiento de la literatura médica alrededor del tema y muchos años de experiencia clínica, sin embargo un diagnóstico totalmente preciso no puede ser realizado sin antes considerar muchas alternativas. Como resultado de esta incertidumbre las decisiones tomadas por diferentes médicos en diferentes estados del proceso de diagnóstico no siempre son las mismas, dada la diferencia de racionalización hecha por cada médico para cada caso en particular, así se trate del mismo tipo de enfermedad.

Precisamente por las características que presenta el diagnóstico médico, éste ha sido uno de los campos que mayor interés ha desarrollado en las ciencias de la computación y específicamente en el área de la Inteligencia Artificial, dado que mediante ésta se pretende emular la capacidad natural que posee el hombre en la toma de decisiones de cualquier tipo; imitando tanto su modo de aprendizaje como la manera en que basado en dicho conocimiento puede llegar a tomar decisiones; características que son las bases fundamentales para diagnóstico médico. Para este fin la Inteligencia Artificial se apoya haciendo uso de distintas de sus propias ramas, dentro de las cuales se pueden destacar: los sistemas expertos (diagnóstico basado en reglas, probabilidades), lógica difusa (diagnóstico basado en clasificación), redes neuronales (diagnóstico basado en entrenamiento y reconocimiento), minería de datos en imágenes (diagnóstico mediante el reconocimiento de patrones).

El potencial de Inteligencia Artificial en la medicina ha sido expresado por varios investigadores a través de su historia. Por ejemplo Hoong (1988) resumió el potencial de las técnicas de IA en la medicina así:

- Producción de nuevas herramientas para apoyar la toma de decisiones médicas, entrenamiento e investigación.
- Integración de las actividades médicas, computacionales, científico-cognoscitivas.

Muchas aplicaciones en IA se han desarrollado con el fin de reforzar el cuidado de la salud y proporcionar mejores métodos para este objetivo particular. Como han expresado muchos estudios tales como (Mahabala, 1992; Manickam y Abidi, 1999); Alexopoulos 1999; Zelic, 1999; Ruseckaite, 1999, Bourlas, 1999), las aplicaciones en IA en el campo médico fueron desarrollados para ayudar a los usuarios (particularmente médicos y pacientes), proporcionando diagnósticos y predicciones para evitar complicaciones en las enfermedades. Aunque estos sistemas están dotados con el conocimiento "humano", ellos nunca reemplazarán la experiencia humana; dado que al igual que el humano, los sistemas exigen frecuentemente supervisión y actualización del conocimiento, por consiguiente, el papel del especialista (experto) médico continúa siendo importante para asegurar la validez del sistema.

Con el tiempo se desarrollaron aplicaciones informáticas enfocadas al campo del diagnóstico de enfermedades. Entre los trabajos de investigación desarrollados en la carrera de informática de Universidad Mayor de San Andrés tenemos:

- SISTEMA EXPERTO PARA LA PREVENCIÓN DE LA TOXINA CEREBRAL EN PACIENTES DE VIH—SIDA (Rivero Ticona José , 2005)

Tiene como objetivo prevenir la toxina cerebral, mediante una base de conocimiento y así ayudar a las personas que padecen VIH-SIDA

- SISTEMA EXPERTO DE DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE CANCER DE PROSTATA (Chambi Cahuapaza José Edwin, 2007)

Este sistema ayuda a los varones a diagnosticar de manera oportuna si padecen cáncer de próstata y realizar un tratamiento en el momento preciso.

- SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS (Lazo Nina Ruth Alicia, 2011)

Su objetivo es ayudar a prevenir las distintas enfermedades dermatológicas que una persona puede llegar a presentar.

- SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE ARTRITIS REUMATOIDE (Mamani Quispe Carmen, 2013)

Este sistema está diseñado para diagnosticar la enfermedad de artritis reumatoide y así comprender la situación a la cual uno se va a enfrentar.

En el mercado informático dirigido al diagnóstico de enfermedades encontramos aplicaciones como:

- PARKINSON ENFERMEDAD. Mantiene informados a aquellos que sufren la enfermedad sobre los últimos avances científicos, investigaciones y artículos que puedan ayudarles.
- GUIA DE PARKINSON. Analiza el concepto de enfermedad de Parkinson, su clínica, los medios de diagnóstico y su tratamiento. Los autores de las guías son neurólogos reconocidos y expertos en esta área. Han realizado el trabajo teniendo en cuenta las reglas de la medicina basada en la evidencia, basándose en la literatura médica internacional, de forma independiente de la industria farmacéutica, y sin percibir honorario.
- PHENOMIZER. El Phenomizer App está diseñado para ser utilizado por médicos calificados y con licencia con el fin de prestar asistencia en llegar al diagnóstico correcto en pacientes con enfermedades hereditarias y para el uso como medio de enseñanza.
- COMMON DIFFERENTIAL DIAGNOSIS. Diagnóstico diferencial común está destinado a estudiantes de medicina, médicos jóvenes y otros profesionales de la salud. Se ofrece una breve descripción de los síntomas comunes que se encuentran en la práctica médica diaria y una cuenta de su diagnóstico diferencial.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La enfermedad de Parkinson tiene un origen neurológico desconocido, que afecta a dos de cada mil personas en el mundo, también es conocida como parálisis agitante, que es causada por el deterioro progresivo de las células nerviosas del cerebro encargada del control de los movimientos (ganglios basales y área extrapiramidal).

Gran parte de este problema también puede deberse a la condición socio-económica, por lo que algunas personas descuidan su salud y minimizan cualquier dolencia, otro factor importante es que existe un porcentaje alto de personas que no cuentan con seguro de salud por lo que el acceso a una consulta médica se dificulta.

Algunas personas con esta enfermedad pueden presentar depresión, pérdida temprana de la capacidad mental y en casos severos deterioro mental general que incluye demencia y/o alucinaciones esta última puede ser ocasionada por efectos secundarios de los medicamentos.

El problema es que la gente no conoce nada acerca de esta enfermedad, y mucho menos conocen que síntomas presenta, en consecuencia, las personas que podrían estar presentando algunos de los síntomas del Parkinson, por falta de información no podrían tratarla a tiempo.

El diagnóstico médico en general, es un proceso que implica una gran responsabilidad y experiencia (combinación de conocimiento y práctica) por parte del médico que lo realiza, por el hecho de estar comprometiendo en determinados casos la integridad del paciente.

Esta tesis tiene como objetivo fundamental desarrollar un sistema de simulación en tiempo real, que utilice técnicas de Inteligencia Artificial basadas en el conocimiento, el cual pueda ser utilizado en el diagnóstico y tratamiento del Parkinson, ofreciendo una serie de casos de estudio relevantes, inferidos de la base de conocimiento.

1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.

¿Cómo se puede realizar un diagnóstico que determine si una persona padece la enfermedad de Parkinson?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.

- a) Poco interés de desarrollar un sistema experto orientado al diagnóstico de la enfermedad de Parkinson.
- b) Muy escaso conocimiento de las personas acerca de lo que es la enfermedad de Parkinson.
- c) Limitado acceso a un centro de salud de parte de la población por no contar con un seguro médico.
- d) Poco tiempo en las consultas de los pacientes, no ayuda a realizar un diagnóstico completo y exacto.
- e) Ausencia de la utilización de nuevas tecnologías para el diagnóstico de la enfermedad.

1.4. OBJETIVO.

1.4.1. OBJETIVO PRINCIPAL.

Desarrollar e implementar un sistema experto que sea capaz de diagnosticar la enfermedad del Parkinson.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a) Brindar mayor información acerca de lo que es la enfermedad de Parkinson.
- b) Analizar los síntomas que presenta el paciente, para así dar un diagnóstico oportuno.
- c) Saber de manera rápida y eficiente si uno padece la enfermedad.
- d) Implementación de la base de conocimiento según a la experiencia del experto humano.
- e) Desarrollo de una interfaz fácil de usar por el usuario.

1.5. PREGUNTAS.

1.5.1. PREGUNTA CIENTIFICA.

¿Será posible desarrollar un sistema experto para el diagnóstico de la enfermedad del Parkinson?

1.5.2. PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS.

- ❖ ¿Cómo determinar los elementos, los recursos metodológicos, marco conceptual y software de aplicación para el desarrollo de esta tesis?
- ❖ ¿El prototipo del sistema experto desarrollado cumplirá efectivamente la función planteada en el objetivo principal?
- ❖ ¿En qué medida el sistema experto desarrollado ha incentivado a las personas?

1.6. HIPOTESIS.

El Sistema experto proporcionará un diagnóstico confiable en base a variables de entrada proporcionadas por el paciente.

1.7. JUSTIFICACION.

1.7.1. JUSTIFICACION TEORICA

En la actualidad la enfermedad de Parkinson es un padecimiento con dimensiones desconocidas en nuestro país, debido a la difícil identificación diagnóstica, ya que los primeros indicios de la enfermedad son fácilmente confundidos con otro tipo de padecimientos característicos de los adultos mayores, sumando a esto que los servicios de salud pública no cuentan con la tecnología adecuada para identificar la enfermedad en las primeras etapas, y los servicios médicos privados que cuentan con ellos no están al alcance económico de la mayoría de la población.

El desconocimiento de las personas acerca de los primeros síntomas de la enfermedad juega un papel determinante, ya que si es tratada de la manera adecuada podría significar mayores y mejores condiciones de vida para los pacientes.

1.7.2. JUSTIFICACION ECONOMICA

El desarrollo de este tema se basa en la utilidad que representa hoy en día el uso de la tecnología. Con este sistema los usuarios ahorran tiempo y dinero, al no hacer filas y ni gastos en las consultas en los hospitales.

1.7.3. JUSTIFICACION SOCIAL

Los beneficiados con este sistema experto de diagnóstico de Parkinson indirectamente son las personas afectadas con Parkinson, ya que existe un determinado número de las personas que padecen este mal y no lo saben. El desarrollo del sistema experto que permita diagnosticar la enfermedad de Parkinson, facilita de antemano de saber si se padece o no esta enfermedad, y con ello poder realizar a tiempo su tratamiento respectivo.

1.8. ALCANCES Y LIMITES

1.8.1. ALCANCES

- Se diseñará el prototipo del sistema experto gracias al conocimiento del experto humano, lo cual beneficiará a todo el campo de la medicina.
- El sistema experto brindará un diagnóstico de manera rápida luego de introducir los síntomas que una persona presente, por lo cual la enfermedad podrá ser tratada de manera adecuada para una mejor condición de vida.
- El sistema experto mejorara el conocimiento de la enfermedad, así las personas que la padecen podrán llevar a cabo su respectivo tratamiento.

1.8.2. LIMITES

- El sistema experto será utilizado por cualquier persona (médico y/o paciente).
- No se tomará en cuenta otras patologías, solo se abordada la enfermedad de Parkinson.
- El prototipo solo se limita a la determinación del diagnóstico de la enfermedad.
- El sistema experto no sustituirá la experiencia del experto, pero si ayudara a reducir tiempos en las consultas de los pacientes, agilizando el proceso de diagnóstico de dicha enfermedad.
- El prototipo no registra los resultados de los diagnósticos.

1.9. APORTES

- Con el presente proyecto se pretende aportar una herramienta en el campo de la medicina que permita evaluar a los pacientes con síntomas de Parkinson y así brindar la asistencia oportuna para prevenir el empeoramiento de la salud.
- Se brinda una solución informática al problema presentado.
- Se beneficiarán los pacientes y los usuarios del sistema ya que surgirá un interés por saber más acerca de la enfermedad.
- Mejorar el conocimiento sobre la enfermedad de Parkinson, para su respectivo tratamiento.

1.10. METODOLOGIA

Para alcanzar los objetivos propuestos en el desarrollo del presente trabajo se hará uso de métodos, técnicas y herramientas.

- Para el desarrollo de la presente tesis se empleará el Método Científico, el cual sirve para la organización del proceso de la investigación. Este método es muy importante para

poder resolver los problemas en el área de la salud ya que aplica diferentes principios y/o conceptos los cuales clasifican la teoría práctica.

- Para el diseño del sistema experto se utiliza la metodología de Buchanan, esta se basa en la adquisición de conocimiento de distintas fuentes tales como libros, artículos y expertos profesionales. Las fases que presenta esta metodología son:
 - ✓ **Identificación.** Se identifican a los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento, se establecen los presupuestos y las facilidades computacionales; en conclusión, se identifican los objetivos.
 - ✓ **Conceptualización.** Se estudiarán los conceptos brindados por el experto humano.
 - ✓ **Formalización.** Se identificarán los conceptos más importantes.
 - ✓ **Implementación.** Se formaliza el conocimiento dado por el experto humano y se escoge la organización, el lenguaje y el ambiente de programación.
 - ✓ **Testeo o prueba.** Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura del motor de inferencia.
 - ✓ **Revisión del Prototipo.** Se reformulan los conceptos y se refina el prototipo.
- Por último, la herramienta en la cual es programada e implementada el prototipo del sistema experto es en el lenguaje de programación Swi-Prolog que ayudará al sistema a interactuar con el usuario.

2.1. INTRODUCCION

Este capítulo servirá al lector para que tenga una idea más clara acerca de lo que significa un Sistema Experto, se definirá lo que es la lógica difusa, en qué situación y ámbitos se aplica.

Seguidamente se explicará sobre la metodología Buchanan y las fases que esta tiene.

Por último, se mencionará que es la enfermedad de Parkinson, las causas, las consecuencias, los síntomas y el tratamiento que debe seguir una persona con esta enfermedad. Con este capítulo se podrá comprender el desarrollo del proyecto que se detalla más adelante.

2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial es considerada una rama de la computación y relaciona un fenómeno natural con una analogía artificial a través de programas de computador. La inteligencia artificial puede ser tomada como ciencia si se enfoca hacia la elaboración de programas basados en comparaciones con la eficiencia del hombre, contribuyendo a un mayor entendimiento del conocimiento humano.

Si por otro lado es tomada como ingeniería, basada en una relación deseable de entrada-salida para sintetizar un programa de computador. "El resultado es un programa de alta eficiencia que funciona como una poderosa herramienta para quien la utiliza."

El término inteligencia artificial representa un conjunto de disciplinas de software, lógica, informática y filosofía que están destinadas a hacer que los PCs realicen funciones que se pensaba que eran exclusivamente humanas, como percibir el significado en el lenguaje escrito o hablado, aprender, reconocer expresiones faciales, etc.

A través de la inteligencia artificial se han desarrollado los sistemas expertos que puedan imitar la capacidad mental del hombre y relacionan reglas de sintaxis del lenguaje hablado y escrito sobre la base de la experiencia, para luego hacer juicios acerca de un problema, cuya solución se logra con mejores juicios y más rápidamente que el ser humano. En la medicina tiene gran utilidad al acertar el 85 % de los casos de diagnóstico.

2.2.1. VENTAJAS

- ❖ En el ámbito laboral reduce los costos y salarios adicionales.
- ❖ Por resultar un atractivo, conlleva a generar más ingresos.
- ❖ Se han desarrollado aplicaciones que realizan tareas que el hombre nunca hubiera podido hacer debido a su complejidad.
- ❖ Puede predecir situaciones a largo plazo.
- ❖ Reduce el tiempo que consume realizar cierta actividad.
- ❖ Lograr grandes hallazgos y avances.

2.2.2. DESVENTAJAS

- ❖ Por ser software, requieren de constantes actualizaciones (mantenimiento).
- ❖ Realizar estos sistemas expertos requiere de mucho tiempo y dinero.
- ❖ Crear máquinas que sean autosuficientes y puedan ir desplazando a la raza humana.
- ❖ El uso irracional y exagerado de esta tecnología podría conllevar a la dominación de las máquinas sobre el hombre, como también llegar a depender mucho de ellas.
- ❖ El hombre se siente menos importante cuando una máquina o un sistema “lo supera”.

2.3. SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos, son una de las ramas de la Inteligencia Artificial, es decir, son sistemas informáticos que simulan el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano. (Montes, 2005).

Estas características le permiten almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, tomar decisiones, aprender de la experiencia y los datos existentes, comunicarse con expertos humanos, explicar el porqué de las decisiones tomadas y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior.

Técnicamente un sistema experto, contiene una base de conocimientos que incluye la experiencia acumulada de expertos humanos y un conjunto de reglas para aplicar ésta base de conocimientos en una situación particular que se le indica al programa. Cada vez el sistema se mejora con adiciones a la base de conocimientos o al conjunto de reglas.

Los sistemas expertos son máquinas que emulan el pensar y razonar como un experto lo haría en cierta especialidad o campo. Por ejemplo, un sistema experto en diagnóstico médico requeriría como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos y otros hechos relevantes y, utilizando estos, buscaría en una base de datos la información necesaria para poder identificar la correspondiente enfermedad. Un sistema experto de verdad, no solo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de forma tal que el resultado sea inteligible y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente específicas.

A pesar de que la anterior definición de un sistema experto es razonable, han surgido desde entonces otras definiciones, debido al rápido desarrollo de la tecnología como lo describen, Castillo y Alvarez (1991) y Durkin (1994). El sentido de estas definiciones puede resumirse como sigue:

Un sistema experto puede explicarse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada. Un software que imite el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema, que pueda almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones (Criado, 2002).

La tecnología representada por los sistemas expertos actuales, surge de las técnicas de inteligencia artificial que han sido objeto de amplias e intensivas investigaciones, desde finales de la década de 1950. Las investigaciones comenzaron en el área de lenguajes para apoyar el razonamiento simbólico (Giarratano, 2001).

A partir de los años 70 aparecen los sistemas expertos como una forma de automatizar ciertos tipos de problemas complejos que manipulan una gran cantidad de conocimientos, por ejemplo: diagnóstico, planeación, predicción, diseño, interpretación, control, monitoreo de estado e instrucción.

