

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO BASADO EN CONOCIMIENTO PARA EL
DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO EN
DISPOSITIVOS MÓVILES”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: LYZETH ESTEFANY APAZA KEA
TUTOR: M. SC. GROVER ALEX RODRÍGUEZ RAMÍREZ

LA PAZ – BOLIVIA

2021

HOJA DE CALIFICACIONES

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

Tesis de grado:

“SISTEMA EXPERTO BASADO EN CONOCIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL
SINDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO EN DISPOSITIVOS MÓVILES”

Presentado por: Lyzeth Estefany Apaza Kea

Para optar el grado Académico de Licenciado en Informática

Mención Ingeniería de Sistemas Informáticos

Nota Numeral:

Nota Literal:

Ha sido:

Director de la carrera de Informática: Ph.D. Jose Maria Tapia Baltazar

Tutor: M.Sc. Grover Alex Rodriguez Ramirez

Tribunal:

Tribunal:

Tribunal:



**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:

- visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- 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

El presente trabajo va dedicado a toda mi familia, en especial a mi mamá Alicia Kea y a mi papá José Apaza (+), por todo el sacrificio que realizaron estos años para darme todo el apoyo y amor necesarios que me permitieron persistir para concretar esta importante etapa de mi vida.



AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por concederme la vida y salud en todo el proceso para culminar esta etapa de mi vida.

Agradecer a todos mis familiares, a mis padres Alicia y José, a mis hermanos Joel, Junior, Juan, por todo el apoyo y la confianza que siempre me brindaron durante todos estos largos años y por estar siempre a mi lado.

A mi Docente Tutor el M. Sc. Grover Alex Rodríguez Ramírez por el seguimiento, motivación, recomendaciones, especialmente por el tiempo dedicado y paciencia para revisar el presente trabajo de tesis.

A los docentes de la carrera de Informática por los conocimientos transmitidos durante el ciclo de formación universitaria.

A mis amigos, amigas y compañeros de clase que confiaron en mí y me apoyaron en todo momento.

Al personal de la biblioteca, que siempre estuvieron apoyándome con recomendaciones y la disposición de libros, siempre los llevaré en mi corazón.

Y finalmente agradecer a todas las oportunidades dadas en mi vida, momentos de alegría y tristeza, y que estas fueron las que forjaron la perseverancia, valentía y tenacidad, que hoy me permiten culminar esta etapa y que será el inicio de otras.

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar un Sistema Experto para el diagnóstico de fenotipos del Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP), el cual será utilizado inicialmente en la Ciudad de La Paz, permitiendo con ello atender de manera inmediata las inquietudes de las pacientes. El principal problema que tiene es la falta de énfasis en la salud en la población, por distintos factores tanto socio-económicos como personales, tal situación se complica aún más debido a que el tratamiento tardío de enfermedades puede causar complicaciones en el estado de salud de las pacientes. El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de obtener un diagnóstico de manera preventiva y rápida de los fenotipos del SOP, debido a que muchas veces por el factor tiempo y económico no se tiende a realizarse revisiones de rutina, por lo tanto, el tiempo de consulta llega a ser un obstáculo al momento de realizar una consulta y requiere un costo no accesible para muchas, como consecuencia la atención es más prolongada de lo esperado, generando un bajo énfasis en el cuidado de la salud sexual/reproductiva. Al implementar un sistema experto, para la toma de decisiones en el diagnóstico de fenotipos del SOP, facilita a la población a realizarse un diagnóstico de manera preventiva, incentivando el cuidado de la salud de manera oportuna. Registrando de manera sistemática y ordenada la información sobre los signos y síntomas que padece; el cual será útil para el diagnóstico final. Este sistema ayudara a reducir las complicaciones a futuro del padecimiento del fenotipo que padezca la paciente, a su vez a mejorar y aumentar la calidad de salud de la población.

Palabras clave: Sistema Experto, Fenotipos, Síndrome de Ovario Poliquístico, Salud, Medicina, Ginecología, Diagnóstico.

Metodología: Buchanan, Movable-D.

ABSTRACT

The main objective of this work is to develop an Expert System for the diagnosis of Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) phenotypes, which will be used initially in the City of La Paz, thus allowing immediate attention to the concerns of patients. The main problem it has is the lack of emphasis on health in the population, due to different socio-economic and personal factors, such a situation is even more complicated because late treatment of diseases can cause complications in the health status of the patients. The present research work is carried out in order to obtain a preventive and rapid diagnosis of the phenotypes of PCOS, because many times due to the time and economic factor there is no tendency to carry out routine check-ups, therefore, the Consultation time becomes an obstacle when making a consultation and requires an unaffordable cost for many, as a consequence the care is longer than expected, generating a low emphasis on reproductive health care. By implementing an expert system for decision-making in the diagnosis of PCOS phenotypes, it facilitates the population to carry out a preventive diagnosis, encouraging health care in a timely manner. Registering in a systematic and orderly way the information about the signs and symptoms that you suffer; which will be useful for the final diagnosis. This system will help reduce future complications of the phenotype that the patient suffers, in turn to improve and increase the quality of health of the population.

Keywords: Expert System, Phenotypes, Polycystic Ovary Syndrome, Health, Medicine, Gynecology, Diagnosis.

Methodology: Buchanan, Movile-D.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CAPITULO I | 1 |
| MARCO REFERENCIAL | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2. PROBLEMA | 3 |
| 1.2.1. ANTECEDENTES | 4 |
| 1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 8 |
| 1.2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 9 |
| 1.3. OBJETIVOS | 10 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 10 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 1.4. HIPÓTESIS | 11 |
| 1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 11 |
| 1.4.1.1. VARIABLE DEPENDIENTE | 11 |
| 1.4.1.2. VARIABLES INDEPENDIENTES | 11 |
| 1.5. JUSTIFICACIONES | 11 |
| 1.5.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA | 11 |
| 1.5.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL | 12 |
| 1.5.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA | 12 |
| 1.5.4. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA | 13 |
| 1.6. ALCANCES Y LÍMITES | 13 |
| 1.6.1. ALCANCES | 13 |
| 1.6.2.1. ALCANCE GEOGRÁFICO | 14 |
| 1.6.3. LÍMITES | 14 |
| 1.7. APORTES | 14 |
| 1.7.2. PRÁCTICO | 14 |
| 1.7.3. TEÓRICO | 15 |
| 1.8. METODOLOGÍA | 15 |
| 1.8.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 15 |
| 1.8.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO | 16 |
| CAPITULO II | 18 |

| | |
|--|-----------|
| MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.8. APARATO REPRODUCTOR FEMENINO..... | 18 |
| 2.8.1. OVARIO | 18 |
| 2.8.2. CICLO OVÁRICO..... | 20 |
| 2.9. OVARIOS POLIQUÍSTICOS..... | 21 |
| 2.10. SÍNDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO | 22 |
| 2.10.1. CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DEL SOP | 25 |
| 2.10.2. TRATAMIENTO DEL SOP..... | 29 |
| 2.11. INTELIGENCIA ARTIFICIAL | 31 |
| 2.11.1. SISTEMAS EXPERTOS | 32 |
| 2.11.2. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS | 34 |
| 2.11.3. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO..... | 37 |
| 2.11.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO | 38 |
| 2.11.3.2. MOTOR DE INFERENCIA | 39 |
| 2.11.3.2.1. REGLAS DE PRODUCCIÓN..... | 40 |
| 2.11.3.2.2. ENCADENAMIENTO DE REGLAS | 41 |
| 2.11.3.3. BASE DE HECHOS..... | 42 |
| 2.11.3.4. INTERFAZ DE USUARIO..... | 42 |
| 2.11.3.5. MODO DE EXPLICACIÓN..... | 43 |
| 2.11.4. VENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO | 43 |
| 2.12. DISPOSITIVOS MÓVILES | 44 |
| 2.12.1. SISTEMA OPERATIVO ANDROID | 44 |
| 2.12.2. CARACTERÍSTICAS SISTEMA OPERATIVO ANDROID | 46 |
| 2.13. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE..... | 47 |
| 2.13.1. METODOLOGÍA BUCHANAN..... | 47 |
| 2.13.1.1. FASES DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN..... | 48 |
| 2.13.1.1.1. IDENTIFICACIÓN..... | 48 |
| 2.13.1.1.2. CONCEPTUALIZACIÓN..... | 48 |
| 2.13.1.1.3. FORMALIZACIÓN | 48 |
| 2.13.1.1.4. IMPLEMENTACIÓN..... | 49 |
| 2.13.1.1.5. TESTEO | 49 |

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| 2.13.1.1.6. | REVISIÓN DEL PROTOTIPO..... | 49 |
| 2.13.1.2. | ETAPAS DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN | 50 |
| 2.13.2. | METODOLOGÍA MOVILE-D | 52 |
| CAPITULO III..... | | 55 |
| DISEÑO METODOLÓGICO | | 55 |
| 3.1. | INTRODUCCIÓN..... | 55 |
| 3.2. | DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROPUESTO | 55 |
| 3.3. | METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO | 57 |
| 3.3.1. | IDENTIFICACIÓN..... | 57 |
| 3.3.2. | CONCEPTUALIZACIÓN..... | 58 |
| 3.3.3. | FORMALIZACIÓN..... | 62 |
| 3.3.3.1. | BASE DE CONOCIMIENTO | 63 |
| 3.3.3.2. | DEFINICION DE VARIABLES | 63 |
| 3.3.3.3. | ARBOL DE DESICIÓN..... | 67 |
| 3.3.3.4. | DESARROLLO DE BASE DE HECHO Y REGLAS | 67 |
| 3.3.3.4.1. | BASE DE HECHOS | 67 |
| 3.3.3.4.2. | BASE DE REGLAS..... | 70 |
| 3.3.3.5. | MOTOR DE INFERENCIA | 79 |
| 3.3.3.6. | SALIDA DEL SISTEMA EXPERTO | 79 |
| 3.3.4. | IMPLEMENTACIÓN..... | 79 |
| 3.3.4.1. | HARDWARE..... | 79 |
| 3.3.4.2. | LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN | 79 |
| 3.3.4.3. | PROTOTIPO | 80 |
| 3.3.5. | TESTEO Y PRUEBAS..... | 83 |
| 3.3.6. | REVISIÓN DEL PROTOTIPO | 83 |
| CAPITULO IV | | 84 |
| EVALUACIÓN DE RESULTADOS | | 84 |
| 4.1. | PRUEBA DE HIPOTESIS..... | 84 |
| 4.2. | DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS | 85 |
| 4.2.1. | PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS NULA E HIPÓTESIS ALTERNATIVA..... | 85 |
| 4.2.1. | DETERMINAR NIVEL DE SIGNIFICANCIA..... | 85 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.2. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA | 86 |
| 4.2.3. FORMULACIÓN DE LAS REGLAS DE DECISIÓN | 86 |
| 4.2.4. TOMA DE DECISIÓN | 88 |
| CAPITULO V..... | 91 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 91 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 91 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 92 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 94 |
| GLOSARIO MÉDICO | 98 |
| ANEXOS..... | 101 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Síndrome de Ovario Poliquístico (Anovulación Crónica) | 8 |
| Figura 2. Órganos genitales internos. | 18 |
| Figura 3. Ciclo ovárico | 19 |
| Figura 4. Características Síndrome de Ovario Poliquístico..... | 21 |
| Figura 5. Manifestaciones del Síndrome de Ovario Poliquístico | 22 |
| Figura 6. Causas Fisiológicas de la producción excesiva de Andrógenos (HA) | 22 |
| Figura 7. Tratamiento del Síndrome de Ovario Poliquístico..... | 24 |
| Figura 8. Ramas de aplicación de la Inteligencia Artificial(AI)..... | 27 |
| Figura 9. Estructura del Sistema Experto | 33 |
| Figura 10. Encadenamiento de reglas..... | 33 |
| Figura 11. Sistema Operativo Móvil Android..... | 38 |
| Figura 12. Fases de la metodología Buchanan | 39 |
| Figura 13. Árbol de decisión para el Sistema Experto de Síndrome de Ovario Poliquístico. | 18 |
| Figura 14. Prototipo pantalla de inicio y pantalla principal | 19 |
| Figura 15. Prototipo pantalla diagnóstico y pantalla emergente de más información acerca de la pregunta..... | 21 |
| Figura 16. Prototipo pantallas de preguntas y pantalla diagnóstico. | 22 |
| Figura 17. Prototipo de pantallas de definición del SOP..... | 24 |
| Figura 18. Prototipo pantallas de consejos para el SOP..... | 27 |
| Figura 19. Test de Rachas..... | 33 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Características sistema operativo Android | 8 |
| Tabla 2. Definición y codificación de variables de entrada..... | 18 |
| Tabla 3. Definición y codificación de variables de entrada de signos y síntomas. | 19 |
| Tabla 4. Definición y codificación de variables de salida del diagnóstico..... | 21 |
| Tabla 5. Reglas de inferencia Fenotipo A: SOP Severo..... | 22 |
| Tabla 6. Reglas de inferencia Fenotipo B: Hiperandrogenismo y anovulación crónica | 24 |
| Tabla 7. Reglas de inferencia Fenotipo C: SOP Ovulatorio | 27 |
| Tabla 8. Reglas de inferencia Fenotipo D: SOP Moderado | 33 |
| Tabla 9. Tabla de rachas del Diagnóstico del Sistema Experto comparado con el Diagnóstico médico. | 33 |

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico y la implementación de nuevas tecnologías han transformado la forma en la que nos comunicamos y accedemos a la información, debido a esto se hace imprescindible y necesario implementar Sistemas Expertos basados en conocimiento en dispositivos móviles.