SISTEMA	AÑO	AUTOR	APLICACIÓN
DENDRAL	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras químicas
MACSYMA	1965	MIT	Análisis matemático complejo
HEARSAY	1965	Carnegie - Mellon	Interpreta el lenguaje natural un subconjunto del idioma
MYCIN	1972	Stanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre
TIERESIAS	1972	Stanford	Herramienta para la transformación de conocimiento
PROSPECTOR	1972	Stanford	Exploración mineral y herramientas de identificación
AGE	1973	Stanford	Herramientas para generar sistemas expertos
OPSS	1974	Carnegie - Mellon	Herramienta para el desarrollo de sistema experto
CADUCEUS	1975	University of Pittsburg	Herramienta de diagnóstico para medicina interna
ROSIE	1978	Rand	Herramienta de desarrollo de sistema experto
R1	1978	Carnegie - Mellon	Configurador de equipos de computación para DEC

Tabla 2.1: Primeros sistemas expertos.
Fuente: (Rolston, 1995)

En la actualidad los sistemas expertos se utilizan en diferentes niveles de aplicación y son sistemas auxiliares que pueden ofrecer una ayuda en los puestos trabajos existentes ya que pueden procesar grandes cantidades de datos de manera eficiente y llegar a conclusiones complejas con mayor claridad.

2.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Según Giarratano (2001) un sistema experto suele diseñarse para que tenga las siguientes características generales:

- **Alto desempeño:** El sistema debe ser capaz de responder a un nivel de competencia igual o superior al de un especialista en el campo. Esto significa que la calidad de consejo dado por el sistema debe ser muy alta.
- **Tiempo de respuesta adecuado:** El sistema debe actuar en un tiempo razonable, comparable o mejor al tiempo requerido por un especialista, para alcanzar una decisión. Si un sistema experto necesita un año para tomar una decisión que un especialista tomaría en una hora, no sería muy útil. Las restricciones de tiempo en el desempeño de un sistema experto pueden ser especialmente severas en el caso de los sistemas en tiempo real, cuando una respuesta debe darse dentro de un intervalo.
- **Confiabilidad:** El sistema experto debe ser confiable y no propenso a caídas o no será usado.
- **Comprensible:** El sistema debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecutan, de tal modo que sea comprensible. En lugar de ser solo una “caja negra” que produce una respuesta milagrosa, el sistema debe tener capacidad de explicación, de la misma forma en que los especialistas pueden explicar su razonamiento. Este rasgo es muy importante por varias razones.
- **Flexibilidad:** Debido a la gran cantidad de conocimiento que un S.E. puede tener, es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento.

2.3.2. ARQUITECTURA

Los sistemas expertos emplean una amplia variedad de arquitecturas específicas en sus sistemas. A pesar de las diferencias significativas, la mayoría de las arquitecturas tienen muchos componentes en común (Giarratano, 2001).

Un sistema experto debe estar bien estructurado ya que su trabajo es muy difícil, a continuación, se dan mayores detalles de los componentes principales de un SE.

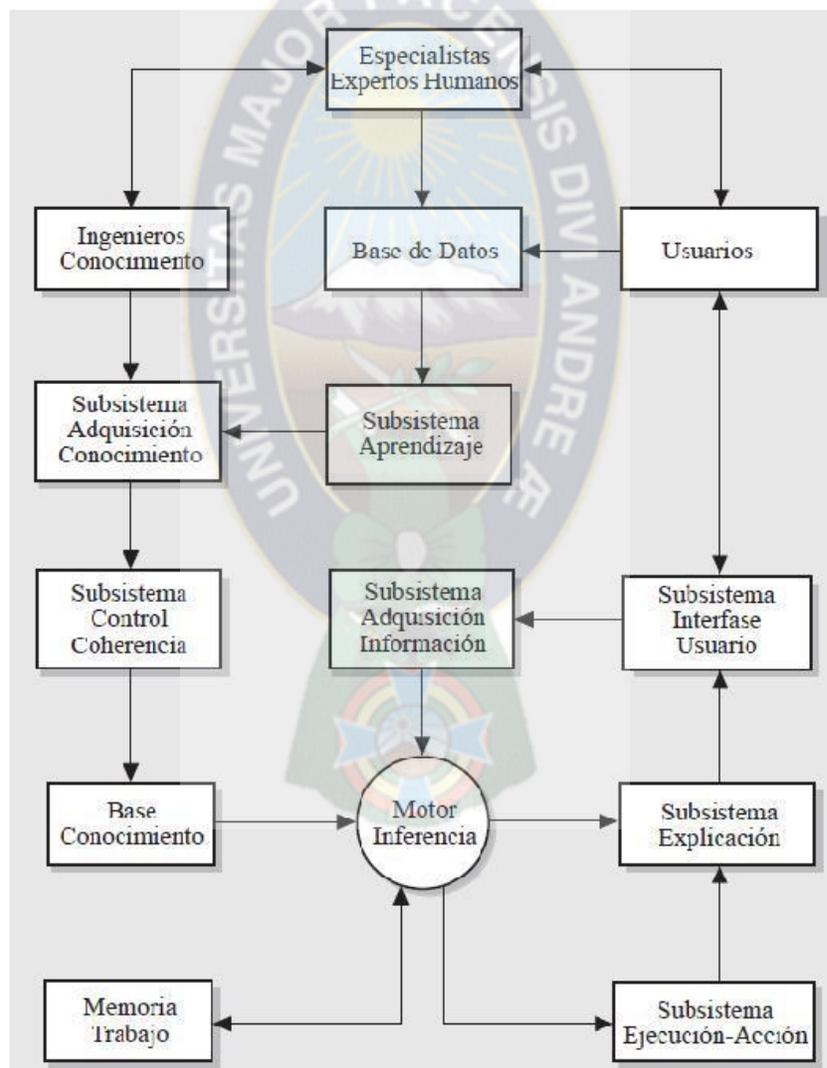


Figura 2.1: Arquitectura de un sistema experto
Fuente: (Velásquez, 2007)

2.3.2.1. BASE DEL CONOCIMIENTO

Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos.

Los especialistas son responsables de suministrar a los ingenieros del conocimiento una base de conocimiento ordenada y estructurada, y un conjunto de relaciones bien definidas y explicadas. Esta forma estructurada de pensar requiere que los expertos humanos repiensen, reorganicen, y reestructuren la base de conocimiento y, como resultado, el especialista se convierte en un mejor conocedor de su propio campo de especialidad.

Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son las reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente con otra información contenida en la parte del consecuente.

2.3.2.2. BASE DE HECHOS (MEMORIA DE TRABAJO).

Contiene los hechos sobre un problema que se han descubierto durante una consulta. Durante una consulta con el sistema experto, el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.

2.3.2.3. MOTOR DE INFERENCIA

El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema.

Las conclusiones del motor de inferencia pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico. Como puede esperarse, el tratamiento de situaciones de incertidumbre (probabilísticas) puede ser considerablemente más difícil que el tratamiento de situaciones ciertas (deterministas). En muchos casos, algunos hechos (datos) no se conocen con absoluta certeza. Por ejemplo, piénsese en un paciente que no está seguro de sus síntomas. Puede darse el caso de tener que trabajar con conocimiento de tipo no determinista, es decir, de casos en los que se dispone solo de información aleatoria o difusa.

2.3.2.4. SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN

Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión. Este módulo proporciona beneficios tanto al diseñador del sistema como al usuario. El diseñador puede usarlo para detectar errores y el usuario se beneficia de la transparencia del sistema.

2.3.2.5. INTERFAZ DE USUARIO

La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario.

La interfaz de usuario es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Por ello, para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable. Un ejemplo de la información que tiene que ser mostrada tras el trabajo del motor de inferencia, es el de las conclusiones, las razones que expliquen tales conclusiones y una explicación de las acciones iniciadas por el sistema experto.

Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar la interfaz usando menús o gráficos.

2.3.3. VENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO

Según Giarratano (2001) los sistemas expertos presentan varias ventajas atractivas, las cuales describimos a continuación:

- ✓ **Mayor disponibilidad.** La experiencia está disponible para cualquier hardware de cómputo adecuado. En un sentido muy real, un sistema experto es la producción masiva de experiencia.
- ✓ **Costo reducido.** El costo de poner la experiencia a disposición del usuario se reduce enormemente.
- ✓ **Peligro reducido.** Los sistemas expertos pueden usarse en ambientes que podrían ser peligrosos para un ser humano.
- ✓ **Permanencia.** La experiencia es permanente. A diferencia de los especialistas humanos, que pueden retirarse, renunciar o morir, el conocimiento del sistema experto durara indefinidamente.
- ✓ **Experiencia múltiple.** El conocimiento de varios especialistas puede estar disponible para trabajar simultánea y continuamente en un problema, a cualquier hora del día o de la noche. El nivel de experiencia combinada de muchos sistemas expertos puede exceder el de un solo especialista humano. (Harmon 1985)
- ✓ **Mayor confiabilidad.** Al proporcionar una segunda opinión, los sistemas expertos incrementan la confianza en que un especialista ha tomado la decisión correcta o al dar un voto de calidad en caso de desacuerdos entre varios especialistas. Por supuesto, este método probablemente no funcionara si uno de ellos fue quien programo al sistema. Ambos deben coincidir siempre, a menos que el especialista haya cometido un erro, lo que puede suceder si estaba cansado o bajo presión.
- ✓ **Explicación.** El sistema experto puede explicar clara y detalladamente el razonamiento que conduce a una conclusión, lo que aumenta la confianza en que se tomó la decisión correcta.

Un ser humano puede estar demasiado cansado, mostrarse renuente o ser incapaz de hacerlo siempre.

- ✓ **Respuesta rápida.** Tal vez sea necesaria una respuesta rápida, o en tiempo real, para ciertas aplicaciones. Dependiendo del software y hardware usado, un sistema experto puede responder rápido y estar más dispuesto que un especialista.
- ✓ **Respuestas sólidas.** Esto puede ser muy importante en tiempo real y en situaciones de emergencia, cuando un especialista quizá no funcionaría a toda su capacidad a causa de presión y la fatiga.
- ✓ **Tutoría inteligente.** El sistema experto puede actuar como un tutor inteligente, dejando que el estudiante ejecute programas de ejemplo y explicando el razonamiento del sistema.

2.3.4. DESVENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO

Según Dones (2005), los sistemas expertos presentan desventajas respecto a los seres humanos; dichas desventajas se mencionan a continuación:

- ✓ **Sentido común:** Para un ordenador no hay nada obvio.
- ✓ **Lenguaje natural:** Todavía nos encontramos muy lejos de tener un sistema que pueda formular preguntas flexibles y mantener una conversación informal con un usuario.
- ✓ **Experiencia sensorial:** Los sistemas expertos en la actualidad solo se limitan a recibir información.
- ✓ **Perspectiva global:** Un experto humano es capaz de detectar inmediatamente cuáles son las cuestiones principales y cuáles son las secundarias, separando datos relevantes de los detalles insignificantes.
- ✓ **Flexibilidad:** Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.

2.4. METODOLOGIA BUCHANAN

La metodología usada es la de Buchanan que tiene como pilar básico la adquisición de conocimiento de distintas fuentes como ser libros, expertos, otros. Las etapas que contempla esta metodología son seis: identificación, conceptualización, formalización, implementación, revisión del prototipo y testeo. (Validación y usabilidad de sistemas informáticos, mayo 2005)

En la adquisición de conocimiento el ingeniero de conocimiento procede a través de las siguientes 5 etapas fundamentales para producir un Sistema Experto. (Figura 2.2)

- Identificación
- Conceptualización
- Formalización
- Implementación
- Testeo o prueba

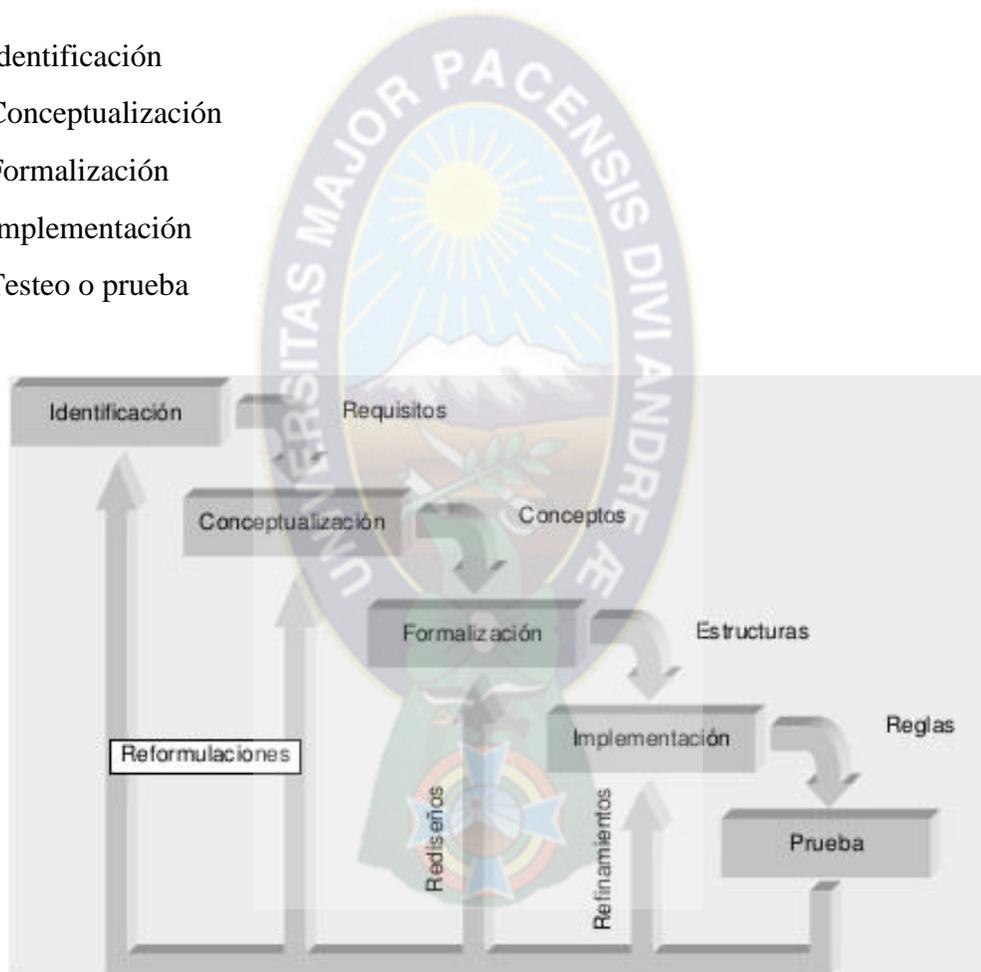


Figura 2.2: Etapas de la metodología Buchanan
Fuente: (Moret, 2005)

La característica más importante es la constante relación entre el Ingeniero de Conocimiento y el experto humano del área. (Martinez, 2004)

2.4.1. IDENTIFICACION.

En esta fase se reconocen aspectos importantes, como son los participantes (expertos del dominio, ingenieros del conocimiento y futuros usuarios), abarca la lectura de libros o artículos, las entrevistas con los profesionales familiarizados con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar con la construcción del sistema.

Se identifican también los objetivos y metas que deben ser realizadas por el sistema experto. Estos objetivos son importantes para determinar que lenguaje y que sistema se usara. El ingeniero de conocimiento debe tener un dominio amplio del problema como para conversar inteligentemente con el experto.

2.4.2. CONCEPTUALIZACION

Esta fase se encarga de delimitar el sistema, por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto y el ingeniero del conocimiento tratan de encontrar conceptos que representen el conocimiento del experto, al mismo tiempo intentan determinar cómo es el flujo de información durante el proceso de resolución de problemas.

Los conceptos se toman en cuenta con mucho interés, pues el Experto del área es quien conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

2.4.3. FORMALIZACION

Esta fase consiste en traducir los conceptos clave, los subproblemas, y las características del flujo de información identificada durante la fase anterior, para así obtener la estructura de inferencia del sistema experto, con esto se empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. Esto es de suma importancia para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo.

2.4.4. IMPLEMENTACION

En esta fase se define el prototipo del sistema experto, esta tarea implica comprobar si hemos conceptualizado y formalizado bien el conocimiento que el experto humano tiene sobre el problema. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuados para la aplicación particular.

Se definen los conceptos primitivos con la forma de representación elegida, este es el primer paso para la implementación del prototipo, a medida que se desarrolla el prototipo se deberá realizar y procurar lo siguiente:

- Que el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.
- Que las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.
- Que la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.
- Que las reglas reflejen las asociaciones y métodos que son usados por el experto y son modelos aceptables de dichos métodos.

Se puede presentar las reglas definidas y en ocasiones los resultados obtenidos al usar las reglas para que el experto manifieste su opinión sobre la representación y soluciones.

2.4.5. TESTEO

Esta fase consiste en la evaluación del rendimiento del prototipo (interfaz de usuario) construido para encontrar errores o anomalías en la base de conocimientos o en los mecanismos de inferencia del sistema experto; se verifica que el sistema experto posea eficiencia.

2.4.6. REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Se refina el sistema prototipo, depurando la base de conocimientos, refinando reglas, rediseñando la estructura del conocimiento, o reformulando conceptos básicos con el objetivo de capturar información adicional que haya proporcionado el experto. También se consultan en esta etapa otros expertos para corroborar, controlar, ampliar y refinar el prototipo.

2.5. LÓGICA DIFUSA O BORROSA

La lógica borrosa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "Todo es cuestión de grado, lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación si quisiéramos hacer cambiar con esta información el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Es entonces posible con la lógica borrosa gobernar un sistema por medio de reglas de 'sentido común' las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Las reglas involucradas en un sistema borroso, pueden ser aprendidas con sistemas adaptativos que aprenden al 'observar' como operan las personas los dispositivos reales, o estas reglas pueden también ser formuladas por un experto humano. En general la lógica borrosa se aplica tanto a sistemas de control como para modelar cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología o economía.

Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965; la creciente disciplina de la lógica difusa provee por sí misma un medio para acoplar estas tareas. En cierto nivel, la lógica difusa puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal. Mientras la motivación original fue ayudar a manejar aspectos imprecisos del mundo real, la práctica temprana de la lógica difusa permitió el desarrollo de aplicaciones prácticas. Aparecieron numerosas publicaciones que presentaban los fundamentos básicos con aplicaciones potenciales. Esta frase marcó una fuerte necesidad de distinguir la lógica difusa de la teoría de probabilidad. Tal como la entendemos ahora, la teoría de conjuntos difusos y la teoría de probabilidad tienen diferentes tipos de incertidumbre. (Sistemas expertos y lógica difusa)

En 1994, la teoría de la lógica difusa se encontraba en la cumbre, pero esta idea no es nueva, para muchos, estuvo bajo el nombre de lógica difusa durante 25 años, pero sus orígenes se remontan hasta 2,500 años. Aún Aristóteles consideraba que existían ciertos grados de veracidad y falsedad. Platón había considerado ya grados de pertenencia.

En el siglo XVIII el filósofo y obispo anglicano Irlandés, George Berkeley y David Hume describieron que el núcleo de un concepto atrae conceptos similares. Hume en particular, creía en la lógica del sentido común, el razonamiento basado en el conocimiento que la gente adquiere en forma ordinaria mediante vivencias en el mundo. En Alemania, Immanuel Kant, consideraba que solo los matemáticos podían proveer definiciones claras, y muchos principios contradictorios no tenían solución. Por ejemplo, la materia podía ser dividida infinitamente y al mismo tiempo no podía ser dividida infinitamente. Particularmente la escuela americana de la filosofía llamada pragmatismo fundada a principios de siglo por Charles Sanders Peirce, cuyas ideas se fundamentaron en estos conceptos, fue el primero en considerar "vaguedades", más que falso o verdadero, como forma de acercamiento al mundo y a la forma en que la gente funciona (Olmo, 2008).

La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell, a principios del siglo XX. Estudio las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que la vaguedad es un grado. El filósofo austríaco Ludwig Wittgenstein estudió las formas en las que una palabra puede ser empleada para muchas cosas que tienen algo en común. La primera lógica de vaguedades fue desarrollada en 1920 por el filósofo JanLukasiewicz, visualizó los conjuntos con un posible grado de pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito de valores entre 0 y 1. En los años sesentas, LoftiZadeh inventó la lógica difusa, que combina los conceptos de la lógica y de los conjuntos de Lukasiewicz mediante la definición de grados de pertenencia.

En inteligencia artificial: Método de razonamiento de maquina similar al pensamiento humano, que puede procesar información incompleta o incierta, característico de muchos sistemas expertos. La Lógica Fuzzy o Difusa, es una lógica basada en la teoría de conjuntos

que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana. La facilidad que esto constituye alumbrará los próximos años espectaculares mejoras técnicas en los sistemas de control de nuestra sociedad (Dubois y Prade, 1980).

El término "difuso" procede de la palabra inglesa "fuzz" que sirve para denominar la pelusa que recubre el cuerpo de los polluelos al poco de salir del huevo. Este término inglés significa "confuso, borroso, indefinido o desenfocado". Este término se traduce por "flou" en francés y "aimai" en japonés. Aunque la teoría de conjuntos difusos presente cierta complejidad, el concepto básico es fácilmente comprensible. (Sistemas expertos y lógica difusa)

2.5.1. SISTEMA DE RAZONAMIENTO DIFUSO

Consta de aprender a pasar de los conceptos lingüísticos difusos a variables numéricas difusas, combinarlas usando los operadores lógicos difusos, obtener la deducción de cada regla de forma numérica, agregar las diversas respuestas de las distintas reglas, y volver a pasar de la respuesta numérica agregada a la lingüística.

En general, un esquema de modelado que permite manipular reglas de inferencia sobre conjuntos difusos puede ser resumido de la siguiente forma:

- **Fuzzyficador:** convierte las entradas del sistema, que son valores numéricos nítidos en conjuntos borrosos aplicando una función de borrosificación.
- **Base de conocimiento (Reglas Difusas):** almacena las reglas SI-ENTONCES obtenidas de los expertos.
- **Motor de inferencia:** simula el razonamiento humano haciendo inferencia sobre las entradas recibidas y las reglas SI-ENTONCES almacenadas.
- **Desfuzzyficador:** convierte el conjunto borroso obtenido por el motor de inferencia en un valor numérico nítido que puede ser reutilizado.

2.5.2. CONJUNTOS DIFUSOS

Es un conjunto que puede contener elementos con grados parciales de pertenencia, a diferencia de los conjuntos clásicos en los que los elementos pueden “perteneer” o “no perteneer” a dichos conjuntos.

Desde el punto de vista de que se aplican palabras a la definición de cualquier propiedad, por ejemplo: mujeres altas, edificios viejos, hombres bajos, elevada inteligencia, baja velocidad, viscosidad moderada... Desde este punto de vista estos valores no podrían ser definidos solo con 2 valores, 0 y 1, se ha de establecer un peso para la característica estableciendo valores intermedios (ejemplo entre 0 y 1 tomando todos los valores intermedios, o bien estableciendo una escala de 0 a 100).

2.5.3. FUNCIONES DE PERTENENCIA

La función de pertenencia de un conjunto nos indica el grado en que cada elemento de un universo dado, pertenece a dicho conjunto. Es decir, la función de pertenencia de un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, donde $\mu_A(x) = r$ si r es el grado en que x pertenece a A .

Si el conjunto es nítido, su función de pertenencia (función característica) tomará los valores en $\{0,1\}$, mientras que, si es borroso, los tomará en el intervalo $[0,1]$. Si $\mu_A(x) = 0$ el elemento no pertenece al conjunto, si $\mu_A(x) = 1$ el elemento sí pertenece totalmente al conjunto.

La función característica del conjunto de los elementos que verifican un predicado clásico está perfectamente determinada. No ocurre lo mismo cuando se intenta obtener la función de pertenencia de un conjunto formado por los elementos que verifican un predicado borroso. Dicha función dependerá del contexto (o universo) en el que se trabaje, del experto, del usuario, de la aplicación a construir, etc.

Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto borroso sobre un universo.

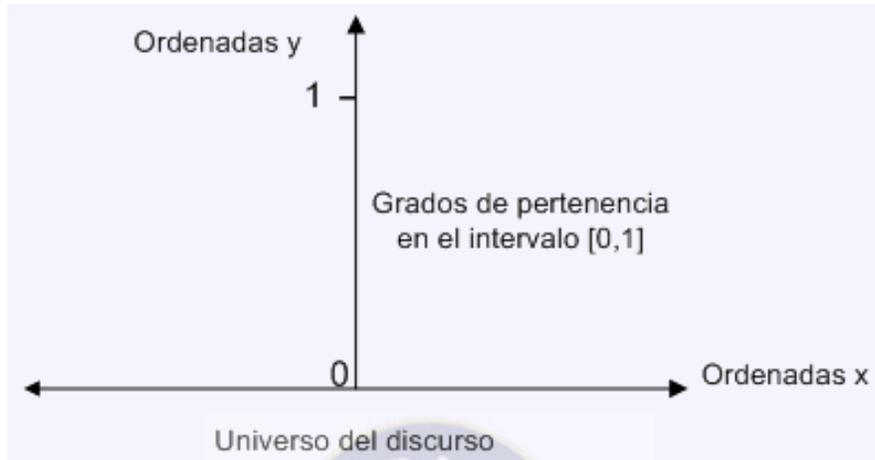


Figura 2.3: Representación Gráfica de Pertenencia
 Fuente: (Maza, 2009)

A la hora de determinar una función de pertenencia, normalmente se eligen funciones sencillas, para que los cálculos no sean complicados. En particular, en aplicaciones en distintos entornos, son muy utilizadas las triangulares y las trapezoidales.

i. Función Triangular

Definida mediante el límite inferior a , el superior b y el valor modal m , tal que $a < m < b$. La función no tiene porqué ser simétrica.

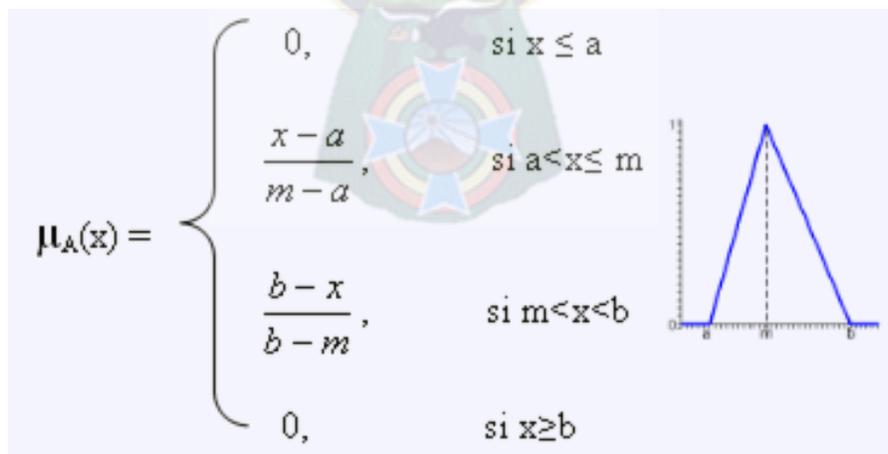


Figura 2.4: Función Triangular
 Fuente: (Ramirez, 2008)

ii. Función Trapezoidal

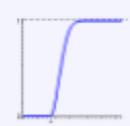
Definida por sus límites inferior a , superior d , y los límites de soporte inferior b y superior c , tal que $a < b < c < d$. En este caso, si los valores de b y c son iguales, se obtiene una función triangular.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } (x < a) \text{ ó } (x > d) \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \end{cases}$$


Figura 2.5: Función Trapezoidal
Fuente: (Ramírez, 2008)

iii. Función Gamma

Definida por su límite inferior a y el valor $k > 0$. Esta función se caracteriza por un rápido crecimiento a partir de a ; cuanto mayor es el valor de k , el crecimiento es más rápido. Nunca toma el valor $\mu_A(x) = 1$, aunque tienen una asíntota horizontal en dicho valor.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ 1 - e^{-k(x-a)^2}, & \text{si } x > a \end{cases}$$


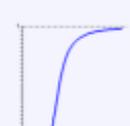
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ \frac{k(x-a)^2}{1+k(x-a)^2}, & \text{si } x > a \end{cases}$$


Figura 2.6: Función Gamma
Fuente: (Ramírez, 2008)

iv. Función Sigmoidal

Definida por sus límites inferior a , superior b y el valor m o punto de inflexión, tales que $a < m < b$.

El crecimiento es más lento cuanto mayor sea la distancia $a-b$. Para el caso concreto de $m=(a+b)/2$, que es lo usual, se obtiene la siguiente gráfica.

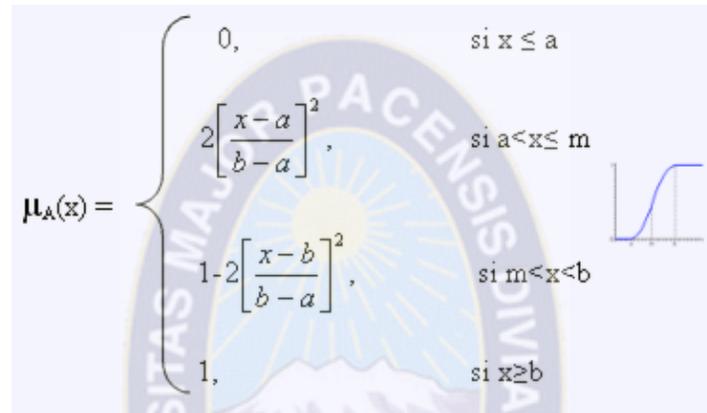


Figura 2.7: Función Sigmoidal
Fuente: (Ramírez, 2008)

v. Función Gaussiana

Definida por su valor medio m y el parámetro $k > 0$. Esta función es la típica campana de Gauss y cuanto mayor es el valor de k , más estrecha es dicha campana.

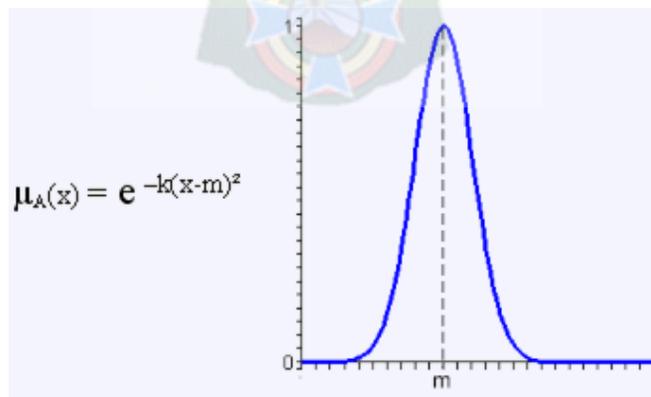


Figura 2.8: Función Gaussiana
Fuente: (Ramírez, 2008)

vi. Función Pseudo-Exponencial

Definida por el valor medio m y el parámetro $k > 1$. Cuanto mayor es el valor de k , el crecimiento es más rápido y la campana es más estrecha.

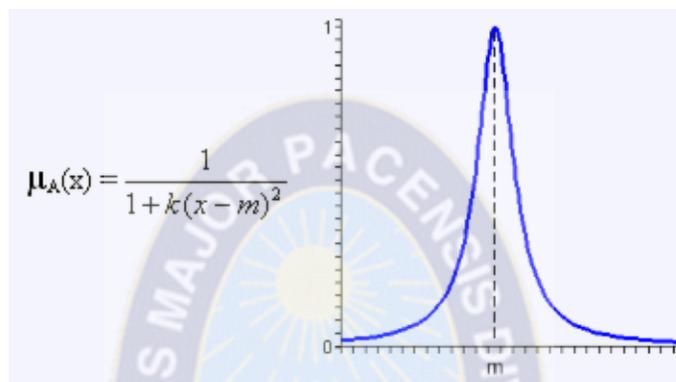


Figura 2.9: Función Pseudo-Exponencial
Fuente: (Ramírez, 2008)

2.5.4. VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Una variable lingüística es una variable cuyos valores son palabras o sentencias en un lenguaje natural o sintético. Por ejemplo, en la Figura 2.10, la velocidad de un coche, "Velocidad" es una variable lingüística si sus valores son "alta", "no alta", "baja", "no baja", "muy baja", y así sucesivamente.

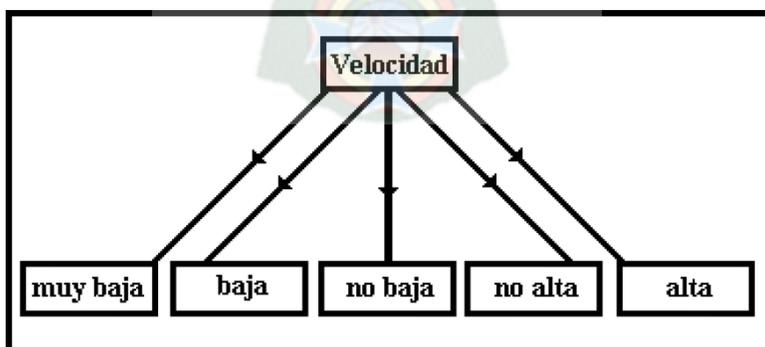


Figura 2.10: Valores lingüísticos de la variable difusa "Velocidad"
Fuente: (Lógica Difusa, innovación y transferencia tecnológica)

Cada valor de una variable lingüística representa un conjunto difuso en un universo determinado como lo muestra la Figura. 2.11

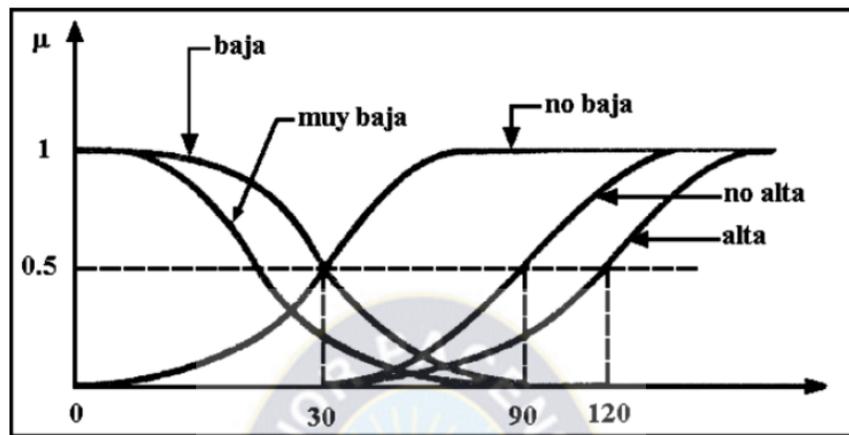


Figura 2.11: Conjunto difuso de la variable difusa “Velocidad”
Fuente: (Lógica Difusa, innovación y transferencia tecnológica)

2.5.5. REGLAS DIFUSAS

Una regla es definida como un modo de representación estratégica o técnica, la cual es apropiada cuando el conocimiento con el que deseamos trabajar proviene de la experiencia o de la intuición, y por tanto carece de una demostración física o matemática.

El formato de las reglas está compuesto por proposiciones similares a la sentencia de condición

IF en un lenguaje de programación cualquiera IF-THEN (SI-ENTONCES), quedando por tanto:

IF <antecedente o condición> THEN <consecuente o conclusión>

El antecedente y consecuente son proposiciones difusas, las cuales están regidas por las operaciones en lógica difusa que se pueden realizar, que son:

- AND Difuso: $\tau_{A \wedge B}(v) = \sup_{w,z \in [0,1] v=wtz} \{\tau_A(w) \wedge \tau_B(z)\};$
- OR Difuso: $\tau_{A \vee B}(v) = \sup_{w,z \in [0,1] v=wtz} \{\tau_A(w) \vee \tau_B(z)\};$
- NOT Difuso: $\tau_{\neg A}(v) = \sup_{u \in [0,1] v=1-u} \tau_A(u) = \tau_A(1 - u);$
- Implicacion difusa: $\tau_{A \rightarrow B}(v) = \sup_{w,z \in [0,1] v=w \rightarrow z} \{\tau_A(w) \wedge \tau_B(z)\};$

Un ejemplo básico de cómo se podría formar una proposición de este estilo, sería el siguiente:

- SI el frío es elevado ENTONCES abrigar mucho

Las proposiciones se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Proposiciones CUALIFICADAS: Introducen un atributo para cualificar la proposición que forma una regla. El atributo corresponde al grado que determina la regla.
 - Grado de Suceso: Probable, poco probable...
- Proposiciones CUANTIFICADAS: Indican cantidades difusas en las reglas.
 - SI muchos alumnos suspenden ENTONCES la explicación fue bastante mala

Respecto a esta clasificación, podremos decir que las proposiciones que no poseen cuantificadores ni cualificadores son proposiciones categóricas, mientras que las proposiciones no categóricas no tienen por qué ser verdad siempre.