De la misma manera en la que la tecnología avanza han ido incrementándose nuevas enfermedades que influyen en la salud de la mujer, es entonces que muchas enfermedades si son detectadas a tiempo, pueden ser tratadas y remediadas sin mayor complicación.

Sin embargo, al dejar pasar el tiempo, sin que dichas enfermedades sean tratadas a causa del desconocimiento de su padecimiento, se incrementa el riesgo de complicaciones en la salud de la paciente, y disminuye la probabilidad de un tratamiento adecuado y satisfactorio para el padecimiento.

Es entonces, que empieza la idea, la inquietud y preocupación ante el alto índice de complicaciones de enfermedades de la mujer, y surge la necesidad de encontrar medios más eficaces y alcanzables de una multitud de disciplinas alternas, en apoyo y prevención del tratamiento y/o detenimiento de las enfermedades para el cuidado de la salud femenina de la mano con la tecnología.

El Sistema Experto de cómputo, es el encargado a tomar de manera especializada con base en el conocimiento en el entendido sobre un área en particular, debido a

que los datos son almacenados de forma estructurada para su recuperación. Además de la capacidad de ofrecer soluciones sobre el problema, incluye la explicación del porqué se llegó a determinadas medidas.

La medicina es un área en donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista, cuando existe una amplia diversidad de enfermedades y complicaciones a no efectuarse un tratamiento a tiempo, los síntomas pueden ser confusos y bastante complejos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico óptimo, que puede significar la sobrevivencia o la muerte del paciente (Cabrera, 2019).

Sin embargo, en el país, no existen muchas implementaciones de Sistemas Expertos, muchas veces es por la falta de información acerca del aporte que esta tendría en su implementación. Por otro lado, hay bastantes factores que obstruyen el cuidado de la salud, ya sean por factores económicos, disposición de tiempo, falta de énfasis en la salud entre otras.

Por las razones anteriores, se plantea el desarrollo de una aplicación móvil basado en conocimiento adquirido por el Ginecólogo, investigación recuperada de artículos médicos, libros para médicos, que mediante toda esta información obtenida permitirá diagnosticar los fenotipos del Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP).

Asimismo, con la presente tesis se pretende dejar un aporte social en el área de la salud y tecnología, para el cuidado y prevención de complicaciones ante posibles padecimientos del Síndrome de Ovario Poliquístico, para que después del diagnóstico preventivo obtenido, la paciente pueda recurrir al Ginecólogo/a y realizarse los estudios y tratamiento correspondientes.

1.2. PROBLEMA

Desde sus principios en estudios de la informática, el hombre ha tratado de replicar el comportamiento humano en un prototipo sistematizado. Es entonces que se realizó distintos estudios respecto al comportamiento del ser humano, conformación anatómica, entre las demás características. Y así como se pretende replicar el comportamiento humano, se puede tratar de hacer un estudio sistémico del ser humano, tal caso como un diagnóstico para el Síndrome de Ovario Poliquístico.

Listado de problemas para el estudio:

- Bajo énfasis en cuidar la salud y/o miedo a la atención.
- Falta de tiempo de la mujer para acudir a las consultas y/o revisiones rutinarias al ginecólogo.
- Falta de información acerca de los riesgos y/o complicaciones que existen en la mujer y su salud femenina, dando lugar al descuido y por ende a la falta de asistencia de un ginecólogo.
- Falta de apoyo informático en la medicina, para una prevención y/o diagnóstico de manera temprana del SOP, integrando la solución tecnológica con la medicina.
- Falta económica para un examen y/o revisiones de rutina ginecológica.
- A causa de las anteriores, la complicación del padecimiento que puede tratarse en un determinado tiempo tiende a complicarse, a falta de su detección a tiempo.

1.2.1. ANTECEDENTES

Alonzo (2011) define al Sistema Experto, en una primera definición que se debe a Edward Feigenbaum, de la Universidad de Stanford, quien en 1977 lo definió como:

“Un programa inteligente para ordenador que usa conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas, que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su resolución”.

En la misma línea, está la definición de un Sistema Experto como:

“programas para la resolución de problemas especialmente complicados y que requieren un elevado nivel de conocimientos. Se les califica como sistemas basados en conocimientos, porque sus prestaciones están determinadas por la utilización de procedimientos y técnicas heurísticas similares a las utilizadas por los expertos humanos”.

Las anteriores definiciones relacionan, los resultados de la aplicación de un Sistema Experto en la resolución de un problema perteneciente al dominio sobre el que éste actúa, con el resultado que un experto humano obtendría al enfrentarse al mismo problema.

Así, un Sistema Experto debe ser capaz, tanto de almacenar los conocimientos relativos al dominio del problema y necesarios para alcanzar su solución, y que el experto humano conoce, como de disponer de las mismas técnicas de búsqueda de la solución que el experto aplica en la resolución del problema.

De esta forma los Sistemas Expertos incorporan gran cantidad de conocimientos sobre una determinada especialidad en su base de conocimientos, así como reglas prácticas, heurísticos, para orientar la búsqueda de la solución (Alonso, 2011, p. 43).

Por otro lado, el aparato reproductor femenino es uno de los aparatos más complejos variados y de gran importancia, que manifiesta signos y síntomas en cuanto a su comportamiento natural.

Según Checa & Espinós & Matorras (2006) el Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP), se caracteriza por la existencia de anovulación crónica (con su expresión clínica en forma de oligomenorrea o amenorrea y esterilidad) asociada a hiperandrogenismo, que se pone de manifiesto por el exceso de andrógenos ováricos o suprarrenales circulantes y por la presencia de hirsutismo y acné.

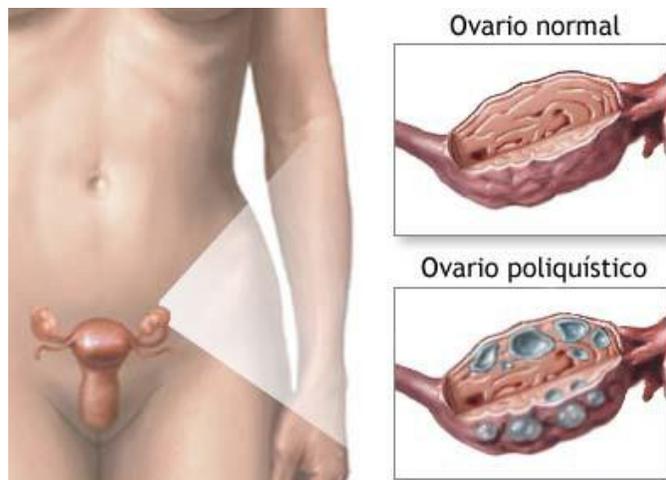


Figura 1. Síndrome de Ovario Poliquístico (Anovulación Crónica).

Fuente J. Carvajal, M. Barriga (2019).

La presencia de insulínresistencia constituye un hecho acompañante frecuente que podría agravar las manifestaciones clínicas citadas y también determinar riesgos a largo plazo en la salud de las pacientes.

El cuadro suele comenzar en torno a la menarquia y representa la forma más frecuente de anovulación crónica hiperandrogénica, cuyas otras causas, especialmente la hiperplasia suprarrenal congénita, hay que excluir para el diagnóstico (p. 13).

Algunas de las secuelas y/o complicaciones del tratamiento tardío del SOP es:

- Abortos Espontáneos
- Apnea de sueño obstructiva
- Cáncer de mama
- Cáncer de ovario
- Cáncer en el endometrio
- Enfermedad cardiovascular
- Infertilidad
- Obesidad
- Diabetes mellitus tipo II (DM tipo II), otros.

Y sobre todo lo anterior, las nuevas tecnologías se van incorporando al área médica (aunque no en todos los casos). Hay que destacar que en los últimos años se ha desarrollado hardware específico para poder tomar ecografías y software para analizar de un modo más científico y profundo, de los signos y síntomas que puedan presentar y padecer la paciente.

Sin embargo, en la sociedad en la que estamos inmersos las personas cuentan con baja disponibilidad de tiempo, falta económica para poder acceder a servicio médico de calidad, conformismo salubre, entre varios factores más, y de esta manera la sociedad no puede prevenir complicaciones y/o tratamientos a tiempo para resguardar su salud y prevenir un diagnóstico a tiempo del SOP.

Con respecto a trabajos similares a este se ha encontrado, en la Universidad Mayor de San Andrés:

Nina (2009) en su trabajo "*Sistema Experto para el diagnóstico de la depresión*", establece que tiene como objetivo desarrollar un Sistema Experto para el diagnóstico de la depresión (SEDEP), que almacene el conocimiento del experto psicológico de modo que el servicio tenga mayor alcance poblacional.

Chambi (2014) en su trabajo "*Sistema Experto para el diagnóstico del cáncer tiroideo basado en redes neuronales*", establece que tiene como objetivo desarrollar un Sistema Experto para el diagnóstico del Cáncer tiroideo, que coadyuve al especialista, de forma que las nuevas tecnologías ingresen de manera positiva en el área de la salud, obteniendo diagnósticos precisos.

Rodríguez (2017) en su trabajo "*Sistema Experto para diagnóstico y tratamiento del quiste ovárico, basado en redes bayesianas*", establece que tiene como objetivo general el desarrollo de un sistema que permita ayudar como herramienta el diagnóstico y tratamiento adecuado del quiste ovárico, en el presente trabajo se aplicara una base de conocimiento del especialista humano, también se tiene el motor de inferencia que es una de las partes más importantes del Sistema Experto.

Un aspecto a considerar es que no se realizó, la independencia del diagnóstico fuera de ser una herramienta para el Ginecólogo y/o Ginecóloga.

En cuanto a Universidades extranjeras:

Salgado (2007) en su trabajo “*Sistema Experto para el diagnóstico y plan terapéutico de funciones cognitivas deficientes (SISTEMA DiagCo)*”, establece que tiene como objetivo encontrar una solución desde la Inteligencia Artificial que permita diseñar e implementar un Sistema Experto que detecte las funciones cognitivas deficientes de niños en situación vulnerable y proponga un plan de ayuda terapéutica profesional. El Sistema Experto será diseñado para que funciones en una computadora PC común, que debe ser asequible a los recursos de los terapeutas.

Sin embargo, en diferentes sitios de internet hay bastantes artículos referentes al área, las cuales se enfocan en una explicación del procedimiento y trabajo que realiza el Ginecólogo, o en otros casos como herramienta del profesional.

En Bolivia la salud es un tema bastante delicado, sin embargo, ya hace varios años se va incursionando en el área médica con bastante fuerza desde el área informático.

1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente un sistema de detección de enfermedades de manera preventiva, sería de bastante beneficioso para la población en cuanto al cuidado de la salud.

Sin embargo, la situación económica, falta de tiempo y/o bajo énfasis en el cuidado de la salud, influyen para que las personas no puedan asistir regularmente, es decir un control de rutina mensual o anual, a un Ginecólogo, para una revisión para de manera preventiva y/o tratamiento de algún padecimiento que tuviera la paciente.

El Síndrome de Ovario Poliquístico, es una condición muy frecuente en la mujer, que se define como un síndrome clínico, no por la presencia de quistes ováricos. Este síndrome implica una disfunción anovulatoria u ovulatoria y un exceso de andrógenos, es una alteración endocrinológica que regularmente afecta a las mujeres en edad reproductiva.

El tratamiento tardío del SOP podría traer secuelas como: apnea de sueño, cáncer de mama, cáncer de ovario, cáncer en el endometrio, enfermedad cardiovascular, problemas de esterilidad (infertilidad, abortos espontáneos), riesgo elevado de desarrollar precozmente diabetes mellitus tipo II (DM tipo II), entre otros.

El desarrollo de este servicio permitirá diagnosticar el Síndrome de Ovario Poliquístico basado en los signos y síntomas que la paciente presente al momento de realizar su diagnóstico.

1.2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema que se pretende resolver con el desarrollo del presente trabajo es el siguiente:

¿Cómo se puede generar un diagnóstico preventivo, confiable y rápido del Síndrome de Ovario Poliquístico para la paciente?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema Experto que permita el diagnóstico el Síndrome de Ovario Poliquístico en dispositivos móviles, que permita determinar el fenotipo que padece y sus recomendaciones y/o cuidado.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener conocimiento amplio y detallado sobre el Síndrome de Ovario Poliquístico de experto Ginecólogo, artículos y libros médicos, para la elaboración de la base de conocimiento e implementar en el Sistema Experto.
- Diseñar una base de conocimiento utilizando reglas, basado en la experiencia de un ginecólogo para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico.
- Diseñar el prototipo del Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico.
- Desarrollar el prototipo del Sistema Experto en una aplicación que permita diagnosticar el Síndrome de Ovario Poliquístico.
- Fomentar e impulsar a la población en general y en especial a las mujeres a hacer uso de la tecnología al cuidado de la salud y prevención de complicaciones del Síndrome de Ovario Poliquístico.
- Verificar la confiabilidad y la facilidad de uso del Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico.

1.4. HIPÓTESIS

El Sistema Experto permite el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, a un nivel de confianza del 90%, sirviendo como una herramienta a la paciente de manera confiable, preventiva y rápida.

1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.4.1.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Diagnóstico confiable, preventivo y rápido para la paciente.

1.4.1.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico.

1.5. JUSTIFICACIONES

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La implementación de un Sistema Experto basado en conocimiento se ha extendido a varios sectores de la medicina, incluso actualmente se realizan investigaciones sobre los sistemas expertos aplicados a la medicina. Sin embargo, el trabajo de tesis a realizar, ayudará a que sea más sencillo poder acceder al cuidado de la salud además de que permitirá diagnosticar los fenotipos del Síndrome de Ovario Poliquístico y pueda tratarse de manera oportuna.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La presente tesis permitirá la evaluación de mujeres con falta de tiempo y que no cuenten con la posibilidad de acceder a especialistas por distintos factores, facilitando el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico a tratarse previo a corroborar los resultados, con los análisis correspondientes.

El Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, será una importante herramienta de consulta para la población que lo necesite, no solo por su accesibilidad, sino también porque permitirá su prevención y/o tratamiento con un profesional de manera oportuna tras los resultados que esta pueda indicar, de esta manera incentivar el enfoque en la salud mediante la tecnología.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El desarrollo del Sistema Experto para la detección del Síndrome de Ovario Poliquístico económicamente es factible, los gastos no son muy elevados en comparación con los beneficios que podrá brindar a los usuarios que utilizaran la aplicación Android.

El desarrollo de una aplicación para la sociedad constituye una disminución económica considerable, referente al diagnóstico de posibles complicaciones que tuviera si no es diagnosticado a tiempo el Síndrome de Ovario Poliquístico, por lo cual será de beneficio para la salud y además así la paciente podrá hacer un tratamiento confiable según su caso con un Ginecólogo.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

En la presente tesis de grado se aplicará el uso del conocimiento de un experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico. Actualmente la Inteligencia Artificial ha tenido importantes avances científicos y ramas de aplicaciones como los Sistemas Expertos, Machine Learning entre otros. En aporte a lo científico se desarrollará una Aplicación Móvil que actualmente es de uso cotidiano, además de que este inmerso en el avance en la medicina e informática.

1.6. ALCANCES Y LÍMITES

1.6.1. ALCANCES

- Desarrollar una aplicación móvil basado conocimiento, a través de preguntas de los signos y síntomas que presente la paciente.
- Los síntomas serán procesados por el sistema el cual realizara los procesos adecuados para las diagnosticar el Síndrome de Ovario Poliquístico mediante conocimiento científico.
- El sistema pretende realizar diagnósticos solo en pacientes mujeres a partir de la primera regla menstrual, ya que desde ese momento las mujeres son propensas a padecer del Síndrome de Ovario Poliquísticos.
- El prototipo del Sistema Experto presentará una interfaz sencilla y amigable orientada para que pueda ser manipulado fácilmente por la paciente.
- El Sistema Experto preservará el conocimiento de un experto Ginecólogo.

1.6.2.1. ALCANCE GEOGRÁFICO

La aplicación desarrollada será para toda la sociedad, sin embargo, se realizará las pruebas en la Ciudad de La Paz.

1.6.3. LÍMITES

- El Sistema Experto no pretende reemplazar al Ginecólogo.
- La aplicación solo determinara un diagnóstico de manera preventiva, es decir que, para corroborar el diagnóstico, deberá comprobarlo y/o realizarse análisis con un Ginecólogo y tratarse de acuerdo a su estado de salud.
- El Sistema Experto no brinda tratamiento farmacológico a la paciente.
- El prototipo del Sistema Experto solo estará disponible para dispositivos móviles con sistema operativo Android.
- El Sistema Experto solo usará información recopilada: libros, artículos, investigaciones y experiencia médica del Ginecólogo en cuanto a signos y síntomas, por lo cual no sistematiza, ni reemplaza la variedad de exámenes de laboratorio.

1.7. APORTES

1.7.2. PRÁCTICO

El presente trabajo dejara un beneficio al cuidado de la salud, este Sistema Experto representa un gran beneficio para las mujeres, debido a que por diferentes circunstancias no recurren a realizarse revisiones y/o consultas con el especialista Ginecólogo a tiempo y a consecuencia de estas pueda complicarse el estado de salud de la paciente.

1.7.3. TEÓRICO

Para realizar el presente trabajo, se contará con la asesoría de expertos Ginecólogos que, con su experiencia y una variedad de fuentes de información como libros, artículos, trabajos de investigación, entre otros, nos permitirá que el sistema propuesto funcione con la confiabilidad deseada.

De esta manera, todo el conocimiento adquirido de las fuentes mencionadas será debidamente documentado, y servirá como base de información en investigación de proyectos futuros relacionadas al tema.

1.8. METODOLOGÍA

1.8.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, aplicaremos:

- **Investigación de Campo**

Para el desarrollo del presente trabajo, se requiere de un estudio de campo nos lleva a sumergirnos en el ambiente de los usuarios (pacientes) y nos permite informarnos sobre los signos y síntomas que no podríamos descubrir si no padecemos de las mismas. Además de apoyarnos con la documentación respecto al tema de estudio, las pruebas de usabilidad y encuestas nos pueden ayudar a complementar la recolección de información y datos, la investigación de campo nos ayuda a integrar toda la información recopilada y a su vez sintetizarla para un mayor uso y beneficio.

- **Método Científico**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se implementará este método debido a que está ligado a la realidad de dominio de la ciencia, al conocimiento y la experiencia, para llevar la investigación de una teoría a una solución.

La presente tesis se cimienta en el diagnóstico asistido por un dispositivo móvil, el cual compara un Sistema Experto y el conocimiento profesional, empleados para mejorar la interpretación médica, dado como resultado un diagnóstico confiable, preventivo y rápido, el cual facilitará llegar de manera óptima al objetivo.

Para lo cual se requiere de toda una investigación tanto en documentación, como

- Diseño y modelado del procesamiento basado en conocimiento del Ginecólogo virtual.
- Implementación de los conceptos de un profesional ginecólogo, información proporcionada y toda la investigación realizada.
- Análisis de resultados obtenidos.
- Generación de diagnóstico para el Síndrome de Ovario Poliquístico tras resultados obtenidos de las reglas de inferencia, para el conocimiento experto que se tiene.

1.8.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Para desarrollar el presente trabajo de investigación, aplicaremos:

- **Metodología Buchanan**

Esta metodología se basa en la adquisición de conocimiento de distintas fuentes, como: revistas, artículos, y expertos en el área. Esta metodología está compuesta de fases: Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación, Testeo y Revisión del prototipo.

- **Metodología Mobile-D**

Esta es una metodología ágil, exclusivamente para el desarrollo de aplicaciones móviles, que permite interactuar constantemente entre el desarrollador con el cliente, así como de responder rápidamente a los cambios que se puedan producir durante la etapa de desarrollo del proyecto, permitiendo la reducción de tiempos de producción.

La metodología Mobile-D consta de cinco fases: Exploración, Iniciación, Producción, Estabilización y Prueba del sistema. Asimismo, cada una de estas fases tiene un número de etapas, tareas y prácticas asociadas.

2. CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.8. APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

La comprensión básica de la anatomía y fisiología del aparato reproductor femenino se considera fundamental para el entendimiento de la sexualidad humana.

La anatomía de aparato reproductor femenino está compuesta por: la vagina, el útero, las trompas de Falopio y los ovarios. Sin embargo, nos enfocaremos en el estudio del ovario.

2.8.1. OVARIO

Según Carvajal & Barriga (2019) el ovario es la gónada femenina productora y secretora de hormonas sexuales y óvulos. Son estructuras pares con forma de almendra, con medidas de 1x2x3 cm. en la mujer fértil, aunque varía durante el ciclo, y un peso de unos 6 a 7 gramos, de color rojo grisáceo, fijados a ambos lados del útero por el ligamento ancho del útero. Los ovarios femeninos son el equivalente a los testículos masculinos.

En el estroma ovárico encontramos los folículos primordiales que madurarán, gran cantidad de vasos sanguíneos, tejido elástico y tejido conjuntivo laxo. El ovario, además de producir óvulos, segrega un grupo de hormonas, estrógeno y progesterona.

Las hormonas inducen y mantienen los cambios físicos de la pubertad y las características sexuales secundarias, apoyan la maduración del endometrio uterino a la espera de una posible implantación de un óvulo fecundado.

Así mismo, suministran las señales adecuadas al hipotálamo y la pituitaria para mantener el ciclo menstrual. Los estrógenos tienen un papel preponderante en el mantenimiento de la grasa subcutánea, la fortaleza de los huesos y algunos aspectos de las funciones cerebrales (Carvajal & Barriga, 2019).

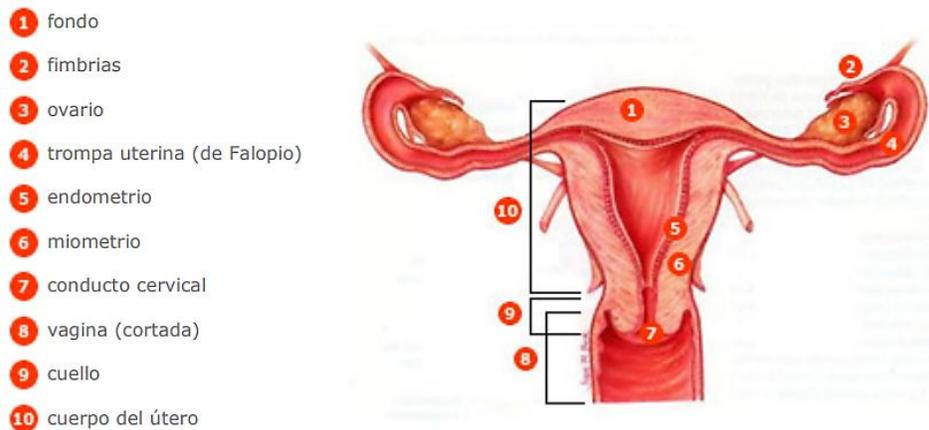


Figura 2. Órganos genitales internos.

Fuente G. Thibodeau, K. Patton (1998).

Durante la vida fértil femenina (la cual empieza en la pubertad), cada ovario desarrolla un óvulo alternadamente en ciclos de (ovulación) de aproximadamente 28 días, momento en el cual lo libera.

Los óvulos tienen que atravesar un pequeño espacio para entrar en las trompas de Falopio y dirigirse gradualmente hacia el útero donde, si es fecundado por un espermatozoide se implantará, se convertirá en cigoto y posteriormente en embrión (Carvajal & Barriga, 2019).

2.8.2. CICLO OVÁRICO

Según Carvajal & Barriga (2019) en ambos ovarios antes del nacimiento, se posee un millón de óvulos maduros (ovocitos), a los 13 años existen 400.000, de los cuales unos 400 llegarán a madurar para convertirse en óvulos. La maduración de los ovocitos se produce gracias a que la hormona estimulante del folículo, desarrolla a varios folículos, de los cuales sólo se seleccionará uno, el resto involucionarán y se transformarán en un folículo atresico.

El ciclo menstrual varía entre 15 y 32 días, el primer día del ciclo es el primer día de flujo menstrual (día 0) conocido como menstruación. Durante la menstruación el endometrio uterino es destruido y eliminado como flujo menstrual. Las hormonas Hormona Estimulante del Folículo (FSH) y Hormona Luteinizante (LH) se segregan en el día 0, comenzando tanto el ciclo ovárico como el menstrual.

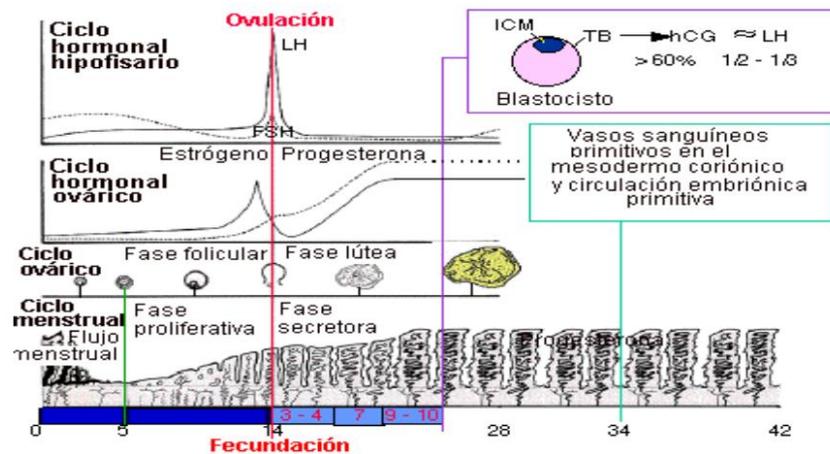


Figura 3. Ciclo ovárico.