Las reglas pueden tener variantes, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Con excepciones: Son el tipo: SI la temperatura es alta ENTONCES tendré calor EXCEPTO que tenga aire acondicionado.
- Graduales: Cuantos más partidos ganemos, más fácil será ganar la liga.

- Reglas conflictivas: Son reglas que dentro de un mismo sistema tienen información contradictoria, lo cual puede acarrear muchos problemas, tales como malos resultados o generar problemas.
 - Este tipo de reglas son aquellas que para un mismo antecedente, tienen consecuentes distintos, por ejemplo:
 - R1: SI tengo hambre ENTONCES como.
 - R2: SI tengo hambre ENTONCES no como.
 - Otro ejemplo de reglas contradictorias es aquella que estando encadenadas en ambos sentidos, niegan un consecuente:
 - R1: SI he metido un gol ENTONCES estoy feliz.
 - R2: SI estoy feliz ENTONCES no he metido un gol.

2.5.6. INFERENCIA DIFUSA O BORROSA

En general el razonamiento borroso consta de los siguientes pasos:

1. Borrosificar: Pasar de valor numérico a borroso (fuzzificar)
2. Medir la adecuación de las premisas de las reglas frente a los hechos
3. Realizar la inferencia borrosa: obtener la conclusión de cada regla teniendo en cuenta su adecuación.
4. Agregar las conclusiones individuales de cada regla para obtener conclusiones globales
5. Deborrosificar: Pasar de valores borrosos a numéricos (defuzzificar)

2.6. PARKINSON

Es una enfermedad degenerativa producida por la muerte de neuronas de la sustancia negra, que producen dopamina. La dopamina es un neurotransmisor importante en el circuito de los ganglios basales, cuya función primordial es el correcto control de los movimientos. Cuando hay una marcada reducción del nivel de dopamina, se altera la información en el circuito de los ganglios basales y esto se traduce en temblor, rigidez, lentitud de movimientos e inestabilidad postural, entre otros síntomas.

Además de la alteración motora descrita, sabemos que otras regiones del sistema nervioso y otros neurotransmisores están también involucrados en la enfermedad, añadiendo otros síntomas diversos a los síntomas motores típicos, conocidos como síntomas no motores. Con frecuencia pueden aparecer años antes de los síntomas motores, lo que se conoce como “síntomas premotores”. Lo más conocidos son: depresión, reducción del olfato, estreñimiento y trastorno de conducta del sueño REM (ensoñaciones muy vívidas).

El párkinson es una enfermedad crónica y afecta de diferente manera a cada persona que la padece. La evolución puede ser muy lenta en algunos pacientes y en otros puede evolucionar más rápidamente. No es una enfermedad fatal, lo que significa que el afectado no va a fallecer a causa del párkinson.

A pesar de todos los avances de la neurología, hoy en día se desconoce la etiología o causa de la enfermedad de Parkinson, por lo que también se desconoce cómo prevenirla. Afecta tanto a hombres como a mujeres, y más del 70 por ciento de las personas diagnosticadas de párkinson supera los 65 años de edad. Sin embargo, no es una enfermedad exclusivamente de personas de edad avanzada ya que el 30 por ciento de los diagnosticados es menor de 65 años.

2.6.1. CAUSAS

No se conoce la causa de esta enfermedad, pero se han descubierto casos en algunas familias en las que la mayoría de sus miembros estaban afectados y en casos familiares de enfermedad de Parkinson se da al inicio de los 40 años. También se pueden determinar agentes tóxicos que son capaces de provocar cuadros clínicos similares a la enfermedad de Parkinson pero eso son casos puntuales. Existen indicios para pensar que errores del metabolismo energético celular podría predisponer a algunas personas

2.6.2. SINTOMAS

- Temblores: Lentos y rítmicos. Predominan estando en reposo y disminuyen al hacer un movimiento voluntario. No necesariamente los presentan todos los pacientes.

- Rigidez muscular: Resistencia a mover las extremidades, hipertoniía muscular.
- Bradicinesia: Lentitud de movimientos voluntarios y automáticos. Falta de expresión de la cara. Escritura lenta y pequeña (micrografía). Torpeza manipulativa.
- Anomalías posturales: Inclinación del tronco y la cabeza hacia delante. Codos y rodillas están como encogidos.
- Anomalías al andar: Marcha lenta, arrastrando los pies. A veces se dan pasos rápidos y cortos (festinación), con dificultad para pararse. Episodios de bloqueo (los pies parecen que están pegados al suelo).
- Trastorno del equilibrio: Reflejos alterados, fáciles caídas.
- Trastornos del sueño: insomnio para coger el primer sueño, sueño muy fragmentado en la noche, despertarse muy temprano y no volver a dormirse, pesadillas vívidas, gritos nocturnos, somnolencia diurna.



Figura 2.12: Síntomas de la enfermedad de Parkinson
Fuente: (NE, 2017)

2.6.3. PROBLEMAS ASOCIADOS

- Dolores de tipo muscular o articular.
- Fatiga, agotamiento fácil, cansancio crónico.
- Estreñimiento.
- Falta de control de la orina (incontinencia).
- Problemas sexuales: generalmente falta de deseo sexual, impotencia o frigidez, aunque también se puede dar justo lo contrario: excitación excesiva de deseos sexuales o eyaculación retardada o retrógrada.
- Trastornos depresivos y aislamiento social.
- Sudoración excesiva y crisis de seborrea.
- Trastornos respiratorios.
- Trastornos de la deglución (se traga mal y solo semi-líquidos).
- Trastornos oculares: sequedad de ojos, picor, visión doble, falta de enfoque visual.
- Enlentecimiento de las funciones psíquicas (bradifrenia).

Los síntomas no motores de la enfermedad se encuadran en los trastornos de sueño, la lentitud generalizada, la apatía, el cansancio, la ansiedad, la depresión, los trastornos de conducta, el estreñimiento, la hipotensión, la dermatitis seborreica, los trastornos en la micción y la sialorrea (exceso de salivación).

2.6.4. ¿CÓMO SE DETECTA?

Al principio de la enfermedad no es nada fácil de diagnosticar porque los síntomas son leves, poco específicos y pueden llevar a confusión. La primera fase del párkinson no suele presentar todos los síntomas corrientes y típicos, por ejemplo, el temblor y la rigidez.

A menudo el inicio de la enfermedad se manifiesta como:

- Dolores articulares pseudo-reumatológicos.
- Cansancio (que se suele achacar al exceso de trabajo, etc.)

- Arrastrar un pie.
- Dificultades al escribir (letra pequeña e ilegible).
- Cuadro depresivo de larga duración.

Generalmente, el paciente visita a diferentes especialistas y no mejoran sus problemas, por lo que se descartan las enfermedades comunes (reuma, circulatorio, estrés, etc.) y se piensa ya en los trastornos menos conocidos (neurológicos). Se suelen hacer pruebas altamente tecnificadas (RMN, TAC, SPECT, PET, etc.) y no suelen aparecer signos anormales (se descartan procesos tumorales cerebrales, micro-derrames o trombosis, etc.). El SPECT es la prueba de neuroimagen que visualiza los transportadores presinápticos de la dopamina y los receptores postinápticos, y evalúa la integridad del sistema nigroestriado.

El médico llegará a la conclusión de la existencia de un párkinson sobre todo basándose en los signos clínicos externos (las “quejas” del paciente y la exploración directa) que presenta el afectado. Se confirmará este diagnóstico por la respuesta del paciente a la medicación con levodopa, y a la posterior evolución del cuadro clínico hacia un párkinson típico.

2.6.5. ¿A QUIÉN AFECTA?

Afecta prácticamente por igual a hombres que a mujeres. Existe en todas las razas y todos los continentes, con ligeras variaciones. En España se calcula que puede haber cerca de 150.000 personas afectadas por párkinson. Cada año, surgen aproximadamente 20 nuevos casos de enfermos de párkinson de cada 100.000 habitantes. A partir de los 65 años de edad, el número de afectados aumenta de tal manera que alcanza el 2 por ciento, es decir, que en un grupo de 100 personas mayores de 65 años dos de ellas padecerán esta dolencia.

2.6.6. ETAPAS DE LA ENFERMEDAD

Se dice que hay 5 niveles (“estadios”) clásicos de progresión de la enfermedad de Parkinson. Hay que hacer hincapié de nuevo en que ni mucho menos todos los pacientes que la sufren van a evolucionar hasta los últimos niveles:

- Estadio 1: Síntomas leves, afectan solo a una mitad del cuerpo.
- Estadio 2: Síntomas ya bilaterales, sin trastorno del equilibrio.
- Estadio 3: Inestabilidad postural, síntomas notables, pero el paciente es físicamente independiente.
- Estadio 4: Incapacidad grave, aunque el paciente aún puede llegar a andar o estar de pie sin ayuda.
- Estadio 5: Necesita ayuda para todo. Pasa el tiempo sentado o en la cama.

Solamente el 15 por ciento de los afectados de párkinson llega a padecer un grado de deterioro motor tan grave que necesite ayuda constante para hacer cualquier actividad, dependa de otras personas y se pase la mayor parte del tiempo en una silla o en la cama, sin poder moverse en absoluto por sí mismo. Si la cifra le parece muy alta y le atemoriza, dele la vuelta: el 85 por ciento de los pacientes de párkinson no terminarán en silla de ruedas.

2.6.7. ¿EL PÁRKINSON ES MORTAL?

No. Hoy día nadie “se muere de párkinson”. La esperanza de vida de un paciente con párkinson es prácticamente igual que la de la media nacional.

Lo que sí debe hacer el paciente de párkinson es cuidarse más por los problemas secundarios que puede provocar indirectamente el párkinson: tener mucho cuidado con el riesgo de tropezar y de caídas peligrosas (por los trastornos del equilibrio); protegerse bien de infecciones respiratorias (ventilan mal) y de orina; cuidar la deshidratación (por la mucha sudoración y mucha orina); cuidar una nutrición adecuada (no solo consumir lo “fácil de tragar”); tomarse de forma correcta la medicación; y realizar rehabilitación para mantener el estado físico.

2.6.8. ¿SE PUEDE PREVENIR?

Hoy por hoy no se conoce una alimentación, estilo de vida o ejercicios que puedan proteger de padecer párkinson.

2.6.9. ¿HAY CURA?

Por desgracia no hay cura definitiva para el párkinson. Por ello se dice que es una enfermedad crónica e incurable.

Pero hoy día hay diferentes recursos médicos y no-médicos para paliar los síntomas, ralentizar la evolución de la enfermedad y mejorar eficazmente la calidad de vida de los pacientes.

2.6.10. ¿CÓMO LUCHAR CONTRA EL PÁRKINSON?

- Medicación antiparkinsoniana: fármacos que aportan la dopamina que le falta al cerebro o que ayudan a aprovecharla mejor.
- Medicación sintomática: fármacos que controlan molestias secundarias de muy diverso tipo.
- Intervenciones quirúrgicas: reversibles o irreversibles, que ayudan a seleccionados pacientes a aliviar el párkinson.
- Rehabilitación con terapias complementarias tales como logopedia, fisioterapia, terapia ocupacional, hidroterapia, masajes, etc., que ayudan a mantener una vida activa y con el mayor grado de autocontrol de las funciones motoras.

2.6.11. TRATAMIENTO

- **TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO:** Los medicamentos que disponemos en la actualidad alivian los síntomas de la enfermedad, pero no son curativos ni evitan su progresión.

El tratamiento con levodopa se introdujo a finales de los años 60, pero aún hoy sigue siendo el más efectivo para mejorar los síntomas de la enfermedad. Levodopa de acción retardada:

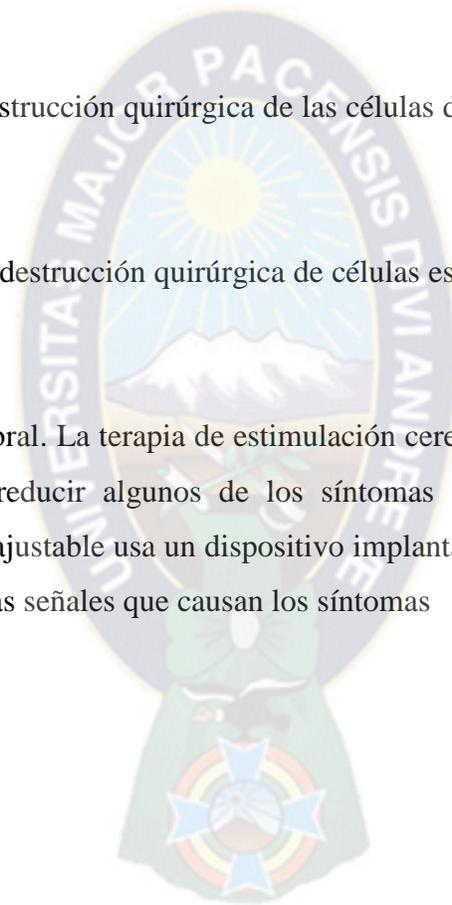
Con ello se pretende que tengan más eficacia sostenida y, por lo tanto, se atenúen las fluctuaciones motoras. Levodopa en infusión de gel: para mantener así, los niveles de levodopa constantes en el plasma, y conseguir una estimulación dopaminérgica continua.

- **TRATAMIENTO QUIRURGICO:** El tratamiento quirúrgico de la Enfermedad de Parkinson se inició en los años 50 y se abandonó prácticamente con la introducción de la levodopa. Pero en los años 80 se reinició debido a las complicaciones del tratamiento con levodopa.

TALATOMIA: Es la destrucción quirúrgica de las células de una parte del cerebro llamada Tálamo.

PALIDOTOMIA: Es la destrucción quirúrgica de células específicas de la parte del cerebro llamada Globo Pálido.

ESTIMULACION cerebral. La terapia de estimulación cerebral profunda es un tratamiento quirúrgico que puede reducir algunos de los síntomas asociados a la enfermedad de Parkinson. Esta terapia ajustable usa un dispositivo implantado que estimula eléctricamente el cerebro bloqueando las señales que causan los síntomas



3.1. INTRODUCCION.

En este capítulo lo principal es la puesta en marcha del sistema experto para el diagnóstico de Parkinson, por lo cual se utilizará como base fundamental la metodología Buchanan la cual se deberá adecuar al problema que se está tratando de resolver.

Siguiendo las etapas de la metodología Buchanan, en la etapa de identificación se realiza el reconocimiento del problema, los participantes que intervienen en el desarrollo del sistema experto, los medios que se usan y los requerimientos necesarios para su desarrollo. Así también se realiza la arquitectura propuesta del sistema experto para el diagnóstico de Parkinson.

Seguidamente en la etapa de conceptualización se realiza la adquisición del conocimiento aplicando técnicas como entrevistas, consultas, lectura de libros y artículos médicos actuales referentes a la enfermedad de Parkinson, obteniendo las conclusiones y definiciones más relevantes que serán aplicados en la elaboración del sistema. El conocimiento obtenido sobre la enfermedad de Parkinson fue brindado por el Hospital General de la ciudad de La Paz, las entrevistas y consultas se realizaron al Dr. Federico Fortun, Especialista en Neurología.

Posteriormente en la etapa de formalización se tiene la descripción formal del conocimiento, es decir se realizan las distintas actividades como el diseño de la base de conocimiento que está compuesto por una base de hechos y reglas, para esta construcción es necesario identificar las variables de entrada, aplicando la teoría de conjuntos difusos para una mejor interpretación de los síntomas que se identifican para diagnosticar la enfermedad, se define los conjuntos

difusos y las respectivas funciones de pertenencia para aquellas variables lingüísticas que tienen un comportamiento impreciso. El diseño del motor de inferencia se desarrolla en base a las reglas planteadas.

En la etapa de implementación el sistema experto es desarrollado con la ayuda de la herramienta de programación SWI-Prolog, programando la base de hechos y la base de reglas para que el motor de inferencia pueda determinar en base a estos y dar un diagnóstico final.

En la etapa de testeo, se hacen las respectivas pruebas al sistema experto planteando diferentes casos que serán analizados.

Finalmente, en la etapa de revisión del prototipo se hace la mejora y el pulido del sistema experto, cabe mencionar que esta etapa se realiza en las cinco etapas anteriores de la metodología.



Figura 3.1: PROCESO DE DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

Fuente: (Elaboración propia)

3.2. METODOLOGIA BUCHANAN.

Para el diseño del Sistema experto para diagnóstico de Parkinson se utilizará la Metodología Buchanan que se basa en la adquisición de conocimiento de distintas fuentes y que además consta de seis fases o etapas fundamentales para su construcción y desarrollo.

3.2.1. IDENTIFICACION

En la fase de identificación se realiza una investigación por parte del ingeniero del conocimiento quien define el tema y se identifica los problemas, establece la búsqueda de un experto humano que pueda colaborar con la estructuración del sistema experto mediante los conocimientos, estudios y experiencia que posee.

Con ayuda del experto y las fuentes relacionados al campo de la medicina, se definió la forma en la que se estructuró el experto y la forma en que se realiza la tarea mediante conceptos sobre la enfermedad de Parkinson.



Figura 3.2: Participantes que intervienen en el sistema experto

Fuente: (Elaboración propia)

El Sistema Experto es el resultado de la contribución del experto y el ingeniero del conocimiento, además se considera a los pacientes y el experto que proporcionó el conocimiento necesario para el contenido.

3.2.1.1.IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En el capítulo I, se identificó el problema que se produce por un diagnóstico tardío de la enfermedad de Parkinson, por lo cual es muy importante contar con una herramienta práctica para el diagnóstico y dar soluciones en un tiempo mínimo. La identificación del problema permitirá plantear una solución acorde al requerimiento.

El problema de la investigación es el siguiente: ¿Cómo se puede realizar un diagnóstico que determine si una persona padece la enfermedad de Parkinson?

3.2.1.2.COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO

- El experto humano: Es quien suministra los conocimientos especializados y la experiencia a disposición del Sistema Experto.
- El Ingeniero del Conocimiento: Es quien plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa a la base de conocimientos.
- El Usuario final: Que aporta sus deseos y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicar el Sistema Experto.

3.2.1.3.BUSQUEDA DE UN EXPERTO

La búsqueda de un experto básicamente se refiere a buscar a un experto humano que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema; como también la definición de las cuales son las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto.

Con ayuda del experto y las fuentes relacionados al campo de la medicina, se definió la forma en la que se estructuró el experto y la forma en que se realiza la tarea mediante conceptos

sobre el Parkinson. En éste punto se cuenta con la ayuda de un Experto quien está de acuerdo en colaborar en la construcción del sistema; como también en la definición de las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto.

3.2.2. CONCEPTUALIZACION

Constituye la segunda fase de la Metodología de Buchanan, el entendimiento del dominio del problema y de la terminología usada, es decir a qué se refiere el Diagnostico de la enfermedad de Parkinson, también se define cuáles son los casos a considerar, la identificación y descripción de variables, como así también la modelización de la tarea que lleva a cabo el experto a la hora de realizar el proceso diagnóstico.

Esta etapa permite conformar un marco inicial de los diferentes conocimientos del dominio que el experto utiliza durante la realización de su tarea. Esta fase se logra por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar los problemas. El experto de campo y el ingeniero del conocimiento definen el alcance del sistema experto. Una vez que ha sido identificado el dominio, el siguiente paso consiste en estructurar los conocimientos para modelar el comportamiento del experto en la solución del problema en este caso el diagnóstico de Parkinson.

3.2.2.1.ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO

La adquisición del conocimiento se puede definir como el proceso de recolectar información relevante a partir de distintas fuentes, libros, artículos relacionados con el diagnóstico de Parkinson y principalmente el conocimiento, criterio y experiencia del Experto Medico.

Las entrevistas y los cuestionarios son una técnica directa de adquirir el conocimiento, tienen la ventaja de ser una forma eficiente de acumular información, pueden ser particularmente útiles para describir los conceptos del dominio, revelar relaciones en el dominio, y para determinar incertidumbre.

Se analizó los conceptos brindados por el especialista. Las definiciones y conclusiones más relevantes que se obtuvieron son:

La enfermedad de Parkinson no afecta a todas las personas de la misma forma. En algunas personas la enfermedad progresa con rapidez, en otras no. Aunque algunas personas sufren incapacitación severa, otras experimentan sólo perturbaciones motoras menores.

El temblor es el síntoma principal en algunos pacientes, mientras que en otros el temblor es una queja menor y otros síntomas son más problemáticos.

- **Temblor.** El temblor asociado con la enfermedad de Parkinson tiene un aspecto característico. Típicamente, el temblor adopta la forma de un movimiento hacia atrás y hacia adelante, rítmico, del pulgar y el índice a tres oscilaciones por segundo. Se denomina a veces "rodar de la píldora". El temblor comienza usualmente en la mano, aunque a veces se ve afectado primero un pie o la mandíbula. El temblor es más evidente cuando la mano está en descanso o cuando una persona está sometida a tensión. En tres de cada cuatro pacientes, el temblor puede afectar sólo a una parte o lado del cuerpo, en especial durante las etapas iniciales de la enfermedad. Posteriormente, puede hacerse más general. El temblor rara vez es incapacitante y usualmente desaparece durante el sueño y mejora con movimiento intencional.
- **Rigidez.** La rigidez, o una resistencia al movimiento, afecta a la mayoría de los pacientes de Parkinson. Un principio principal del movimiento corporal es el de que todos los músculos tienen un músculo opuesto. El movimiento es posible no sólo porque un músculo se torna más activo, sino porque el músculo opuesto se relaja. En la enfermedad de Parkinson, la rigidez proviene cuando, en respuesta a las señales transmitidas por el cerebro, se perturba el equilibrio delicado de los músculos opuestos. Los músculos permanecen constantemente tensos o contraídos por lo que la persona siente dolor o se siente inflexible o débil. La rigidez se hace evidente cuando otra persona trata de mover el brazo del paciente, el cual se moverá lentamente con movimientos cortos y abruptos, conocidos como rigidez de "engranaje".

- **Bradicinesia.** Bradicinesia, o la lentitud y pérdida de movimiento espontáneo y automático, es particularmente frustrante porque es difícil de pronosticar. Durante un momento el paciente puede moverse con facilidad. Al momento siguiente puede necesitar ayuda. Este quizás sea el síntoma más incapacitante y perturbador de la enfermedad porque el paciente no puede realizar con rapidez movimientos habituales. Actividades que antes se realizaban con rapidez y facilidad, tales como lavarse o vestirse, pueden tomar varias horas.
- **Inestabilidad de la postura.** La inestabilidad de la postura o el equilibrio y la coordinación afectados, hace que los pacientes adquieran una inclinación hacia adelante o hacia atrás y se caigan con facilidad. Cuando se tropieza con ellos por el frente o cuando comienzan a caminar, los pacientes inclinados hacia atrás tienen la tendencia a tomar pasos hacia atrás, cosa que se conoce como retroimpulsión. La inestabilidad de la postura puede hacer que los pacientes tengan una postura inclinada, en la cual la cabeza está inclinada hacia abajo y los hombros se observan caídos. A medida que progresa la enfermedad, puede verse afectada la forma de andar. Los pacientes pueden detenerse en mitad de su camino y "congelarse" en posición, posiblemente incluso cayendo de frente. O los pacientes pueden andar con una serie de pasos rápidos y pequeños como si estuviesen apresurándose hacia adelante para mantener el equilibrio. Esta forma de caminar se conoce como festinación.

Varios otros síntomas acompañan a la enfermedad de Parkinson; algunos son menores, otros más preocupantes. Muchos pueden tratarse con medicamento apropiado o con terapia física. Nadie puede pronosticar qué síntomas afectarán a un paciente individual y la intensidad de los síntomas también varía de una persona a otra. Ninguno de estos síntomas es mortal, aunque los problemas en tragar pueden atragantar al paciente.

- **Depresión.** Este es un problema común y puede aparecer en una fase temprana de la enfermedad, incluso antes de que se adviertan otros síntomas. La depresión puede no ser severa, pero puede intensificarla el consumo de los medicamentos utilizados para tratar otros síntomas de la enfermedad de Parkinson. Afortunadamente, la depresión puede tratarse con éxito con medicamentos antidepresivos.

- **Cambios emocionales.** Algunas personas con la enfermedad de Parkinson se tornan temerosas e inseguras. Quizás temen no poder hacer frente a situaciones nuevas. Pueden no desear viajar, ir a reuniones o socializar con los amigos. Algunos pierden su motivación y se tornan dependientes de los miembros de la familia. Otros pueden tornarse irritables y demasiado pesimistas. Puede observarse pérdida de la memoria y un pensamiento lento aunque la capacidad de razonar siga intacta. El hecho de si las personas sufren en realidad pérdida intelectual (conocido también como demencia), como consecuencia de la enfermedad de Parkinson, continúa siendo un área controversial que aún necesita estudio.
- **Dificultad en tragar y masticar.** Los músculos utilizados para tragar pueden trabajar con menos eficacia en las etapas posteriores de la enfermedad. En estos casos, los alimentos y la saliva pueden acumularse en la boca en la parte posterior de la garganta lo que puede resultar en atragantamiento o babeo. Los medicamentos pueden aliviar a menudo estos problemas.
- **Cambios en la dicción.** La mitad aproximadamente de los pacientes de Parkinson tienen problemas de dicción. Pueden hablar con voz demasiado baja o con monotonía, pueden dudar antes de hablar, pueden pronunciar indistintamente o repetir sus palabras o pueden hablar demasiado rápidamente. Un terapeuta del habla puede ayudar a los pacientes a reducir algunos de estos problemas.
- **Problemas urinarios o de estreñimiento.** En algunos pacientes pueden ocurrir problemas de la vejiga o problemas de estreñimiento debido al funcionamiento inapropiado del sistema nervioso autónomo que es responsable de regular la actividad normal muscular. Algunas personas pueden tornarse incontinentes mientras que otras pueden tener problemas en orinar. En otras, puede ocurrir estreñimiento debido a que el conducto intestinal opera más lentamente. El estreñimiento también puede ser ocasionado por la inactividad, por ingerir una dieta inadecuada o por beber demasiado poco líquido. Puede ser un problema persistente y, en casos raros, ser suficientemente grave para requerir hospitalización. Los

pacientes no deberían dejar que el estreñimiento dure por más de varios días antes de tomar medidas para aliviar este problema.

- **Problemas cutáneos.** En la enfermedad de Parkinson, es común el que la piel de la cara se torne muy aceitosa, particularmente en la frente y en los lados de la nariz. El cuero cabelludo también puede tornarse aceitoso, resultando en la producción de caspa. En otros casos, la piel puede researse demasiado. Estos problemas son el resultado de un sistema nervioso autónomo con funcionamiento inadecuado. Los tratamientos estándar para los problemas de piel ayudan a resolver esta condición. Los sudores excesivos, otro síntoma común, se controlan generalmente con medicamentos utilizados para la enfermedad de Parkinson.
- **Problemas de dormir.** Entre estos figuran la dificultad en permanecer dormido durante la noche, el sueño interrumpido, las pesadillas y sueños emocionales, y somnolencia durante el día. No está claro si estos síntomas están relacionados con la enfermedad o con los medicamentos utilizados para tratar la enfermedad de Parkinson. Los pacientes nunca deberían tomar medicamentos u otras ayudas para dormir que adquieren sin receta, sin consultar antes a sus médicos.

3.2.3. FORMALIZACION

Tras la realización de la conceptualización, se procede a expresar dicho conocimiento de una manera formal. Esta etapa tiene como objetivo expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser utilizadas por una computadora. Es necesario definir una técnica o sistema para formalizar el conocimiento.

Una de las técnicas de formalización son los sistemas de producción, que es la técnica de representación más utilizada para expresar los conocimientos formalmente de un dominio. La arquitectura de un sistema de producción está formada por los siguientes elementos: base de hechos, base de reglas o producciones, los cuales forman la base de conocimiento y un modelo de control.

3.2.3.1.BASE DE CONOCIMIENTO

La Base de Conocimiento contiene todos los hechos y reglas del dominio de aplicación sobre el cual se trabaja, en esta parte nombraremos los síntomas de la enfermedad como también factores que deben ser tomados en cuenta para la base del conocimiento.

3.2.3.2.VARIABLES DE LA BASE DE CONOCIMIENTO

Hay que tomar en cuenta que las variables de entrada son todos los síntomas y signos, posibles causas, estas variables representan el conjunto de síntomas propios del Parkinson, para luego ser procesadas mediante la inferencia para dar un resultado que en este caso viene a ser el diagnóstico de la enfermedad.

Nro	Variable lingüística	Descripcion	Valor lingüístico
1	TE	Temblor	Si, No
2	RM	Rigidez Muscular	Si, No
3	LM	Lentitud en los movimientos	Si, No
4	PE	Problemas de equilibrio	Si, No
5	PF	POSTURA FLEXIONADA (Codos y rodillas flexionadas)	Si, No
6	FEF	Falta de expresion facial	Si, No
7	EE	Encorvamiento de la espalda	Si, No
8	PD	Problemas de dormir	Si, No
9	PUE	Problemas urinarios o de estreñimiento	Si, No
10	PR	Perdida de reflejos	Si, No
11	DTM	Dificultad en tragar y masticar	Si, No

Tabla. 3.1: Descripción de variables de síntomas característicos del Parkinson

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.3.3. FUZZIFICACION DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS

Se asignan grados de pertenencia a variables de entrada que se consideran imprecisas, es decir necesitan un tratamiento con lógica difusa. En esto se encuentran los criterios de clasificación.

Cada variable representa un conjunto difuso que está relacionada a una escala de 0 a 10, y cada conjunto tiene a su vez tres subconjuntos difusos con una escala diferente para cada subconjunto, las escalas de estos subconjuntos se encuentran dentro del rango de la escala del conjunto difuso, los subconjuntos son:

- Nada con un rango de 0 - 4
- Poco con un rango de 3- 7
- Mucho con un rango de 6 – 10

Seguidamente, se definen los conjuntos difusos y sus funciones de pertenencia para algunas de las variables lingüísticas difusas.

a) Temblor. - El temblor comienza usualmente en la mano, aunque a veces se ve afectado primero un pie o la mandíbula.

El conjunto difuso y su función de pertenencia se pueden observar a continuación:



Figura 3.3: Conjunto difuso de temblor

Fuente: (Elaboración propia)

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{4-x}{4-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 4 \\ 0 & \text{Si } x > 4 \end{cases}$	$Poco(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{5-3} & \text{Si } x < 3 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & \text{Si } x > 7 \end{cases}$	$Mucho(x) = \begin{cases} \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } x < 6 \\ \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } 6 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x > 8 \end{cases}$
--	--	---

Tabla 3.2: Función de pertenencia de temblor

Fuente: (Elaboración propia)

b) Rigidez Muscular.- La rigidez proviene cuando, en respuesta a las señales transmitidas por el cerebro, se perturba el equilibrio delicado de los músculos opuestos.

El conjunto difuso y su función de pertenencia se pueden observar a continuación:



Figura 3.4: Conjunto difuso de Rigidez Muscular

Fuente: (Elaboración propia)

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{4-x}{4-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 4 \\ 0 & \text{Si } x > 4 \end{cases}$	$Poco(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{5-3} & \text{Si } x < 3 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & \text{Si } x > 7 \end{cases}$	$Mucho(x) = \begin{cases} \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } x < 6 \\ \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } 6 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x > 8 \end{cases}$
--	--	---

Tabla 3.3: Función de pertenencia de Rigidez Muscular

Fuente: (Elaboración propia)

c) Lentitud de movimientos.- Actividades que antes se realizaban con rapidez y facilidad, pueden tomar varias horas.

El conjunto difuso y su función de pertenencia se pueden observar a continuación:

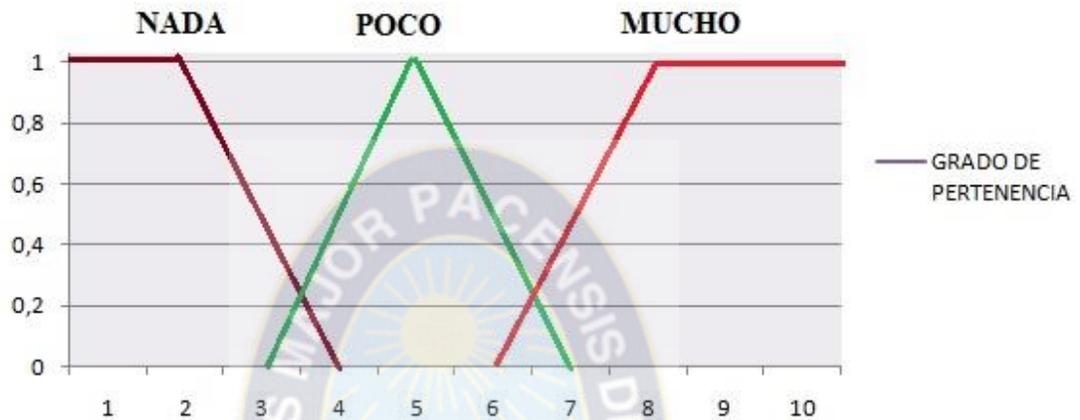


Figura 3.5: Conjunto difuso de Lentitud de movimientos

Fuente: (Elaboración propia)

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{4-x}{4-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 4 \\ 0 & \text{Si } x > 4 \end{cases}$	$Poco(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 3 \\ \frac{x-3}{5-3} & \text{Si } 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & \text{Si } x > 7 \end{cases}$	$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } 6 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 6 \end{cases}$
--	--	---

Tabla 3.4: Función de pertenencia de Lentitud de movimientos

Fuente: (Elaboración propia)

d) Problemas de Equilibrio.- La inestabilidad de la postura o el equilibrio hace que los pacientes adquieran una inclinación hacia adelante o hacia atrás y se caigan con facilidad

El conjunto difuso y su función de pertenencia se pueden observar a continuación:

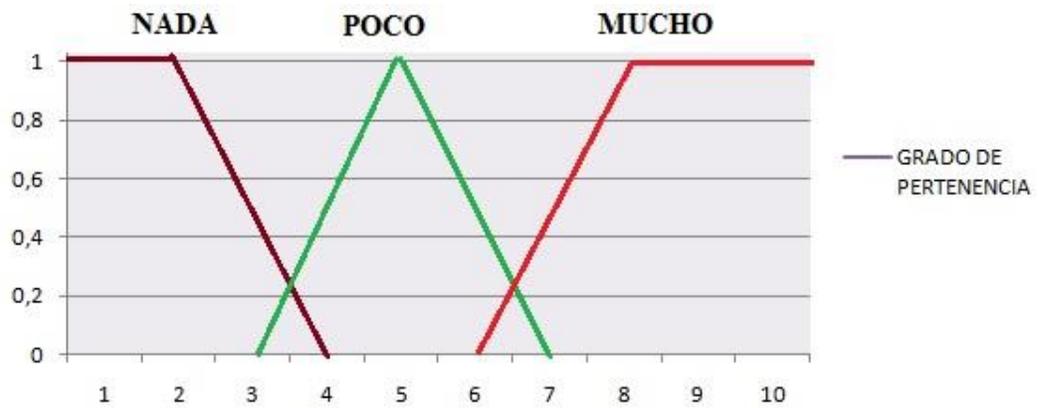


Figura 3.6: Conjunto difuso de Problemas de Equilibrio

Fuente: (Elaboración propia)

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{4-x}{4-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 4 \\ 0 & \text{Si } x > 4 \end{cases}$	$Poco(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 3 \\ \frac{x-3}{5-3} & \text{Si } 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{7-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & \text{Si } x > 7 \end{cases}$	$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-6}{8-6} & \text{Si } 6 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 6 \end{cases}$
--	--	---

Tabla 3.5: Función de pertenencia de Problemas de Equilibrio

Fuente: (Elaboración propia)

Estas funciones nos permiten saber a qué rango pertenece cada variable por lo cual podemos realizar de manera más eficiente el proceso de diagnóstico.