Fuente G. Thibodeau, K. Patton (1998).

La FSH y la LH estimulan la maduración de un solo folículo en uno de los ovarios y la secreción de estrógenos. La elevación del nivel de estrógenos en sangre produce

la secreción de LH, que estimula la maduración del folículo y la ovulación (día 14, o mitad del ciclo). La LH estimula al folículo remanente a formar el cuerpo lúteo, que produce tanto estrógeno como progesterona.

El estrógeno y la progesterona estimulan el desarrollo del endometrio y la preparación del endometrio uterino para la implantación del cigoto. Si no hubo embarazo, la caída de los niveles de FSH y LH hacen que se desintegre el cuerpo lúteo.

La caída de los niveles hormonales también causa la eliminación del endometrio necrotizado, por una serie de contracciones musculares del útero.

2.9. OVARIOS POLIQUÍSTICOS

Para Dorante & Martínez & Morales (2012) Una mujer es diagnosticada con ovarios poliquísticos si se identifica 12 o más folículos en al menos un ovario, que midan entre 9 y 12 mm de diámetro y/o un volumen ovárico mayor a 10 cm cúbicos, por ultrasonido de preferencia transvaginal especialmente en mujeres obesas.

El momento ideal para realizar el examen es en la fase folicular temprana del ciclo menstrual (días 3 al 5 del ciclo), si la mujer no menstrua, se lo realizará en cualquier momento. Estos criterios no se aplican en mujeres que ingieren anticonceptivos orales (ACO) ya que se modifica la morfología ovárica en mujeres sanas, como en las mujeres con SOP.

Los ovarios poliquísticos no son exclusivos del SOP y pueden estar presentes en el 22% en mujeres sanas con ciclos menstruales regulares y sin SOP. En adolescentes,

la poliquistosis ovárica es un hallazgo común por lo que la ecografía no constituye una investigación de primera línea en mujeres menores de 17 años.

Por ello, una ecografía anormal no debe ser empleada de forma aislada para establecer el diagnóstico sin otras características clínicas, de igual forma, su normalidad no lo descarta. De encontrarse ovarios poliquísticos sin la presencia de oligoanovulación ni hiperandrogenismo, no debe diagnosticarse SOP.

El nivel sérico de la hormona antimulleriana (AMH), es un marcador diagnóstico útil para el SOP, se correlaciona con los criterios diagnósticos convencionales y la combinación del nivel de AMH con oligo/amenorrea y/o hiperandrogenismo aumenta considerablemente la capacidad diagnóstica del SOP.

Los niveles séricos de AMH varían significativamente en los principales fenotipos del SOP, lo que puede servir como una herramienta fiable para caracterizar, monitorear y pronosticar la gravedad del síndrome.

2.10. SÍNDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO

El Síndrome de Ovario Poliquísticos (SOP) representa una de las endocrinopatías más frecuentes en la mujer y es la principal causa de hiperandrogenismo (HA). Se trata de un trastorno complejo, multifactorial, poligénico con influencias ambientales, altamente prevalente.

Según Vanhauwaert (2020) Una de las manifestaciones del SOP es la infertilidad, y hoy es la primera causa de infertilidad por anovulación, representando aproximadamente el 80% de los casos, con una incidencia del 6-10% en mujeres en

edad reproductiva. Las alteraciones del SOP en su mayoría son tratables y el diagnóstico temprano de las pacientes mejora su pronóstico reproductivo.

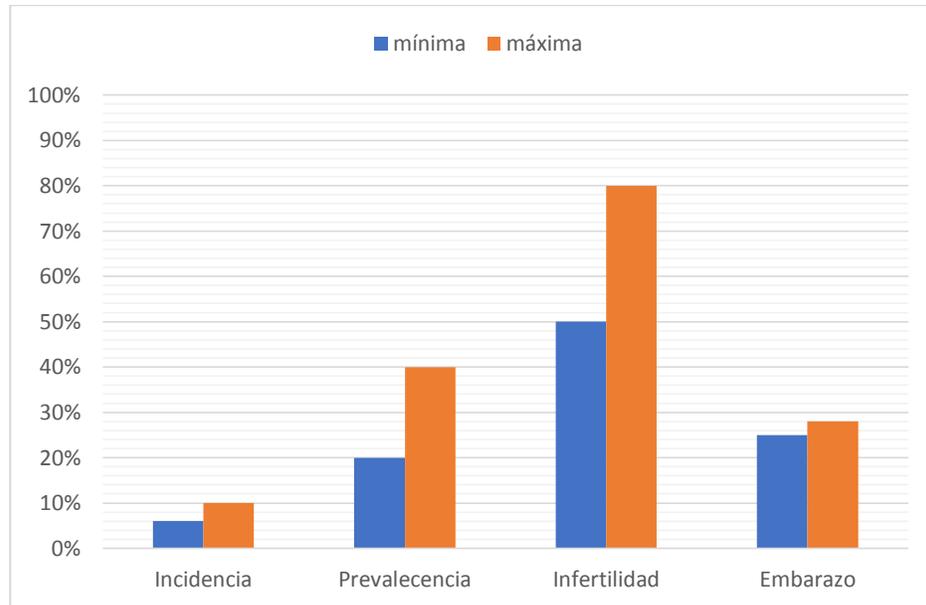


Figura 4. Manifestaciones del Síndrome de Ovario Poliquístico.

Fuente: Elaboración propia.

Según Winnykamien & Dalibón & Knoblovits (2017) aunque se han propuestos diferentes criterios para su diagnóstico, se prefiere el uso del más abarcativo (Criterio de Rotterdam) con la presencia de 2 de 3 de los siguientes:

- 1) Hiperandrogenismo clínico o bioquímico
- 2) Oligoanovulación crónica (OA)
- 3) Poliquistosis ovárica, excluyendo otras etiologías.

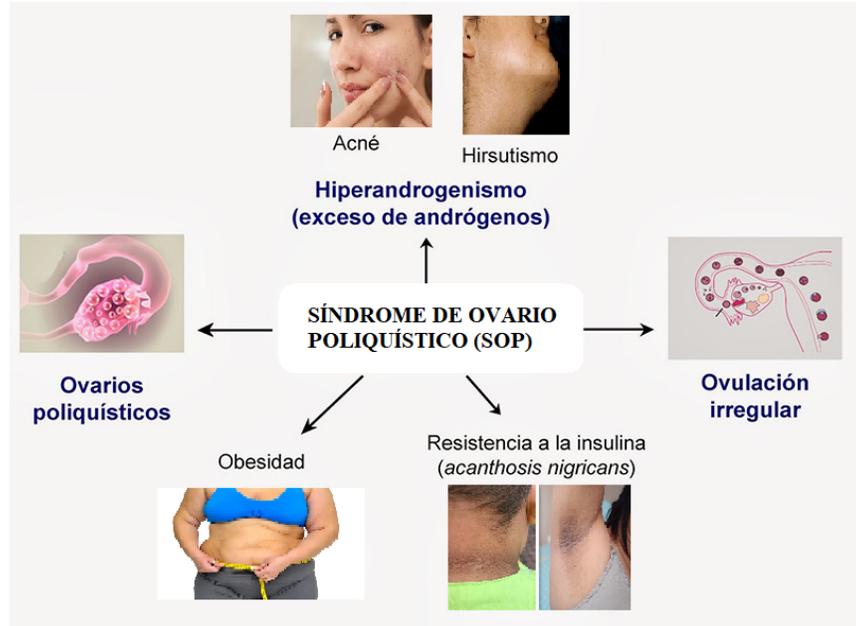


Figura 5. Características Síndrome de Ovario Poliquístico.

Fuente: Elaboración propia.

Si bien en los Criterios de Rotterdam solo tiene 3 criterios, también a esta se considera el criterio de la Resistencia a la Insulina, siendo un indicador bastante frecuente en los últimos años.

Es frecuente su asociación con comorbilidades metabólicas (obesidad, diabetes II, dislipidemia, apnea del sueño, etc.) y trastornos reproductivos (hiperplasia endometrial e infertilidad), sobre todo en los fenotipos clásicos, con Hiperandrogenismo y Oligoanovulación crónica.

El tratamiento estará orientado a las características clínicas de cada paciente y al deseo reproductivo. La pérdida de peso en aquellas con sobrepeso u obesidad o ambos factores puede restaurar los ciclos menstruales y disminuir el riesgo metabólico y representa la primera línea de tratamiento.

Los anticonceptivos orales (ACO) son el tratamiento farmacológico de elección ya que atenúan las manifestaciones de HA y ofrecen protección endometrial. En las pacientes con oligoanovulación que buscan embarazo, el citrato de clomífero es el tratamiento aconsejado en primera instancia.

La metformina podría usarse en aquellas con intolerancia a la glucosa o diabetes II y también como segunda línea de tratamiento para restaurar los ciclos e inducir la ovulación.

2.10.1. CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DEL SOP

Según Winnykamien & Dalibón & Knoblovits (2017) este síndrome fue inicialmente descrito por Stein y Leventhal en 1935 frente al hallazgo de 7 mujeres con amenorrea, hirsutismo, obesidad y ovarios de gran tamaño, con múltiples quistes de 5-10 mm situados en la zona subcortical, desorden que llegó a ser conocida como poliquistosis ovárica. Más tarde, estudios bioquímicos, clínicos y endocrinológicos permitieron conocer la existencia de alteraciones subyacentes, condición que ahora se conoce como Síndrome de Ovario Poliquístico.

La primera definición fue elaborada en 1990 por el Instituto Nacional de la Salud (NIH) de los Estados Unidos, basada en opiniones de expertos, donde se define el SOP por la presencia tanto de HA (clínico o bioquímico) como de anovulación crónica manifestada por oligomenorrea o amenorrea con exclusión de otras afecciones que puedan originar irregularidades menstruales e hiperandrogenismo, sin embargo, estos criterios no tomaron en cuenta la morfología de los ovarios.

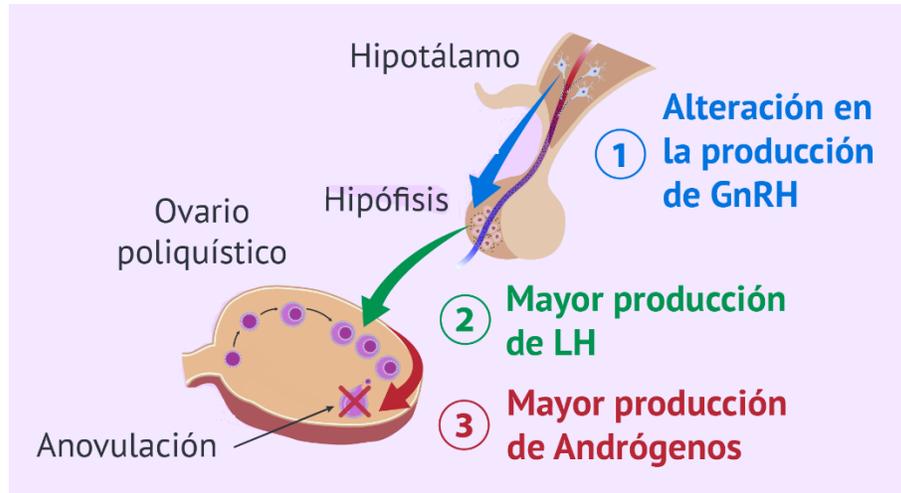


Figura 6. Causas Fisiológicas de la producción excesiva de Andrógenos (HA).

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2003 se reúnen 27 expertos en Rotterdam (Holanda) para elaborar el segundo Consenso, auspiciado por la Sociedad Europea de Reproducción Humana y Embriología (ESHRE) y la Sociedad Americana de Medicina Reproductiva (ASRM), donde se agrega la morfología ovárica por ecografía a los criterios tradicionales propuestos anteriormente.

El Consenso de Rotterdam establece que una paciente presenta SOP frente a la presencia de 2 de 3 de los siguientes factores:

- 1) Hiperandrogenismo clínico y/o bioquímico
- 2) Anovulación crónica por oligomenorrea o amenorrea
- 3) Ovarios poliquísticos por ultrasonido

Según Panata (2016) Al incluir la morfología del ovario como criterio diagnóstico se incrementó la dificultad para distinguir a las mujeres con SOP , tomando en

cuenta la presencia o ausencia de hiperandrogenemia, hirsutismo, oligoanovulación y ovarios poliquísticos, los criterios de Rotterdam reconoce 4 fenotipos:

SOP severo (Fenotipo A)

Este fenotipo incluye hiperandrogenemia alta (hiperandrogenismo bioquímico), oligoanovulación, ovarios poliquísticos y resistencia a la insulina. Es el fenotipo más común entre las mujeres con SOP, con una prevalencia del 61% y un alto riesgo de afecciones cardiovasculares y de diabetes tipo II a largo plazo.