3.2.3.4.BASE DE HECHOS

La base de hechos está constituida por el conocimiento concreto, se almacenan los datos propios correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del sistema experto.

Contiene la información que permanece invariable y que recibe el nombre de hecho, además está constituida por los síntomas característicos de la enfermedad.

Los hechos representan la estructura dinámica del conocimiento ya que su número puede verse incrementado a medida que se van relacionando las reglas.

Primeramente, se dispone solo con los datos que introduce el usuario, de acuerdo al análisis de algunos casos clínicos particulares se puede identificar los siguientes hechos:

Hecho 1: El paciente presenta temblor.

Hecho 2: El paciente presenta rigidez muscular.

Hecho 3: El paciente presenta lentitud en sus movimientos.

Hecho 4: El paciente presenta problemas de equilibrio.

Hecho 5: El paciente presenta codos y rodillas flexionadas.

Hecho 6: El paciente presenta falta de expresión facial.

Hecho 7: El paciente presenta encorvamiento de la espalda.

Hecho 8: El paciente presenta problemas de dormir.

Hecho 9: El paciente presenta problemas urinarios o de estreñimiento.

Hecho 10: El paciente presenta pérdida de reflejos.

Hecho 11: El paciente presenta dificultad en tragar y masticar.

El dominio de conocimiento es el diagnóstico de Parkinson, para ello se requiere de los hechos de un paciente y seguidamente identificar las causas de la enfermedad.

3.2.3.5.BASE DE REGLAS

La base de reglas es la manera que tiene el sistema de guardar el conocimiento lingüístico que le permiten resolver el problema para el cual ha sido diseñado. Estas reglas son del tipo IF-THEN. Una regla de la base de reglas o base de conocimiento tiene dos partes, el antecedente y la conclusión, su forma de representación es la siguiente:

Si <premisa> Entonces <conclusión>

En este caso las premisas son los síntomas y signos que presenta el paciente y las conclusiones hacen referencia al diagnóstico sobre el Parkinson.

REGLAS REFERENTES A LOS SÍNTOMAS SECUNDARIOS:

Regla_1

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="No" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_2

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_3

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="No" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_4

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_5

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_6

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_7

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_8

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_9

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_10

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_11

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_12

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_13

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_14

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_15

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_16

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_17

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_18

Si PF="Si" and FEF="Si" and EE="No" and PD="Si" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_19

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="No" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_20

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_21

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="Si" and PUE="No" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_22

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_23

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_24

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="Si" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_25

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_26

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_27

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="Si" and PUE="No" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_28

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_29

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_30

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="Si" and PUE="Si" and PR="No" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_31

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_32

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_33

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="Si" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="Si" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

Regla_34

Si PF="Si" and FEF="No" and EE="Si" and PD="No" and PUE="Si" and PR="Si" and DTM="No" entonces "Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad".

REGLAS REFERENTES A LOS SÍNTOMAS PRIMARIOS.

Regla_35

Si TE="Si" and RM="No" and LM="No" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 1".

Regla_36

Si TE="No" and RM="Si" and LM="No" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 2".

Regla_37

Si TE="No" and RM="No" and LM="Si" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 1".

Regla_38

Si TE="No" and RM="No" and LM="No" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 2".

Regla_39

Si TE="Si" and RM="Si" and LM="No" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_40

Si TE="Si" and RM="No" and LM="Si" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_41

Si TE="Si" and RM="No" and LM="No" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_42

Si TE="No" and RM="Si" and LM="Si" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_43

Si TE="No" and RM="Si" and LM="No" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_44

Si TE="No" and RM="No" and LM="Si" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_45

Si TE="Si" and RM="Si" and LM="Si" and PE="No" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_46

Si TE="Si" and RM="Si" and LM="No" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_47

Si TE="Si" and RM="No" and LM="Si" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_48

Si TE="No" and RM="Si" and LM="Si" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 3".

Regla_49

Si TE="Si" and RM="Si" and LM="Si" and PE="Si" and PF="Si" and FEF="Si" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Presenta Parkinson en nivel 5".

Regla_50

Si TE="No" and RM="No" and LM="No" and PE="No" and PF="No" and FEF="No" and SS="Debe consultar al médico, ya que presenta los síntomas de la enfermedad" entonces "Paciente sano".

3.2.3.6.MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia consiste en la selección de los operadores matemáticos que debe emplear para los distintos cálculos internos y establecer el conjunto de inferencia. Cada una de las variables de entrada (síntomas y signos) y la salida (resultado del diagnóstico y tratamiento) tiene una interpretación dentro del sistema de lógica difusa en la forma de variables lingüísticas, en este caso están representadas junto con las variables para representar los criterios de clasificación para determinar el diagnóstico y tratamiento.

De este proceso se extrae las conclusiones de la base de conocimientos, según el método de solución de problema que emite el procedimiento del especialista para solucionar problemas, la conclusión a la que se llega se produce mediante la aplicación de las reglas anteriormente definidas mediante los hechos planteados en la base de conocimientos.

Para ejemplificar a través de reglas de inferencia, se formalizará el conocimiento de la lógica proposicional y de esta forma mostrar cómo se puede inferir en conocimiento y se mostrará algunas de sus reglas.

P1. El paciente presenta síntomas y tiene 50 años de edad entonces puede presentar la enfermedad de Parkinson.

P2. El paciente presenta síntomas.

P3. El paciente tiene 50 años de edad.

P4. Si el paciente tiene Parkinson entonces temblor y rigidez muscular y tiene 50 años de edad.

P5. El paciente presenta temblor entonces puede presentar la enfermedad de Parkinson.

$$P1: q \wedge r \rightarrow p$$

$$P2: q$$

$$P3: r$$

$$P4: p \rightarrow (s \wedge t \wedge r)$$

$$P5: s \rightarrow p$$

p: Parkinson

q: presenta síntomas

r: 50 años de edad

s: rigidez muscular

t: temblor

$$P6: \sim (q \wedge r) \vee p \text{ Condicional de disyunción P1}$$

$$P7: \sim q \vee \sim r \vee q \text{ Ley de Morgan P6}$$

$$P8: \sim q \vee (\sim r \vee p) \text{ Asociatividad P7}$$

$$P9: q \rightarrow (\sim r \vee p) \text{ Condicional de disyunción P8}$$

$$P10: (\sim r \vee p) \text{ MPP P2, P9}$$

$$P11: r \rightarrow p \text{ Condicional de disyunción P10}$$

$$P12: p \text{ MPP P3, P11}$$

3.2.4. IMPLEMENTACION

Para la implementación del Sistema Experto para el diagnóstico de Parkinson se utilizó el lenguaje de programación lógica PROLOG.

Se elige el lenguaje SWI-Prolog pues por que maneja tareas lógicas adecuadas para el sistema experto, y también tiene incorporado las herramientas necesarias para diseñar el interfaz del sistema experto.

En la figura 3.7 se muestra el entorno de desarrollo de SWI-Prolog, el cual se utilizó para la elaboración del sistema experto.

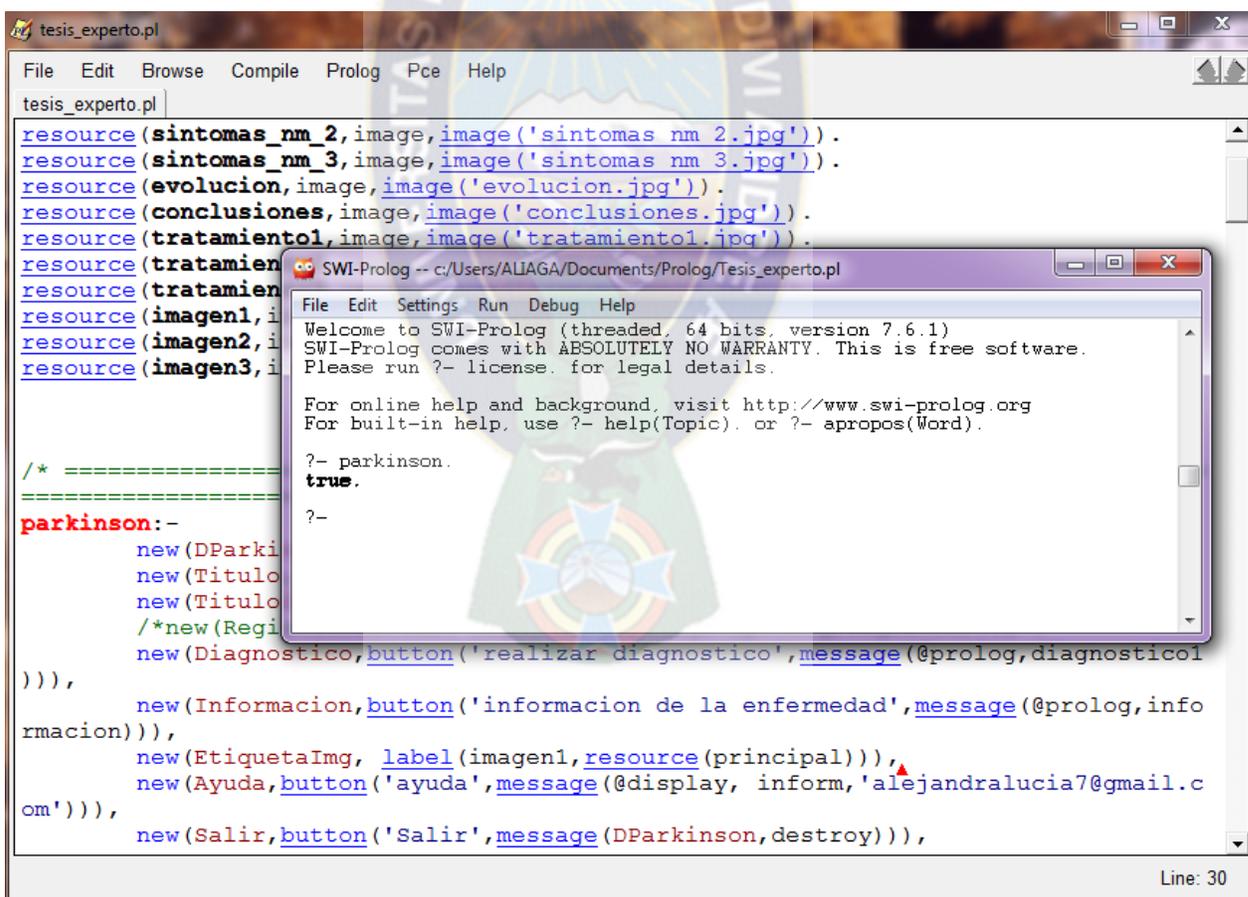


Figura 3.7: Entorno de desarrollo de SWI-Prolog

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.5. TESTEO O PRUEBA

El prototipo es útil para la interacción entre un sistema experto y un usuario, esta interacción se realiza en lenguaje natural, y para realizar este proceso de manera simple para el usuario es especialmente importante que el diseño de interfaz usuario permita un manejo intuitivo por parte del usuario.

A continuación, se muestran capturas de las pantallas de la ejecución del sistema experto, demostrando como se introducen los datos de entrada, la secuencia de preguntas para determinar el diagnóstico de Parkinson y por último se muestra el resultado del diagnóstico final de si un paciente presenta o no la enfermedad de Parkinson.



Figura 3.8: Pantalla de inicio del sistema experto

Fuente: (Elaboración propia)

En la pantalla principal del sistema experto figura 3.8, se observa que existen varios botones para distintas funciones.

El primer botón indica la información acerca de la enfermedad de Parkinson, este a su vez conlleva a, que es la enfermedad de Parkinson (Figura 3.9), cuáles son sus síntomas motores (Figura 3.10), cuales son los síntomas no motores (Figura 3.11), cual es la evolución que tiene (Figura 3.12), y, por último, las conclusiones acerca de la enfermedad (Figura 3.13).

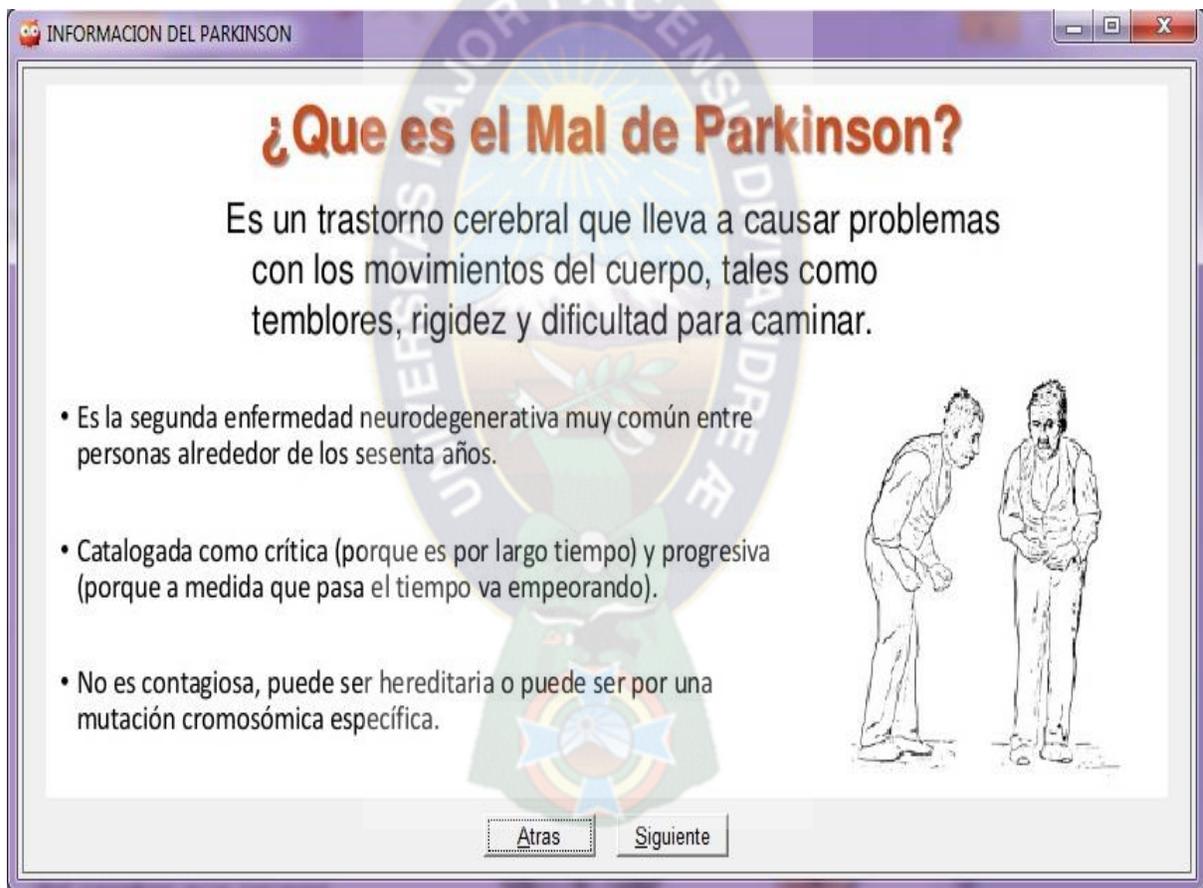


Figura 3.9: Pantalla “Que es la enfermedad de Parkinson”

Fuente: (Elaboración propia)

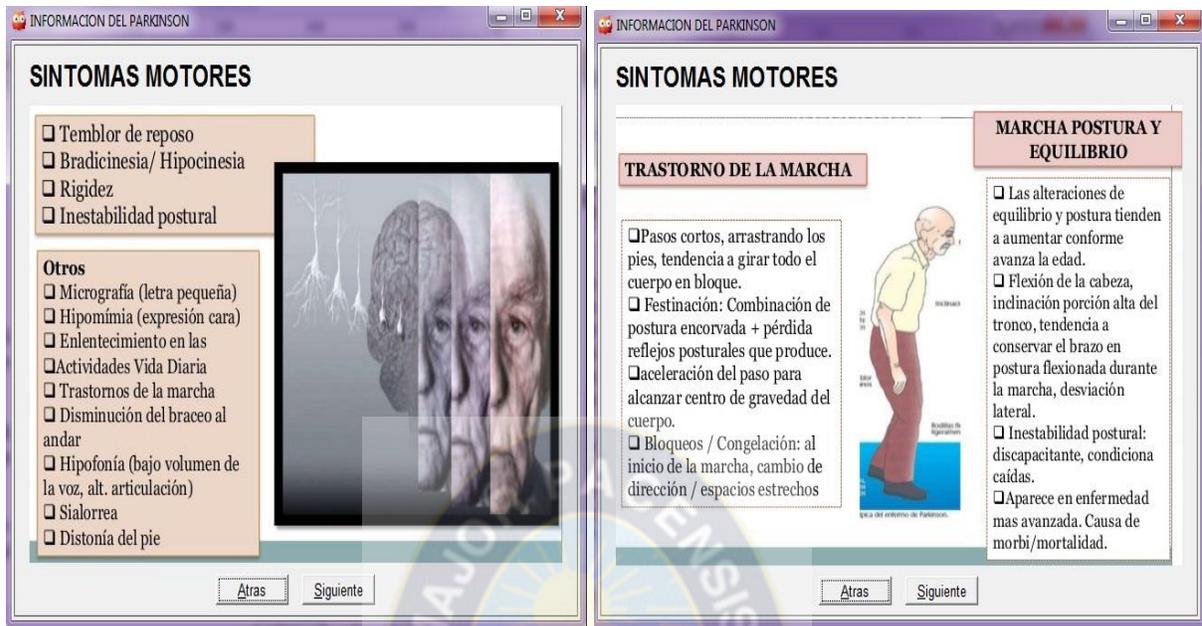


Figura 3.10: Pantalla “Síntomas motores”

Fuente: (Elaboración propia)