Hiperandrogenismo y anovulación crónica (Fenotipo B)

Este fenotipo incluye hiperandrogenemia alta (hiperandrogenismo bioquímico), oligoanovulación, resistencia a la insulina y ausencia de ovarios poliquísticos. Con una prevalencia del 7% y un alto riesgo de desarrollar enfermedades crónicas.

SOP ovulatorio (Fenotipo C)

Este fenotipo incluye hiperandrogenemia alta (hiperandrogenismo bioquímico), aumento de la insulina circulante, ovarios poliquísticos y ciclo menstrual normal con ovulación. Constituye el 16% de los casos y el riesgo a largo plazo es desconocido.

SOP moderado (Fenotipo D)

Este fenotipo incluye hiperandrogenemia leve, oligoanovulación, ovarios poliquísticos y no resistencia a la insulina. Con una prevalencia y riesgo potencial a largo plazo desconocido.

Posteriormente, y a partir de la evidencia que demuestra que el Hiperandrogenismo, sería el factor más determinante en la fisiopatología del SOP y el indicador de mayor riesgo metabólico.

Tabla 1. Fenotipos del Síndrome de Ovario Poliquístico. Fuente Adaptado de Panata (2016).

| | Fenotipo A | Fenotipo B | Fenotipo C | Fenotipo D |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Hiperandrogenismo | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Anovulación | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Ovarios Poliquísticos | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Resistencia a la Insulina | ✓ | ✓ | ✓ | |

La Sociedad de Exceso de Andrógenos (AES-PCOS o Androgen Excess and PCOS Society), en el año 2006, reúne a 5 investigadores de Estados Unidos y 6 de Europa y Australia, quienes, luego de revisar la literatura, concluyen que el SOP es un trastorno predominantemente de exceso de andrógenos y su diagnóstico debe basarse en la presencia de HA (condición necesaria) en combinación con disfunción ovárica (es decir oligoanovulación o ecografía con poliquistosis), con exclusión de otras causas (Winnykamien et al, 2017).

Sin embargo, más allá de las patologías que se mencionaron anteriormente pueden existir otros factores dependientes de la edad, enfermedades de base, entre otros factores que pueden influir en el diagnóstico.

2.10.2. TRATAMIENTO DEL SOP

Según Checa (2016) para los fines prácticos el tratamiento del SOP lo podemos diferenciar según la mujer desee o no embarazo.

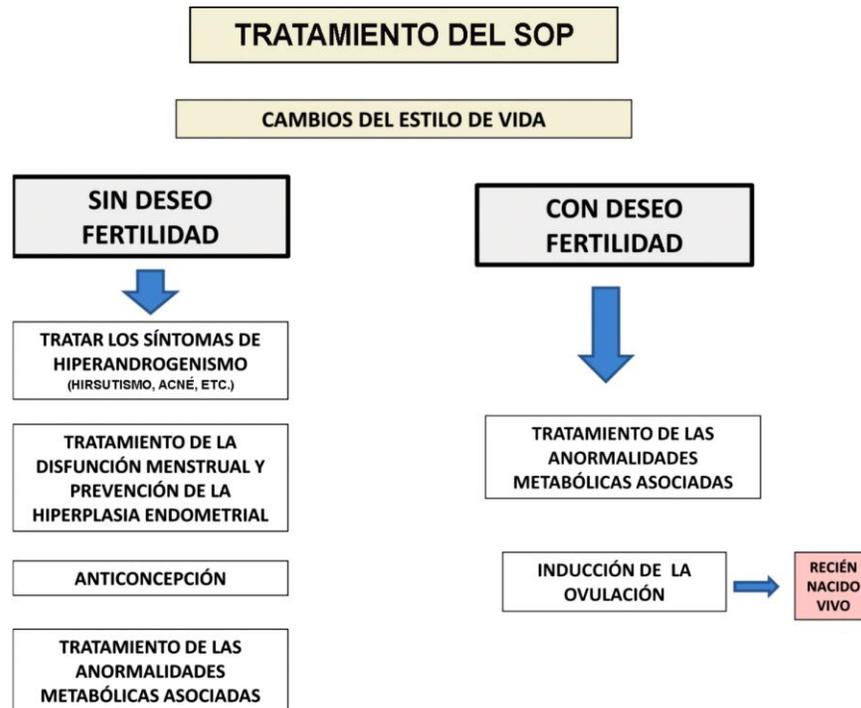


Figura 6. Tratamiento del Síndrome de Ovario Poliquístico.

Fuente Winnykamien (2014).

- **Sin deseo de Fertilidad**

Sin duda alguna la pérdida de peso y el ejercicio en estas pacientes son la primera medida que hay que seguir sobre todo en las pacientes obesas, una vez conseguida, la mayoría de los estigmas androgénicos asociados al SOP se reducen o desaparecen, si no ocurre así, habrá que utilizar las medidas farmacológicas.

Los tratamientos farmacológicos están dirigidos para los llamados trastornos metabólicos, como la anovulación, hirsutismo, y las irregularidades menstruales.

Para las alteraciones menstruales, acné e hirsutismo, los anticonceptivos hormonales son el tratamiento de primera línea, los cuales no sólo inhiben la producción ovárica de andrógenos, sino que también aumenta la producción hepática de la globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG).

Por lo tanto, el tratamiento de las pacientes sin deseo genésico va dirigido a paliar o reducir la sintomatología acompañante provocada por un aumento de la producción de los andrógenos y una mayor sensibilidad cutánea a ellos (Checa, 2006).

- **Con deseo de Fertilidad**

La insulinresistencia asociada a la obesidad está relacionada con un peor rendimiento de los tratamientos inductores de la ovulación, bajas tasas de embarazo y elevadas de aborto, mayor requerimiento de dosis de gonadotropinas, mayor tendencia a la respuesta multi folicular, mayor tasa de cancelación, etc.

La pérdida de peso puede restaurar las alteraciones hormonales asociadas al SOP (aumentan las concentraciones plasmáticas de SHBG y disminuyen las de insulina y andrógenos), con lo que se puede conseguir mejorar la función menstrual, la ovulación y, finalmente, el embarazo.

Una pérdida ponderal del 5-10% puede ser suficiente para restablecer la función ovárica y/o mejorar la respuesta a la inducción de la ovulación, por lo que la pérdida de peso debe considerarse la primera opción en mujeres con SOP obesas y con deseo gestacional (Checa, 2006).

2.11. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de las ciencias computacionales encargada de estudiar modelos de cómputo capaces de realizar actividades propias de los seres humanos en base a dos de sus características primordiales: El razonamiento y la conducta.

Según Shalkoff (1990) La IA es el estudio que busca explicar y emular el comportamiento inteligente en términos de procesos computacionales.

La IA es muy interdisciplinar, y en ella intervienen disciplinas tan variadas como la Neurociencia, la Psicología, las Tecnologías de la Información, la Ciencia Cognitiva, la Física, las Matemáticas, etc.

Hoy en día la Inteligencia Artificial, esta principalmente relacionada con actividades en las siguientes áreas de investigación:

- Redes Neuronales Artificiales
- Algoritmos Genéticos
- Realidad Virtual
- Vida Artificial
- Sistemas Expertos
- Lógica Difusa
- Visión artificial o Visión por Computador
- Reconocimiento del habla
- Procesamiento y reconocimiento de imágenes

Dentro de las ramas de aplicación de la Inteligencia Artificial que está inmersa dentro de las áreas de investigación anteriormente mencionadas, se tiene:

Sistemas Expertos, Machine Learning, Algoritmos genéricos, Deep Learning, Fuzzy Logic (Lógica Difusa), Redes neuronales Artificiales, Robótica y Natural Language Processing o Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP), como se muestra en la siguiente figura.

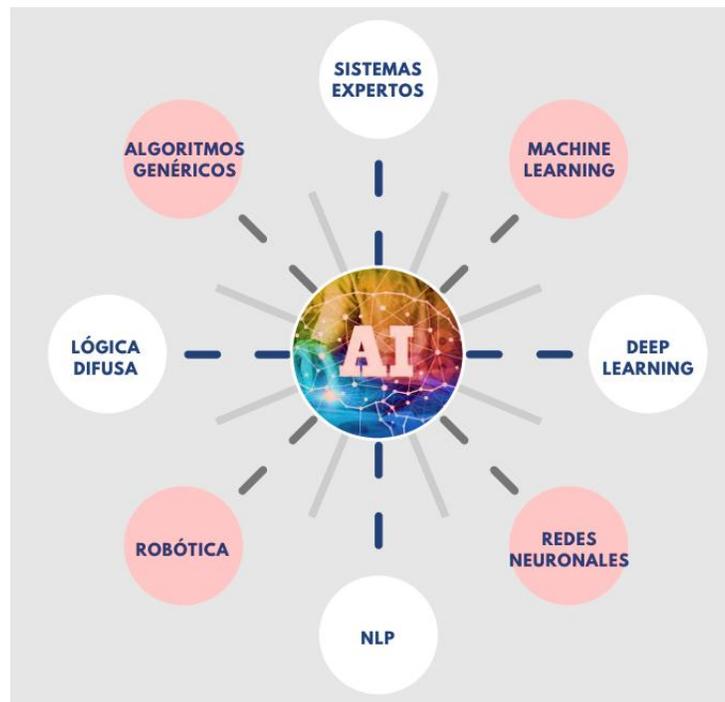


Figura 7. Ramas de aplicación de la Inteligencia Artificial (AI).

Fuente: Elaboración propia.

2.11.1. SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial que hace un amplio uso del conocimiento especializado para resolver problemas como un especialista humano.

El conocimiento de los Sistemas Expertos puede obtenerse por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en los medios exteriores

(introducidos por un experto, libros, etc.), es permitido llamar a un Sistema Experto como sistema basado en conocimiento o Sistema Experto basado en conocimiento.

Según Ruiz (2005) los Sistemas Expertos se deben realizar siguiendo ciertas reglas o pasos simples y específicos tanto que sean comprensibles y con eso de una u otra manera se pueda generar la explicación de temas que solo los expertos puedan explicar, es por eso que se pueden considerarse como intermediarios entre el experto humano que transmite su conocimiento al sistema y el usuario que lo utiliza para resolver un problema con la eficacia del especialista, para lograr esto el Sistema Experto utilizará el conocimiento que tenga almacenado.

Un Sistema Experto puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de determinada especialidad y muy estrechamente definida, solucionar un problema mediante la deducción lógica.

Representa la transmisión del procesamiento de datos al procedimiento de conocimiento y substituyendo al mismo tiempo los algoritmos por mecanismos de inferencia.

Según León (2007) los Sistemas Expertos son capaces de procesar gran cantidad de información razonar de forma determinista, tomar decisiones en base a los conocimientos almacenados y explicar los pasos ya realizados. Todo esto muestra un nivel de desempeño y fiabilidad comparable con el utilizado por un Experto Humano.

Debido a que estos sistemas manejan conocimiento es necesario que exista alguien que pueda extraerlo, interpretarlo, representarlo y manejarlo. Todas estas tareas son

las más importantes al momento de desarrollar cualquier Sistema Experto y para ello se necesita un Ingeniero del conocimiento el cual se encarga de dichas tareas.

Se recomienda el uso de Sistemas Expertos en aquellas áreas donde el sentido lógico e intuición no sean factores de prioridad, donde la cantidad de información es elevada y donde los expertos humanos son escasos.

2.11.2. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos siempre tratan de estar en contacto con las personas ya sean los usuarios finales como pueden ser doctores, ingenieros, militares y muchos más o bien los expertos que ayudan a su construcción, pero en cualquiera de los casos siempre tienen que seguir a la naturaleza del Sistema Experto.

Para Pignani (1998) considerando algunos tipos de Sistemas Expertos existen:

- **Sistemas Expertos basados en reglas**

Se caracterizan por trabajar mediante la aplicación de ciertas reglas para ello tienen que ir comparando resultados para poder aplicar una serie de nuevas reglas basadas en situación modificada, esto es, el sistema tiene reglas ya definidas donde en base a ellas genera resultados, pero esos mismos resultados los compara con nuevas reglas que van surgiendo por el paso del tiempo, para que los resultados se tengan actualizados se someten a esas nuevas reglas.

También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, esto se explica bien empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre

las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente (o una deducción de una evidencia existente) que apoye una hipótesis en particular.

Los sistemas expertos deterministas basados principalmente en reglas tiene una función, el estado actual que puede tener esté Sistema Experto depende del estado anterior para poder llegar a una conclusión necesita de acciones que se encuentran en el entorno, esto sucede cuando el usuario interactúa con el sistema y pueden ser formulados usando un conjunto de reglas que relacionen varios objetos bien definidos, un claro ejemplo de las reglas que pueden usar son los cuestionarios que utiliza un nutriólogo para poder llegar a una conclusión de que le conviene al paciente (hacer una dieta de grasas) es por eso que su razonamiento es lógico.

- **Sistemas Expertos basados en casos**

Es un sistema donde tiene un proceso de solucionar nuevos problemas basándose en las soluciones de problemas anteriores.

El Razonamiento basado en casos es una manera de razonar haciendo ciertas similitudes es por eso que se argumenta que el razonamiento basado en casos es más que un método que puede solucionar problemas cotidianos; para poder hacerlo necesita de un proceso el cual es:

1. **Recordar:** Dado un determinado problema, recordar los casos relevantes que pueden solucionarlo. Un caso consiste en un problema, una solución y típicamente anotaciones sobre como la solución fue llevada a cabo.

2. **Reutilizar:** Adaptar la solución del problema anterior a uno nuevo. Como casos anteriores que me ayudaron a resolver algún problema como puede adaptarlos a un nuevo caso.
3. **Revisar:** Una vez adaptado el problema probar la solución en el mundo real o en una simulación y si es necesario revisarla.
4. **Retener:** Después de que la solución ha sido adaptada satisfactoriamente para solucionar el problema dado, almacenar la experiencia resultante como un nuevo caso en la memoria.

Los razonamientos basados en casos, son sistemas en los que existe incertidumbre, es por eso que se necesita de la creación de un Sistema Experto para poder llegar a una conclusión justificada.

- **Sistemas Expertos basados en situaciones probabilísticas**

Una red bayesiana es un modelo probabilístico multivariado que relaciona un conjunto de variables aleatorias mediante un grafo dirigido que indica explícitamente influencia causal.

Gracias a su motor de actualización de probabilidades las redes bayesianas son una herramienta extremadamente útil en la estimación de probabilidades, pueden llegar a trabajar en la búsqueda de datos que representen un valor (los porcentajes de estudiantes que aprueban sus exámenes, la cantidad de misiles que aciertan el blanco en el primer intento, una muestra de las personas que consumen carbohidratos en exceso).

Además, son usadas en distintas aplicaciones tales como:

- Prevención del fraude.
- Prevención del abandono de clientes.
- Blanqueo de dinero.
- Estimación de cuentas.
- Representación de ventas.
- Porcentajes, muestras, comparaciones, entre muchas otras aplicaciones.

2.11.3. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

La estructura o arquitectura que presenta un Sistema Experto, establece los diferentes procesos que se pueden llevar adelante, cada Sistema Experto consiste de dos partes: el conocimiento (base de conocimiento) y el procesamiento o razonamiento (motor de inferencia) para que sea más fácil de entender a esto se le añade una interfaz de usuario y los componentes explicativos.

Según Pingnani (1998), un Sistema Experto como tal debe estar bien estructurado ya que su trabajo es muy difícil a continuación se muestra las partes principales de un Sistema Experto:

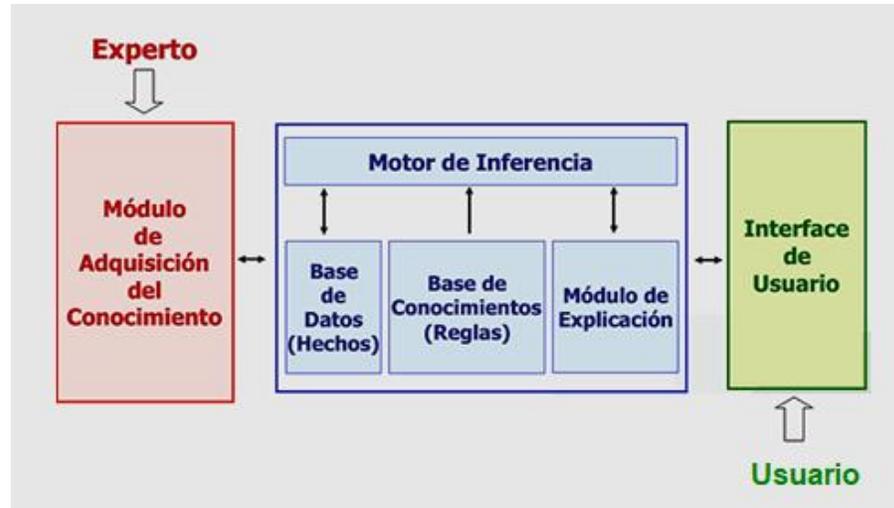


Figura 8. Estructura del Sistema Experto.

Fuente: Elaboración Propia.

2.11.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO

Elemento que almacena el conocimiento abstracto y lo pone a disposición del motor de inferencia para su posterior tratamiento. Además, este conocimiento se puede representar mediante un cálculo de predicados, listas, objetos, redes semánticas y/o reglas de producción.

Según Pignani (1998) aquí se encuentran los conocimientos del experto humano, en forma ordenada y estructurada, el tipo de conocimiento es permanente en el sistema.

Pueden existir tres tipos de conocimiento:

- El primer tipo de conocimiento, son las reglas, aquellas que se forman a partir de oraciones condicionales como un simple “if” “else” que existe en programación o un “si” “no” que existe en los arboles de decisión.

- El segundo tipo de conocimiento, son las afirmaciones y respuestas que son aquellas estructuras que engloban conocimiento predecible.
- El tercer tipo de conocimiento, son los hechos, estos son sucesos lógicos, cotidianos que pasan en la vida real.

Durante una consulta al Sistema Experto, el usuario introduce la información que se tiene del problema actual en la base de hechos y el sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimiento para deducir nuevos hechos.

2.11.3.2. MOTOR DE INFERENCIA

Según Pignani (1998) es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimiento procesando el conocimiento, es como el corazón del Sistema Experto, trabaja de la siguiente manera, teniendo la base de conocimiento completa es necesario ser ejecutada por un mecanismo de razonamiento y un control de búsqueda para resolver problemas.

Este mecanismo es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimientos entonces el motor de inferencia toma los hechos y los conocimientos para obtener nuevas conclusiones o hechos.

Las principales funciones del motor de inferencia son:

1. Determinación de las acciones que tendrá lugar, el orden en que lo harán y como lo harán entre las diferentes partes del Sistema Experto.

2. Determinar cómo y cuándo se procesarán las reglas, y dado el caso también la elección de que reglas deberán procesarse.
3. Control de dialogo con el usuario.
4. La decisión sobre los mecanismos de procesamiento de reglas, es decir, que estrategia de búsqueda se implementará, ya que es de vital importancia para efectividad del sistema en su conjunto.

2.11.3.2.1. REGLAS DE PRODUCCIÓN

Las conclusiones del Sistema Experto, se producen mediante la aplicación de reglas sobre los objetos y hechos presentes.

Es la manera más conocida e intuitiva de representación del conocimiento, la cual consiste en una estructura condicional que está relacionada lógicamente la información contenida en la parte denominada: antecedente o premisa, que son los parámetros a evaluar, con la información contenida en la parte denominada: consecuente o conclusión, que es el resultado tras evaluar los parámetros.

Una regla se representa bajo la forma:

| |
|---|
| SI (Antecedente/s) ENTONCES (Consecuente) |
|---|

De manera que, al considerar un diagnóstico, se evalúan una serie de signos y síntomas, que en el lenguaje lógico proposicional se denominarán premisas, que pasan por una serie de reglas, y finalmente llegan a un diagnóstico, que en un lenguaje lógico proposicional se denominará conclusión.

Entonces, la representación anterior quedaría de la siguiente manera:

| |
|---|
| SI (Premisa/s) ENTONCES (Conclusión) |
|---|

El uso de reglas de producción facilita la creación y modificación de la base de conocimiento. Cuantas más reglas se consideren más potente es el sistema, aunque el incremento del número de reglas aumenta, a su vez, la dificultad de verificar la coherencia de la base de conocimiento.

2.11.3.2.2. ENCADENAMIENTO DE REGLAS

Es una de las estrategias de inferencia más utilizadas para que un Sistema Experto obtenga conclusiones compuestas, puede utilizarse cuando las conclusiones de ciertas reglas coinciden con las premisas de otras.

Cuando las reglas se encadenan, los hechos pueden utilizarse para dar lugar a nuevos hechos, repitiéndose el proceso hasta que no puedan obtenerse más conclusiones.

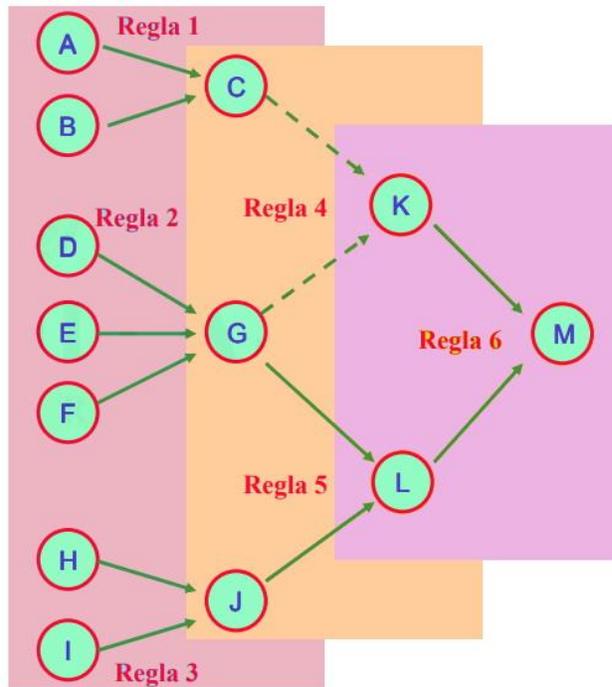


Figura 9. Encadenamiento de reglas.

Fuente: Elaboración Propia.

2.11.3.3. BASE DE HECHOS

Pignani (1998) describe a la base de hechos como una memoria temporal de trabajo que almacena los datos del usuario, datos iniciales del problema y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del proceso de resolución. Contiene información sobre el problema particular que el Sistema Experto debe resolver.

2.11.3.4. INTERFAZ DE USUARIO

Según Pignani (1998) es la comunicación entre el Sistema Experto y el usuario final por ello es necesario mostrar y obtener información de forma clara, fácil y agradable, sirve para que se pueda realizar una consulta en un lenguaje lo más natural posible. Este componente es la forma en la que el sistema se presenta ante el usuario.

Requisitos o características de la interface que se presenta al usuario al desarrollar el Sistema Experto:

1. Manejo rápido.
2. Debe evitarse en lo posible la entrada de datos erróneos.
3. Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario.
4. Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles.

2.11.3.5. MODO DE EXPLICACIÓN

Pignani (1998) indica que es importante en la etapa de desarrollo ya que aporta considerablemente al ingeniero del conocimiento para refinar el funcionamiento del motor de inferencia y al experto a la hora de construir y verificar la coherencia de base de la base del conocimiento.

Explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas las soluciones descubiertas por los expertos deben poder ser repetibles, esto es, las conclusiones deben de ser congruentes, exactas, congruentes, exacta en los resultados.

El usuario puede pedir explicación de las conclusiones obtenidas o de las acciones que realiza el Sistema Experto. Por ello es que el sistema necesita de un componente que explique el proceso que realiza el motor de inferencia.

2.11.4. VENTAJAS DE UN SISTEMA EXPERTO

Según Pignani (1998) el desarrollo de un Sistema Experto proporciona la capacidad de trabajar con grandes cantidades de información, que son uno de los grandes

problemas que enfrenta el analista humano que puede afectar negativamente a la toma de decisiones, el analista humano que puede afectar negativamente a la toma de decisiones pues el analista humano puede depurar datos que no considere relevantes, mientras un Sistema Experto debido a su gran velocidad de proceso analiza toda la información incluyendo los no útiles para de esta manera aportar con una decisión más sólida.

- A diferencia de un experto humano un Sistema Experto no envejece y por lo tanto no sufre pérdida de facultades en el transcurso de los años.
- Un Sistema Experto puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que un ser humano.
- A pesar que el costo inicial o costo de desarrollo pueda ser elevado, gracias a la replicación el costo final es bajo.
- Los Sistemas Expertos puede trabajar en un entorno peligroso o dañino para el ser humano.
- Están siempre disponibles en cualquier momento o lugar.

2.12. DISPOSITIVOS MÓVILES

2.12.1. SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Según Robledo (2014) es un sistema operativo multidispositivo, inicialmente diseñado para teléfonos móviles. En la actualidad se puede encontrar también en múltiples dispositivos, como ordenadores, tabletas, GPS, televisores, discos duros multimedia, mini ordenadores, cámaras de fotos, etcétera. Incluso se ha instalado en

microondas y lavadoras. Está basado en Linux, que es un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

Fue adquirido por Google en 2005 cuando compro la firma Android Inc. Con el fin de asegurar que un sistema operativo para móviles (OS), pudiera ser creado y mantenido en una plataforma abierta, desde entonces Google invierte cada año una gran cantidad de tiempo y recursos en el proyecto Android.

Ya que ha demostrado ser un negocio muy beneficioso, no solo para Google, ya que, sólo en el tercer trimestre de 2012 se comercializaron 136 millones de aparatos con este software y a nivel mundial alcanzó una cuota de mercado del 50,9% durante el cuarto trimestre de 2012, más del doble que iOS de Apple, Inc. Sino también para cualquier programador de aplicaciones para dispositivos móviles, en vista de que los usuarios de Android pueden no saber quién es el programador, pero saben lo que es Google y confían en él.