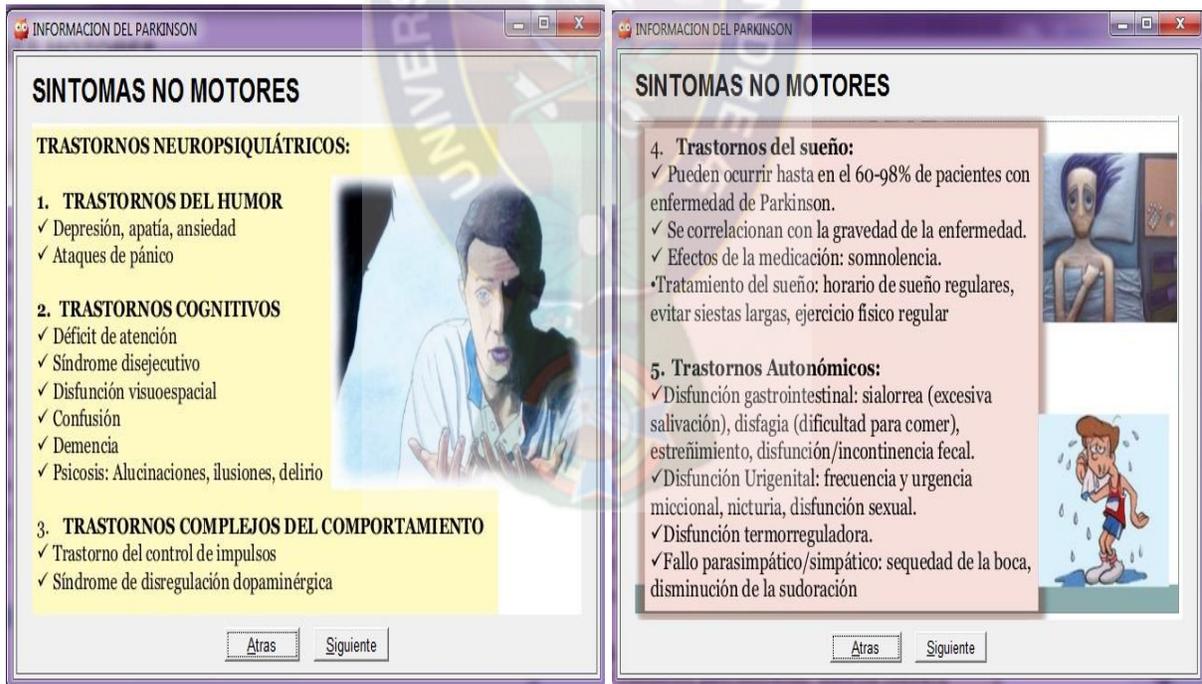


Figura 3.11: Pantalla “Síntomas no motores”

Fuente: (Elaboración propia)

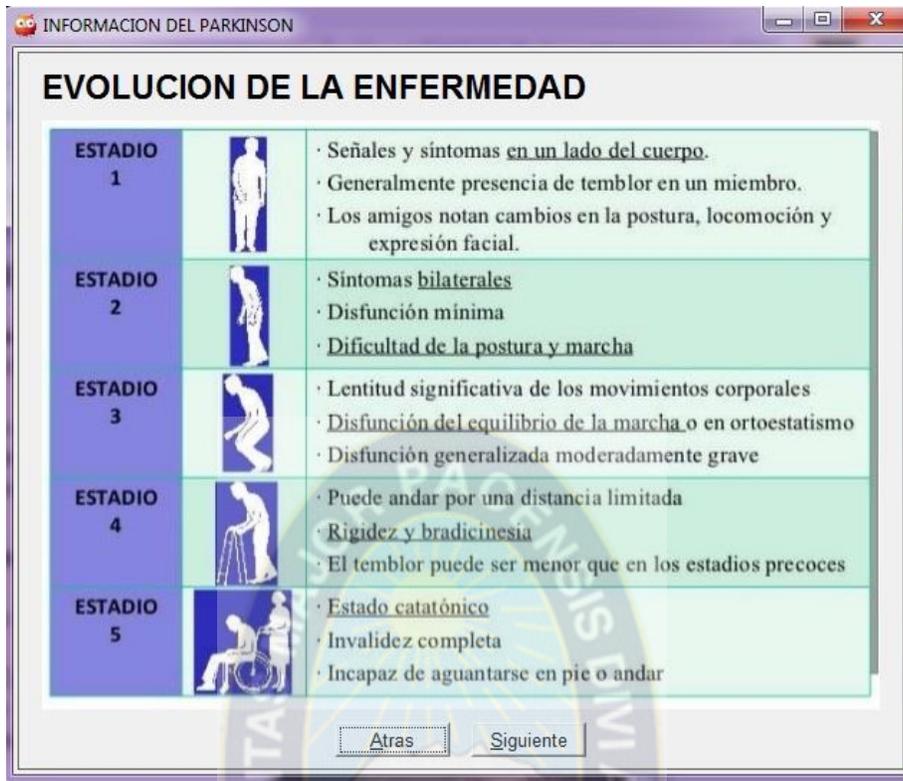


Figura 3.12: Pantalla “Evolución de la enfermedad”

Fuente: (Elaboración propia)

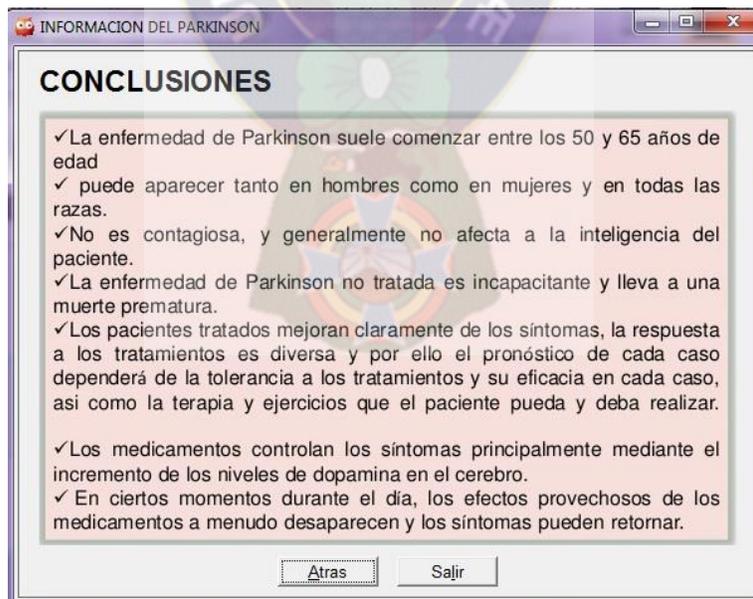


Figura 3.13: Pantalla “Conclusiones acerca de la enfermedad”

Fuente: (Elaboración propia)

El segundo botón permite al usuario realizar la consulta para saber si padece la enfermedad de Parkinson, el sistema experto realiza preguntas acerca de los síntomas motores (Figura 3.14) y los síntomas no motores (Figura 3.15 y Figura 3.16).



SINTOMAS MOTORES

Responda si en algún momento sufrió alguno de estos síntomas:

¿Temblor?: Si No

¿Rigidez muscular?: Si No

¿Lentitud en sus movimientos?: Si No

¿Problemas de equilibrio?: Si No

Siguiente

Figura 3.14: Pantalla de preguntas (SINTOMAS MOTORES)

Fuente: (Elaboración propia)



Figura 3.15: Pantalla de preguntas (SINTOMAS MOTORES)

Fuente: (Elaboración propia)

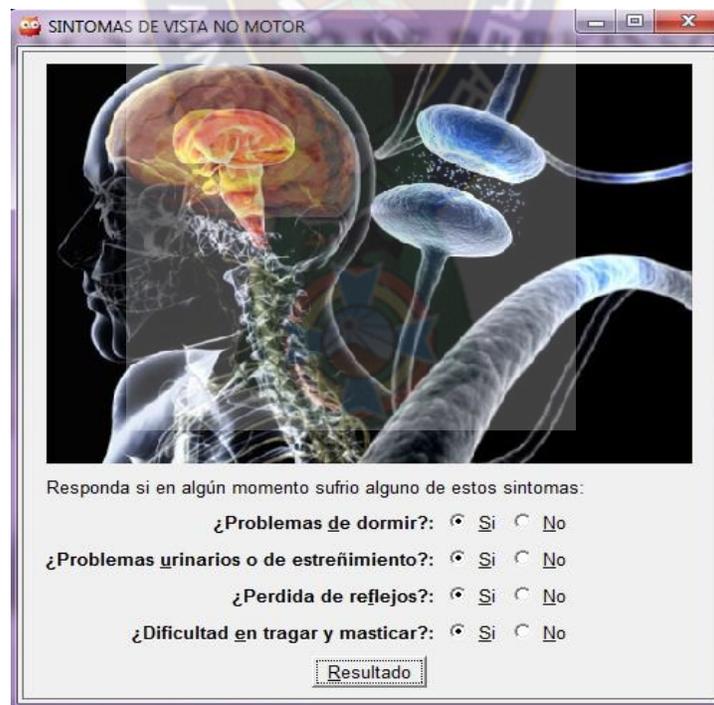


Figura 3.16: Pantalla de preguntas (SINTOMAS NO MOTORES)

Fuente: (Elaboración propia)

Contestadas todas las preguntas, se prosigue a dar el diagnóstico y su respectivo tratamiento (Figura 3.17)

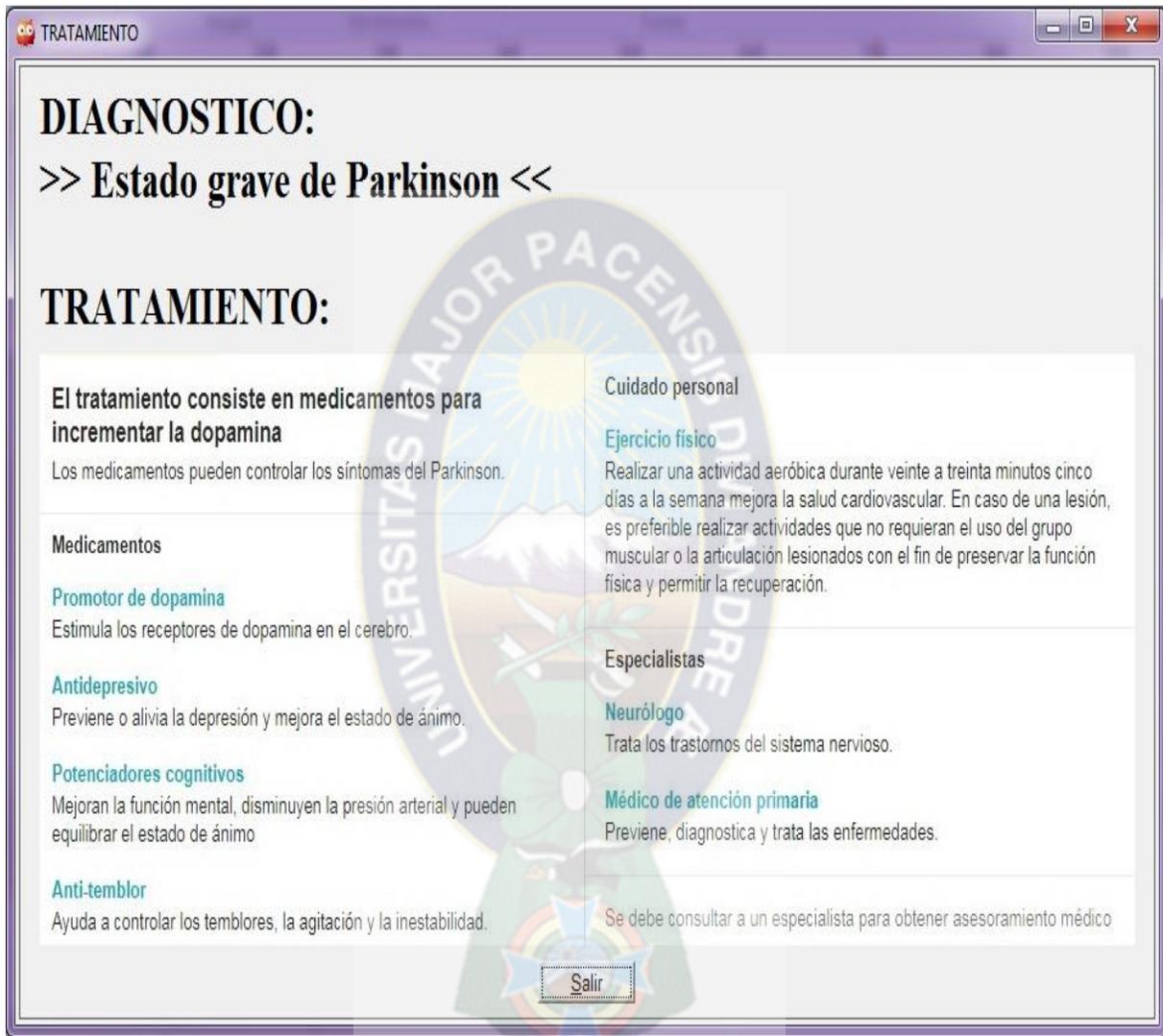


Figura 3.17: Pantalla de diagnóstico y tratamiento

Fuente: (Elaboración propia)

El tercer botón es el de ayuda (Figura 3.18), esto para cuando se desee saber la información acerca del autor.



Figura 3.18: Pantalla de ayuda

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.6. REVISIÓN DEL PROTOTIPO

La etapa de revisión del prototipo se hizo durante todo el proceso de construcción del sistema experto, modificando y puliendo en cada etapa la estructura del sistema experto, para así obtener un resultado confiable y un diagnóstico eficiente.

EVALUACION DE RESULTADOS

En este capítulo se debe demostrar la veracidad de la hipótesis planteada en el primer capítulo de este trabajo, la cual plantea sobre una herramienta para realizar el diagnóstico de la enfermedad de Parkinson en pacientes o personas interesadas en saber si padecen este mal degenerativo.

Recordando la hipótesis planteada es:

H_0 : " El Sistema experto para el diagnóstico de Parkinson proporcionará un diagnóstico confiable en base a variables de entrada proporcionadas por el paciente".

De las cuales identificamos las variables correspondientes:

- Variable Independiente: El Sistema Experto que realiza un posible diagnóstico de Parkinson.
- Variable Dependiente: Diagnóstico confiable.
- Variable Interviniente: En base a variables de entrada proporcionadas por el paciente.

La demostración de la hipótesis planteada se realiza iniciando con el denominado contraste de Rachas de Wald – Wolfowitz., a continuación, describimos el método de Rachas de Wald – Wolfowitz.

4.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD - WOLFOWITZ

Supongamos una población cuya función de distribución es desconocida y sea X la variable aleatoria asociada a esa población, la cual solo puede tomar dos posibles valores, como por ejemplo, éxito (A) y fracaso (B) o bien sexo femenino (F) y masculino (M), 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. Ésta aproximación es buena si $n_1 > 10$ y $n_2 > 10$; de tal manera que:

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

Esperanza	$E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1$
Varianza	$Var[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1+n_2)^2(n_1+n_2-n_1)}$

Por consiguiente para muestras grandes se verifica:

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

Para muestra concreta el valor estadístico será:

$$Z_{exp} = \frac{R - \left(\frac{2n_1n_2}{n_1+n_2}\right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1+n_2)^2(n_1+n_2-1)}}} + 1$$

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 en la tabla de la N(0,1), de manera que:

$$P(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}) = P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$$

4.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis por medio de contraste de rachas de wald-wolfowitz se sigue los siguientes pasos:

Paso 1: Planteamiento de la hipótesis nula.

"El sistema basado en conocimiento permite el diagnóstico de Parkinson, es una herramienta capaz de apoyar el trabajo del especialista en el área de salud, proporcionando una alternativa de apoyo en el diagnóstico de esta enfermedad.

Paso 2: Selecciona el nivel de confianza.

$$\text{Nivel de Confianza} = (1-\alpha) * 100\%$$

El nivel de confianza o significación que se elige es el 90%, reemplazando en la fórmula anterior se obtiene que $\alpha = 0.05$ elegida en la Tabla Normal.

Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.

Para este caso se utiliza la prueba de rachas o Wald-Wolfowitz utiliza los signos de los residuos y sus variaciones de negativos y positivos o viceversa. Una racha vendrá constituida por la sucesión de signos iguales.

Paso 4: Formulación de la regla de decisión

Para la prueba se toman 15 casos de diagnóstico de parkinson, realizando la comparación del diagnóstico entre el médico especialista y el sistema experto. A continuación se muestra los resultados de la comparación.

Nro.	Edad	Sexo	Diagnóstico Médico	Diagnóstico Sistema Experto SEP	A. por Rachas
1	60	Masculino	Presenta Parkinson Etapa 1	Presenta Parkinson Etapa 1	+
2	40	Masculino	Presenta Parkinson Etapa 2	Presenta Parkinson Etapa 2	+
3	65	Femenino	No presenta parkinson	Presenta Parkinson etapa inicial	-

4	60	Masculino	Presenta parkinson etapa 4	Presenta parkinson etapa 4	+
5	59	Masculino	Presenta parkinson etapa 1	Presenta parkinson etapa 2	-
6	68	Masculino	Presenta parkinson etapa 4	Presenta parkinson etapa 4	+
7	55	Masculino	Presenta parkinson etapa 3	Presenta parkinson etapa 4	-
8	70	Femenino	Presenta parkinson etapa 2	Presenta parkinson etapa 2	+
9	75	Masculino	Presenta parkinson etapa 3	Presenta parkinson etapa 3	+
10	49	Masculino	Presenta parkinson etapa 2	Presenta parkinson etapa 2	+
11	40	Masculino	Presenta parkinson etapa 1	Presenta parkinson etapa 1	+
12	45	Masculino	Presenta parkinson etapa 2	Presenta parkinson etapa 2	+
13	68	Masculino	Presenta parkinson etapa 4	Presenta parkinson etapa 3	-
14	72	Femenino	Presenta parkinson etapa 1	No presenta parkinson	-
15	82	Masculino	Presenta parkinson etapa 4	Presenta parkinson etapa 4	+

Tabla 4.1 Comparación diagnóstico médico con Sistema Experto SEP

Fuente: [Elaboración Propia]

Se tiene los siguientes resultados:

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

Donde:

a) (+) Representa los casos en los que coincide el diagnóstico proporcionado por el especialista médico y el sistema experto.

b) (-) Representa los casos en los que no coincide el diagnóstico proporcionado por el especialista médico y el sistema experto.