Debido a que su aplicación reside en el Android Market (que es controlado por Google) y/o Google Play, Google asume la responsabilidad sobre la calidad de su aplicación y por lo tanto de su distribución.

Mucho se podría decir sobre el creciente uso de Android, en sistemas embebidos. A pesar de que Android desplaza a Microsoft Windows y otros sistemas operativos propietarios en cuanto a número de aplicaciones que se ejecutan en teléfonos móviles y tabletas, por tanto, Google sigue siendo profundamente desinteresado frente a su competencia.



Figura 10. Sistema Operativo Móvil Android.

Fuente: Elaboración propia.

2.12.2. CARACTERÍSTICAS SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Para Robledo (2014) las características del sistema operativo Android son:

Tabla 2. Características sistema operativo Android. Fuente (Robledo, 2014).

| CARACTERÍSTICAS SISTEMA OPERATIVO ANDROID | |
|---|------------------------|
| Desarrollado por | Open Handset Alliance |
| Tipo de Sistema Operativo | Multitarea |
| Desarrollo de Software | Código Abierto |
| Núcleo | Kernel de Linux |
| Desarrollado en | Java (UI), C, C++ |
| Versión actual | 11.0.0 |
| Tienda de aplicaciones | Google Play |
| Licencia | Apache 2.0 y GNU GPL 2 |
| Entorno de desarrollo | Android Studio |
| Lenguajes de programación | Java, Kotlin |

2.13. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

2.13.1. METODOLOGÍA BUCHANAN

Uno de los primeros métodos de desarrollo estructurado de sistemas inteligentes fue el propuesto por Buchanan y otros autores en 1983.

Palma & Martín (2008) según estos autores la adquisición del conocimiento de un sistema inteligente, y por extensión la construcción de todo el sistema, podía dividirse en las cinco fases: identificación, conceptualización, formalización, implementación, testeo y revisión del prototipo.

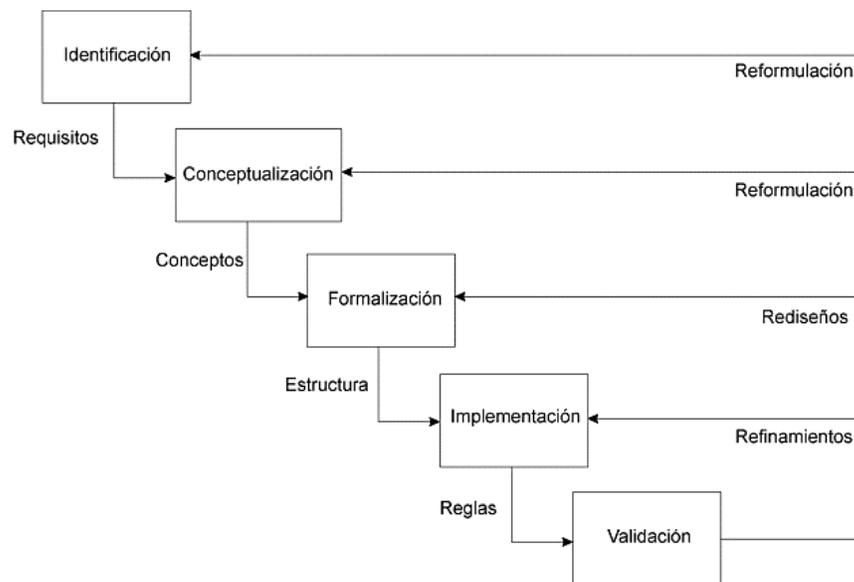


Figura 11. Fases de la Metodología Buchanan.

Fuente: J. Palma, M. Marín (2008).

Sin embargo, el proceso real no está tan bien definido como puede sugerir la figura anterior, y más bien representa una aproximación a las distintas y complejas fases que se llevan a cabo a la hora de desarrollar un sistema inteligente, y que pueden variar de una situación a otra.

2.13.1.1. FASES DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN

Según Palma & Marín (2008) la descripción de cada una de estas fases es la siguiente:

2.13.1.1.1. IDENTIFICACIÓN

Fase mediante la que se reconocen aspectos importantes del problema, como son los participantes (expertos del dominio, ingenieros del conocimiento y futuros usuarios), las características del problema (tipo, sub tareas de que se compone, terminología a utilizar, aspectos fundamentales, etc.), los recursos disponibles (fuentes de conocimiento, facilidades computacionales, tiempo de desarrollo, financiación, etc.), y las metas a alcanzar (formalizar conocimiento experto, distribuir experiencia, ayudar a la formación de nuevos expertos, etc).

2.13.1.1.2. CONCEPTUALIZACIÓN

Fase mediante la que se trata de organizar el conocimiento según un esquema conceptual. El experto y el ingeniero del conocimiento tratan de encontrar conceptos que representen el conocimiento del experto, al mismo tiempo que intentan determinar cómo es el flujo de información durante el proceso de resolución de problemas.

2.13.1.1.3. FORMALIZACIÓN

Esta fase consiste en traducir los conceptos clave, los sub problemas, y las características del flujo de información, identificados durante la fase anterior, en representaciones formales basadas en herramientas o esquemas de la ingeniería del conocimiento.

Aunque no aparece en el trabajo original de Buchanan, es común incluir una fase de Elicitación después de la fase de formalización. En esta fase se lleva a cabo la extracción del conocimiento mediante un soporte físico que es consistente con la información obtenida durante los procesos de identificación y conceptualización.

2.13.1.1.4. IMPLEMENTACIÓN

En esta fase, el ingeniero de conocimiento formula reglas, y estructuras de control, que representan los conceptos y el conocimiento formalizado. El resultado es un programa prototipo que nos permite comprobar si hemos conceptualizado y formalizado bien el conocimiento que el experto tiene sobre el problema.

2.13.1.1.5. TESTEO

Esta fase consiste en la evaluación del rendimiento del prototipo construido para encontrar errores o anomalías en la base de conocimientos o en los mecanismos de inferencia.

2.13.1.1.6. REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Esta fase consiste realizar las respectivas modificaciones, tras el testeo y pruebas del prototipo en una fase anterior, asegurando que el prototipo final, es el resultado deseado y cumple los requerimientos del usuario. Esta última fase va muy ligada a la fase anterior, formalizando una retroalimentación continua en el desarrollo.

Autores posteriores, como Mayrhauser, señalan que las retroalimentaciones pueden aparecer entre cualquier par de fases de la metodología. Así, por ejemplo, si el ingeniero del conocimiento no encuentra reglas adecuadas durante la implementación puede requerir una vuelta atrás y una reformulación del problema.

2.13.1.2. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN

Para Palma & Marín (2008) este método puede esquematizarse en seis etapas:

ETAPA 1: FAMILIARIZARSE CON EL PROBLEMA Y EL DOMINIO

Abarca buscar el problema desde la lectura de libros o artículos, las entrevistas o charlas con las personas familiarizadas con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema.

ETAPA 2: DELIMITAR EL SISTEMA

El objetivo es identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto de campo y el ingeniero de conocimiento definen el alcance del Sistema Experto, es decir, que problemas va a resolver concretamente el Sistema Experto.

ETAPA 3: OBTENER LA ESTRUCTURA DE INFERENCIA DEL SISTEMA EXPERTO

Con el problema adecuadamente definido el ingeniero de conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema, es útil para la tarea de diseño, construcción y para posteriores modificaciones del sistema.

El ingeniero de conocimiento debe prestar atención al experto de campo para encontrar la estructura básica que el experto utiliza para resolver el problema.

El ingeniero de conocimiento además debe reconocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos establece primero, que tipos de preguntas realiza primero, si define supuestos inicialmente sin bases con información tentativa, como determina el experto que pregunta debe usar para refinar sus suposiciones y en qué orden el experto prosigue con cada sub tarea y si ese orden varía según el caso.

La estructura del conocimiento indica que tareas y términos está usando y la estrategia indica cómo y cuándo el Sistema Experto debe establecerlas.

ETAPA 4: DEFINIR EL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO

El ingeniero de conocimiento debe formalizar el conocimiento obtenido del experto. Esta tarea implica definir que arquitectura permitirá una mejor organización del conocimiento. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuados para la aplicación particular.

El ingeniero de conocimiento deberá a medida que se desarrolla el prototipo, 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.

ETAPA 5: DEPURAR EL SISTEMA PROTOTIPO

Se refina el sistema prototipo, depurado 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.

ETAPA 6: OPTIMIZAR EL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO

Cuando el sistema prototipo ha crecido tanto que resulta difícil de manejar el ingeniero de conocimiento rediseña un sistema más eficiente. Este nuevo sistema deberá refinarse y extenderse a fin de completar así el desarrollo del Sistema Experto. Esto es transformar efectivamente el sistema prototipo en un Sistema Experto aplicable.

2.13.2. METODOLOGÍA MOVILE-D

La metodología Mobile-D, es una metodología ágil para el desarrollo de aplicaciones móviles, que permite interactuar constantemente entre el desarrollador con el cliente, así como de responder rápidamente a los cambios que se puedan producir durante la etapa de desarrollo del proyecto, permitiendo la reducción de tiempos de producción.

Según Amaya (2013), la metodología Mobile-D consta de cinco fases:

- Exploración
- Iniciación
- Producción
- Estabilización

- Prueba del sistema

Cada una de estas fases tiene un número de etapas, tareas y prácticas asociadas.

- ✓ En la primera fase de Exploración, el equipo de desarrollo debe generar un plan y establecer las características del proyecto. Esto se realiza en tres etapas:

- Establecimiento de actores
- Definición del alcance
- Establecimiento de proyectos

Las tareas asociadas a esta fase incluyen el establecimiento del cliente (los clientes que toman parte activa, en el proceso de desarrollo), la planificación inicial del proyecto y los requisitos de recogida, y el establecimiento de procesos.

- ✓ En la siguiente fase de Iniciación, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo).

Esta fase se divide en cuatro etapas:

- La puesta en marcha del proyecto
- La planificación inicial
- El día de prueba y día de salida

- ✓ En la fase de Producción, se repite la programación de tres días (planificación, trabajo, liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades.

- Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano.
 - Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes.
 - Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación.
- ✓ En la fase de Estabilización, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante en los proyectos multi equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizarán tareas similares a las que debían desplegar en la fase de “producción”, aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.
- ✓ La última fase (Prueba y Reparación del sistema) tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos de cliente y se eliminan todos los defectos encontrados. (Amaya, 2013).

3. CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.INTRODUCCIÓN

Para diseñar, construir y desarrollar un Sistema Experto, es necesario seguir una metodología de desarrollo, en el presente trabajo se utiliza la metodología de Buchanan, además se realiza la aplicación de reglas de inferencia para representar algunos conocimientos inciertos a lo largo del trabajo.

3.2.DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROPUESTO

En el proceso de desarrollo de la aplicación del diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, se utilizará una combinación de la metodología Buchanan y la metodología Mobile-D.

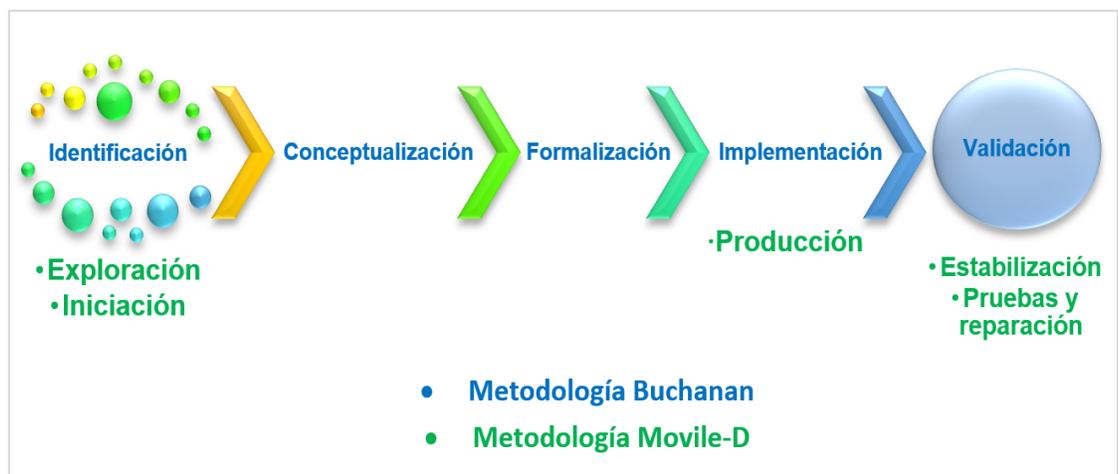


Figura 11. Combinación metodología Buchanan y movile-D.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando las etapas de la metodología Buchanan, donde en la etapa de Identificación se realiza el reconocimiento del problema, los encargados y

participantes que intervienen en el desarrollo del Sistema Experto, los medios que se usan y los requerimientos necesarios para su construcción. Así también se realiza la arquitectura propuesta del Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Síndrome de Ovario Poliquístico.