Siendo que el Total de rachas son:

Total de Rachas expuestas	$R_{exp}=9$
Número total de observaciones	$N=15$
Numero de residuos positivos	$n_1=10$
Numero de residuos negativos	$n_2=5$

Tabla 4.2 Sumas Totales de Rachas

Fuente: [Elaboración Propia]

Ahora reemplazando los datos obtenidos gracias a las pruebas podremos calcular:

Esperanza:

$$[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1$$

Reemplazando:

$$[R] = \frac{2*10*5}{10+5} + 1 = 7.66$$

Varianza

$$V[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1+n_2)^2(n_1+n_2-1)}$$

Reemplazando:

$$V[R] = \frac{2 \cdot 10 \cdot 5 (2 \cdot 10 \cdot 5 - 10 - 5)}{(10 + 5)^2 (10 + 5 - 1)} = 2.69$$

Paso 5: Toma de decisión.

Para una muestra concreta del valor estadístico Z_{exp} reemplazando los datos se tiene:

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

Reemplazando

$$Z_{exp} = \frac{9 - 7.66}{\sqrt{2.69}} + 1 = 0,817 + 1 = 1,817$$

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

$$P(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}) = P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$$

$P(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$
$1-P(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{0.05}{2}$
$P(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \frac{\alpha}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = 0.025$
$P(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \frac{0.05}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$
$P(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - 0.025$	$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$
$P(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}) = 0.975$	
$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$	

Por tanto la región de aceptación para la hipótesis nula es:

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

$$-1.96 < 1.817 < 1.96$$

Paso 6: Aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Como se puede observar que el valor $Z_{exp}=1.817$ cae dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis H_0 , por lo que se puede afirmar que el sistema experto para el diagnóstico de parkinson es un trabajo válido y que los datos de muestra son aleatorios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

Los sistemas expertos son de mucha utilidad en la vida real, apoyan en gran manera a los sistemas de soporte de decisión ya que permiten tomar decisiones basadas en la experiencia humana de algún especialista en determinada área.; su utilidad depende mucho de cómo y dónde se haga su presentación; y de donde esté disponible tal sistema.

En la vida real a la toma de decisiones y podrían de alguna manera prevenir futuras complicaciones en las personas que necesitan de una ayuda, guía sobre la incertidumbre que se les presenta refiriéndonos especialmente al sistema experto para el diagnóstico de Parkinson al ser una enfermedad degenerativa, se necesita con urgencia dicho sistema.

El impacto que deberá tener sería favorable y muy aceptable por parte de los usuarios, esto porque solo un porcentaje muy bajo de la población padece esta enfermedad y no por ello debemos quedarnos indiferentes ante ello.

El prototipo del sistema basado en conocimiento para el diagnóstico Parkinson, se desarrolló cumpliendo con el modelado y desarrollo de un sistema experto siguiendo las fases de la metodología de sistemas expertos Buchanan.

El uso de la tecnología conlleva ventajas que deben ser aprovechadas por la población en general como se realiza en otros países más avanzados considerados de primer mundo, donde se pueden realizar desde consultas médicas hasta cirugías a distancia. Estas tecnologías

adquirieron confianza tras su utilización y cada vez más son incluidas en más áreas de la vida cotidiana, todo esto con el propósito de mejorar la calidad de vida.

Con la elaboración del sistema experto se pudo evidenciar que de acuerdo a los síntomas que presenta un determinado paciente, se muestra si este padece o no y en qué grado la enfermedad de Parkinson. El sistema experto brinda información acerca de la enfermedad llamada Parkinson.

Finalmente se cumplió con el objetivo que se tenía en primera instancia el de diseñar e implementar un prototipo de sistema experto para el diagnóstico de Parkinson, esto con el propósito de informar, orientar y prevenir a la población en general sobre este tipo de padecimiento.

5.2. RECOMENDACIONES

El presente trabajo es de aporte significativo a la sociedad, pero considerando futuras investigaciones y dando enfoque a nuevas tecnologías, así como el uso de dispositivos móviles tomando en cuenta que gran parte de la población actual en Bolivia y en el mundo lleva consigo un teléfono inteligente; se recomienda hacer uso de esto y crear un sistema experto para el diagnóstico de Parkinson móvil, así el sistema será portable y de fácil acceso para su descarga y futuro uso.

También se recomienda ampliar la base de conocimiento del sistema experto para el diagnóstico de Parkinson (SEP), para dar resultados mucho más certeros y que estos deban orientarse al cambio y movimiento.

Se recomienda mejorar el prototipo de sistema experto, añadiéndole más módulos, síntomas que se deben tomar en cuenta y otros aspectos más para así poder dotar al sistema de un amplio conocimiento, todo esto para mejorar la calidad del diagnóstico que servirá al paciente, usuario final en su incertidumbre, una guía más acerca de cómo tratar este mal.

BIBLIOGRAFIA

Barr, A y Feigenbaum, E. (1981). The Handbook of Artificial Intelligence Volume I. California, United States: Heuris Tech Press.

Enfermedad de Parkinson, A. (2015, Junio). Neurologia. Recuperado de:
<http://www.geosalud.com/neurologia/parkinson.html>

Brown, R. y Cunningham, S. (1989). Programando la Interface: Ejemplos Principales. New York, United States: John Wiley and Sons.

Castillo, E y Alvarez, E. (2001). Expert Systems: Uncertainty and Learning. Computational Mechanics Publications and Elsevier Applied Science. London, U.K.

Durkin, J. (2004). Sistemas Expertos: Diseño y Desarrollo. New York, United States: Maxwell Macmillan.

Escobar. (2007). Sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de desnutrición en niños menores de 5 años. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Garzon, W. (2011). Sistema Experto para el Diagnóstico de Enfermedades. Mayaguez, Puerto Rico.

Giarratano, J y Riley, G. (2001). Sistemas Expertos. México D.F., México: International Thomson.

Lima. (2007). Sistema experto para el diagnóstico de anemia y poliglobulia mediante hemograma. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Mamani, R. (2012). Sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de osteoporosis en mujeres de 35 a 45 años. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Mamani. (2004). Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades neurológicas ciáticas. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Martínez, R. (2004). Ingeniería de Sistemas Expertos. Buenos Aires, Argentina: Nueva Librería.

Mascaro, J. (1974). Diccionario Medico. Barcelona, España: Salvat.

Montes, M. (2003). Sistemas Expertos. Geocities. Recuperado de:

http://www.geocities.ws/onelysalasp/sahwct/investigacion_en_internet/SE12.html

Morillas, A. (2006). Introducción al análisis de datos difusos. Málaga, España: Edición electrónica.

Rolston, D. (1995). Principios de la Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

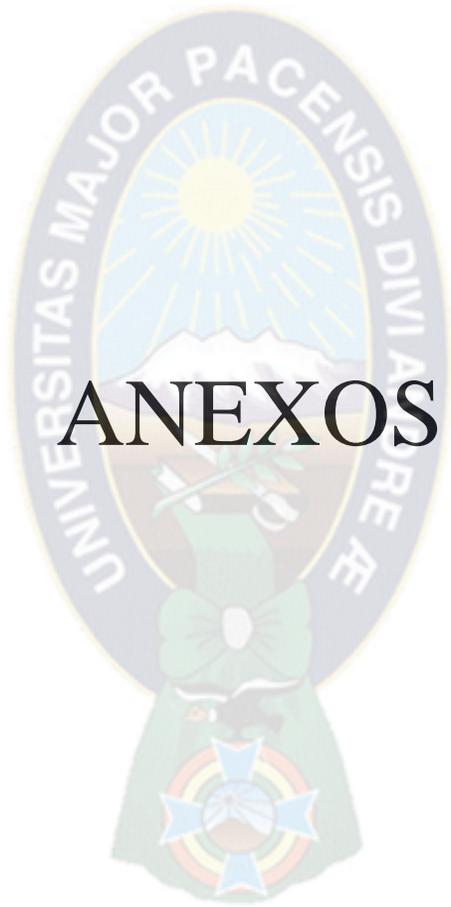
Shneiderman, B. (1987). Diseño de la Interface. New York, United States: Reading.

Stevens, L. (1984). Artificial Intelligence. The Search for the Perfect Machine. Hayden Book Company.

Velásquez, L. (2011). Definición y Estructura de un Sistema Experto. La Paz, Bolivia.

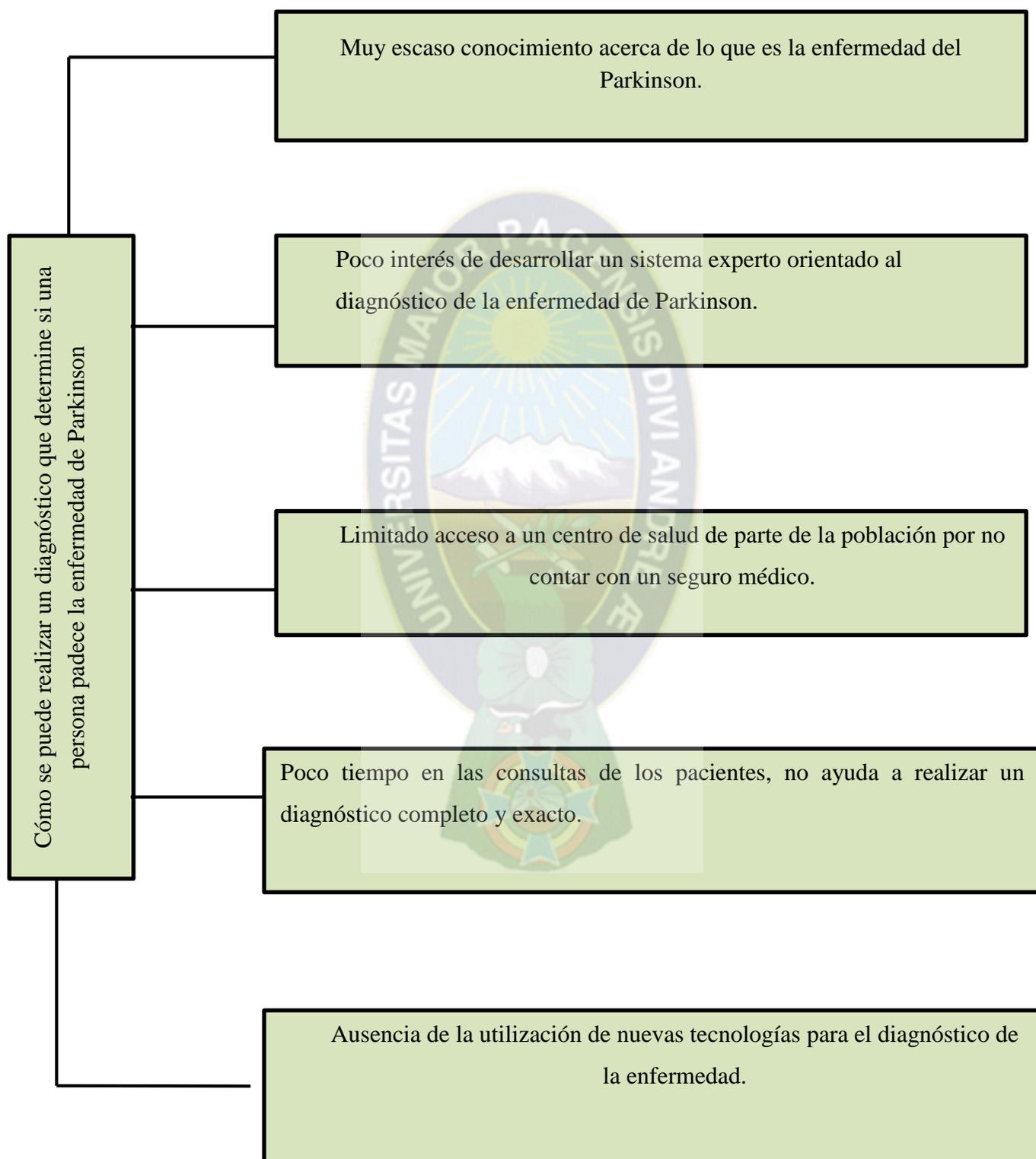
GLOSARIO

- **Hipótesis:** Suposición hecha a partir de unos datos que sirve de base para iniciar una investigación o una argumentación.
- **Sistema Experto:** Sistemas informáticos que forman parte de la Inteligencia Artificial, éstos simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia.
- **Lenguaje:** Es un traductor de comandos escritos con una sintaxis específica. Un lenguaje para sistemas expertos también proporcionará un mecanismo de inferencia que ejecute las instrucciones del lenguaje.
- **Prototipo:** Es una "muestra" más simplificada de un sistema. Permite entregar un resultado rápido de cómo se verá o será el sistema a diseñar. Por lo general el prototipo se muestra al cliente/usuario para lograr cumplir con todos los requisitos necesarios.
- **Lógica difusa:** es una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión.
- **Conjuntos difusos:** Considerados como una generalización de los conjuntos clásicos, contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, es decir, cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1.
- **Función de pertenencia:** Proporciona una medida de grado de similitud de un elemento de con el conjunto difuso. Su forma depende del criterio aplicado en la resolución de cada problema. La única condición que debe cumplir una función de pertenencia es que tome valores entre 0 y 1, con continuidad.
- **Variable lingüística:** Variable que puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores.
- **Diagnóstico:** Determinación o identificación de una enfermedad mediante el examen de los signos y síntomas que presenta el paciente.
- **Tratamiento:** es un conjunto de medios que se utilizan para aliviar o curar una enfermedad.
- **Parkinson:** Es una enfermedad degenerativa producida por la muerte de neuronas de la sustancia negra, que producen dopamina.
- **Dopamina:** Es un neurotransmisor importante en el circuito de los ganglios basales, cuya función primordial es el correcto control de los movimientos.

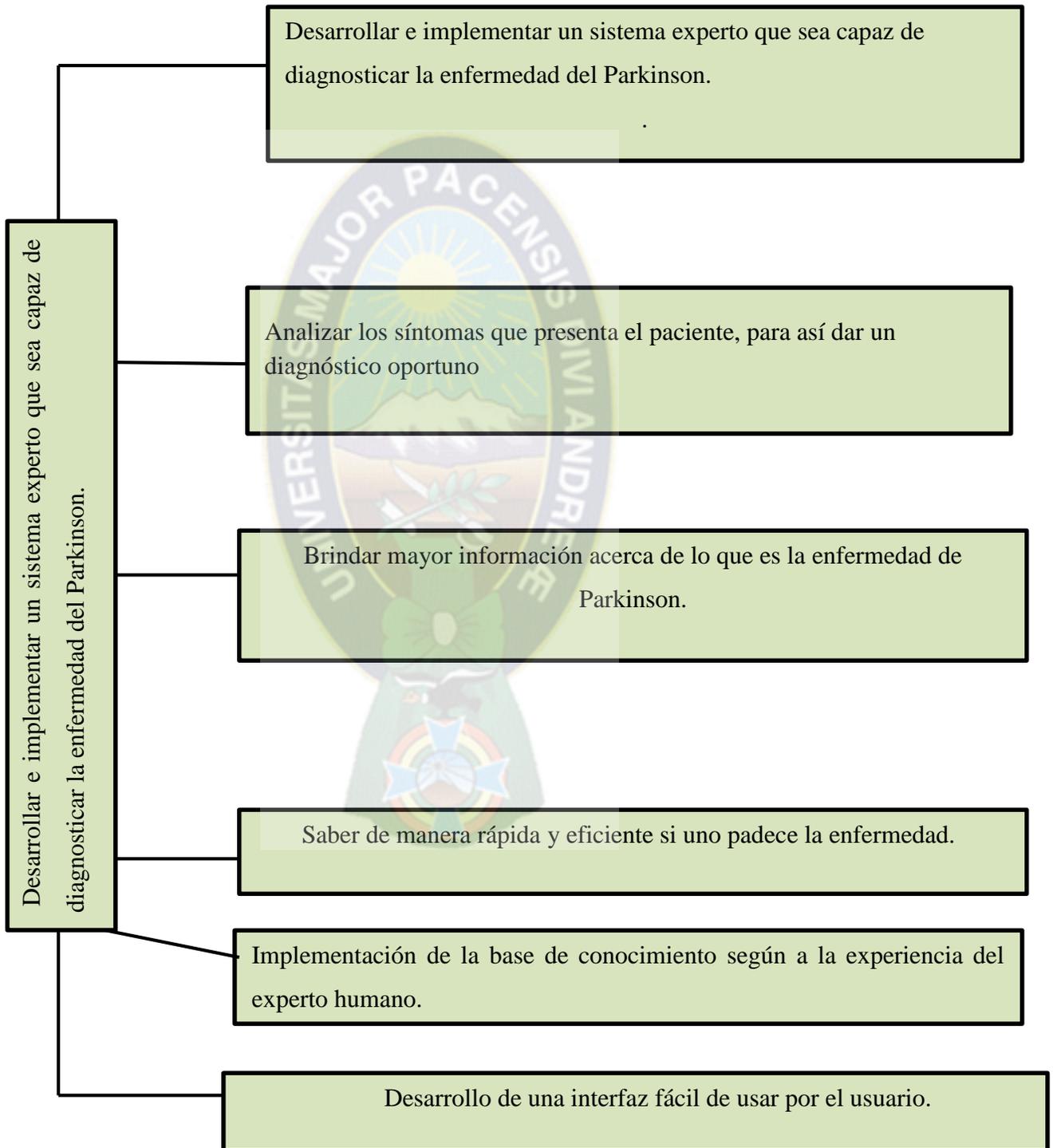


ANEXOS

ANEXO A - ÁRBOL DE PROBLEMAS



ANEXO B - ÁRBOL DE OBJETIVOS



DOCUMENTACIÓN