En la etapa de Conceptualización se realiza la adquisición del conocimiento aplicando técnicas como las entrevistas, encuestas y consultas a libros, revistas y artículos referentes al Síndrome de Ovario Poliquístico, obteniendo las conclusiones y definiciones más relevantes brindados por los expertos en el área.

Posteriormente en la etapa de formalización se realiza la descripción formal del conocimiento, es decir, se realizan distintas actividades como el diseño de la base de conocimiento que está compuesto por una base de hechos y de reglas, para dicha construcción es necesario identificar las variables de entrada, aplicando la regla si, entonces, para una mejor interpretación en los síntomas que se identifican para diagnosticar la enfermedad, se definen mediante la lógica proposicional. El diseño del motor de inferencia se realiza en base a las reglas planteadas.

En la etapa de Implementación el Sistema Experto es desarrollado en la plataforma Android Studio con lenguaje de programación Java, programando la base de hechos y la base de reglas para que el motor de inferencia pueda dar un diagnóstico final acorde a las patologías que se ingresen.

En la etapa de Testeo, se hace las respectivas pruebas al Sistema Experto con los casos analizados.

Finalmente, en la etapa de Revisión del prototipo se hace la mejora y el pulido del Sistema Experto, esta etapa se realiza durante las cinco etapas anteriores de la metodología haciendo retro evaluaciones en el desarrollo.

3.3.METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

Considerando como base todo lo investigado en el capítulo anterior, se pasará al diseño y desarrollo del Sistema Experto, para lo cual se adoptará la metodología Buchanan, de manera que se deberá adaptar al problema del diagnóstico de Síndrome de Ovario Poliquístico.

3.3.1. IDENTIFICACIÓN

En esta fase identificamos a los actores/elementos del Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, que a continuación definimos:

Experto Médico: Es la fuente fundamental de información con su amplio conocimiento, experiencia, síntomas, diagnóstico y el tratamiento, proporcionados por ginecólogos, enfermeros y estudiantes de medicina. Sin embargo, al conocimiento adquirido, se agrega la información de libros, revistas, artículos investigativos, entre otras.

Paciente: Es el encargado de dar uso y el objeto de estudio del Sistema Experto.

Ingeniero del conocimiento: Es el encargado de realizar el Sistema Experto para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, que analiza, estructura, formaliza y diseña todo el conocimiento adquirido por el experto, implementa y desarrolla el Sistema Experto.

Sistema Experto: Es el resultado de la implementación de los elementos anteriormente especificados, que sirva de herramienta preventiva para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico confiable, previniendo de posibles complicaciones de salud.

3.3.2. CONCEPTUALIZACIÓN

Siguiendo la metodología Buchanan la siguiente fase es la adquisición del conocimiento, esta etapa es la más complicada en el desarrollo de un Sistema Experto porque será la información que procesa el medico experto, como se utiliza, que factores considera y por qué los considera.

Siendo una parte fundamental la adquisición de conocimiento para el desarrollo del Sistema Experto donde se destacan las siguientes definiciones y/o información relevante:

- El Síndrome de Ovario Poliquístico, representa una de las endocrinopatías más frecuentes en la mujer caracterizada por hiperandrogenismo, disfunción ovulatoria y ovarios poliquísticos.
- Según el Criterio de Rotterdam existen 4 fenotipos, que varían de acuerdo a los síntomas que cada mujer padezca entre ellos tenemos:
Fenotipo A (SOP Severo), Fenotipo B (Hiperandrogenismo y anovulación crónica), Fenotipo C (SOP Ovulatorio) y Fenotipo D (SOP Moderado).
- Los criterios de diagnóstico con:
 - El peso, la estatura y la presión arterial.

- El índice de masa corporal (IMC).
- El perímetro abdominal (PA): Debe medir entre 80 a 88 cm.
- El índice cintura-cadera (ICC): Permite conocer la distribución de la grasa corporal total y se lo calcula dividiendo el perímetro en cm de la cintura a la altura de las costillas flotantes por el perímetro de la cadera en cm a nivel de los glúteos.
- Acantosis nigricans: Es la hiperpigmentación aterciopelada de color pardo oscuro de la piel, en zonas de pliegues como cuello, nuca, cara interna de los muslos, debajo de los senos, axilas y en áreas expuestas como los codos y los nudillos. En formas severas de SOP, la acantosis nigricans viene acompañada de resistencia a la insulina e hiperandrogenismo.
- La revisión de la tiroides, la búsqueda de estrías y galactorrea es también indispensable.
- Posteriormente a lo anterior, el estudio del paciente puede dividirse en tres fases:

Fase 1: El diagnóstico requiere de la exclusión de las etiologías que puedan ocasionar hiperandrogenismo e irregularidades menstruales, desordenes que pueden imitar el cuadro clínico del SOP. En las cuales se encuentran:

- ✓ Síndrome de Cushing
- ✓ Hiperprolactinemia
- ✓ Hiperplasia suprarrenal congénita

- ✓ Acromegalia y gigantismo
- ✓ Tumores ováricos y suprarrenales
- ✓ Disfunción tiroidea
- ✓ Hipotiroidismo primario
- ✓ Insuficiencia ovárica primaria
- ✓ Obesidad

Fase 2: En esta fase del estudio, se pretende identificar los criterios mayores de SOP:

- ✓ Hiperandrogenismo clínico y/o químico
- ✓ Disfunción ovárica
- ✓ Ovarios poliquísticos
- ✓ Resistencia a la insulina

Fase 3: Evaluación de desórdenes asociados, dado a que un gran número de pacientes con SOP presentan alteraciones metabólicas como resistencia a la insulina, dislipidemias y síndrome metabólico, una vez que el diagnóstico ha sido establecido es necesaria una valoración completa que debe incluir: resistencia a la insulina, diabetes tipo II, intolerancia a la glucosa, sobrepeso.

- Los síntomas más comunes, de acuerdo a un cuadro clínico son:
 - Periodos menstruales irregulares: oligomenorrea, amenorrea o metrorragias disfuncionales (sangrados fuera del ciclo con volumen y duración anormal).

- Hirsutismo: aumento en el crecimiento del vello en la cara, el pecho, el estómago, la espalda y la parte superior de los muslos.
 - Acné: piel grasa excesiva, acné grave fuera de la pubertad que no mejora con hábitos, es un síntoma que demuestra hiperandrogenismo, no puede ser usado por sí solo como criterio para el diagnóstico hiperandrogenismo clínico.
 - Alopecia androgénica: pérdida de pelo, es apenas perceptible especialmente durante la adolescencia. Sin embargo, tras su hallazgo acompañado de acné, hirsutismo y oligomenorrea se recomienda la evaluación de hiperandrogenismo bioquímico.
 - Aumento de peso u obesidad central, con acumulación de grasa alrededor de la cintura o cuerpo de manzana.
 - Quistes ováricos.
 - Acanthosis nigricans: manchas de color marrón oscuro en la piel del cuello, brazos, senos, muslos, ingle y axilas.
 - Dolor intenso durante los periodos menstruales.
 - Ansiedad o depresión y/o cambios de humor frecuentes.
 - Dolores de cabeza, entre otros.
- El tratamiento será: Cambios en el estilo de vida, como la dieta y el ejercicio, se considera como el tratamiento de primera línea para las adolescentes y mujeres adultas con SOP.

Diversas investigaciones han demostrado que la pérdida de peso disminuye considerablemente el riesgo de diabetes, mejora la función

endócrina, restaura los ciclos ovulatorios, atenúa las características de hiperandrogenismo y aumenta la posibilidad de lograr un embarazo a término, por ello los representan un componente fundamental por sobre el uso de medicamentos.

Los tratamientos farmacológicos están dirigidos para los llamados trastornos metabólicos, como la anovulación, hirsutismo, y las irregularidades menstruales.

Para las alteraciones menstruales, acné e hirsutismo, los anticonceptivos hormonales son el tratamiento de primera línea, los cuales no sólo inhiben la producción ovárica de andrógenos, sino que también aumenta la producción de la SHBG.

Para las alteraciones metabólicas de la glucosa y las irregularidades menstruales, se recomienda el uso de metformina, este medicamento reduce eficazmente los niveles de andrógenos y glucosa, mejorar la sensibilidad a la insulina, reduce la posibilidad de desarrollar diabetes gestacional y facilita la pérdida de peso en las pacientes.

Si la mujer está buscando un embarazo, el citrato de clomífero es el tratamiento de primera línea.

3.3.3. FORMALIZACIÓN

Una vez realizada la conceptualización del conocimiento, se pasa con la formalización y sinterización de la información. Esta fase tiene como objetivo expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser utilizadas, para la generar la respuesta por medio la aplicación móvil.

La arquitectura de un sistema de producción está formada, por los siguientes elementos:

3.3.3.1.BASE DE CONOCIMIENTO

La construcción de la base de conocimiento es un punto en el desarrollo del Sistema Experto, un error en su diseño lleva directamente a falencias en el funcionamiento del Sistema Experto.

La función de la base de conocimiento es suministrar al motor de inferencia información sobre la naturaleza de problema a resolver. La base de conocimiento fundamentalmente está constituida por hechos y reglas.

Las reglas representan las variables que el Sistema Experto deberá considerar al momento de evaluar las condiciones que se presenten, mientras que los hechos son especificaciones verdaderas proposiciones a cerca del problema resolver, donde ambas constituyen la base del conocimiento del Sistema Experto, por lo cual es necesario identificar primero los conceptos relevantes e importantes. Y para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, los síntomas y los tratamientos, forman parte del conocimiento.

3.3.3.2.DEFINICION DE VARIABLES

El Sistema Experto tiene como entrada los síntomas que cada paciente presenta, los síntomas se obtienen a través de las respuestas a las preguntas planteadas en la aplicación.

Estas preguntas son necesarias para el desarrollo del Sistema Experto y se elaboraron conjuntamente con el medico experto conforme al análisis y estudio de pacientes con síntomas frecuentes.

VARIABLES DE ENTRADA

Según el estudio del Síndrome de Ovario Poliquístico se formulan 29 preguntas, 3 requieren de ingreso de datos generales para una personalización del diagnóstico, y los restantes 25 representan signos y síntomas proporcionados por el paciente cuyas respuestas varían entre: Si, no, para determinar si la paciente presenta el Síndrome de Ovario Poliquístico y el fenotipo que padezca, detallados en la tabla 2 y tabla 3.

Tabla 2. Definición y codificación de variables de entrada.

Fuente: Elaboración propia.

| N° | Variable | Descripción | Rango/Valor |
|----|----------|-------------------------|-------------|
| 1 | EP | Edad del paciente | Numérico |
| 2 | IMC | Índice de masa corporal | Numérico |
| 3 | PE | Peso | Numérico |

Tabla 3. Definición y codificación de variables de entrada de signos y síntomas.

Fuente: Elaboración propia.

| N° | Variable | Descripción | Rango/Valor |
|----|----------|----------------------------------|-------------|
| 1 | HI | Hirsutismo | Si /No |
| 2 | AC | Acné | Si /No |
| 3 | PG | Seborrea | Si /No |
| 4 | AL | Alopecia | Si /No |
| 5 | TM | Trastornos menstruales | Si /No |
| 6 | PMI | Periodos menstruales irregulares | Si /No |
| 7 | AM | Amenorrea | Si /No |
| 8 | OL | Oligomenorrea | Si /No |
| 9 | AMC | Ausencia de moco cervical | Si /No |
| 10 | MA | Métodos anticonceptivos | Si /No |
| 11 | IN | Infertilidad | Si /No |
| 12 | GA | Galactorrea | Si /No |
| 13 | MAT | Métodos anticonceptivos | Si /No |
| 14 | DP | Dolor pélvico | Si /No |
| 15 | DF | Dolor fuerte en el período | Si /No |
| 16 | DC | Dolores de cabeza | Si /No |
| 17 | DR | Dolor en las relaciones sexuales | Si /No |
| 18 | PO | Polifagia | Si /No |
| 19 | SP | Sobre peso | Si /No |
| 20 | FI | Fatiga, Cansancio inexplicada | Si /No |
| 21 | HIN | Hinchazón | Si /No |
| 22 | ES | Estreñimiento | Si /No |
| 23 | NA | Nigricans acantosis | Si /No |
| 24 | DA | Dolor y/o ardor zona genital | Si /No |
| 25 | DO | Dolor al orinar | Si /No |
| 26 | AN | Antecedentes del SOP en la madre | Si /No |

VARIABLES DE SALIDA

Las variables de salida detalladas en la tabla anterior, serán aquellas resultantes de las reglas de inferencia desarrolladas con las premisas de entrada, que se detallan anteriormente.

Tabla 4. Definición y codificación de variables de salida del diagnóstico.

Fuente: Elaboración propia.

| N° | Variable | Descripción |
|----|----------|---|
| 1 | FEN_A | Fenotipo A: SOP Severo |
| 2 | FEN_B | Fenotipo B: Hiperandrogenismo y Anovulación crónica |
| 3 | FEN_C | Fenotipo C: SOP Ovulatorio |
| 4 | FEN_D | Fenotipo D: SOP Moderado |

3.3.3.3. ARBOL DE DESICIÓN

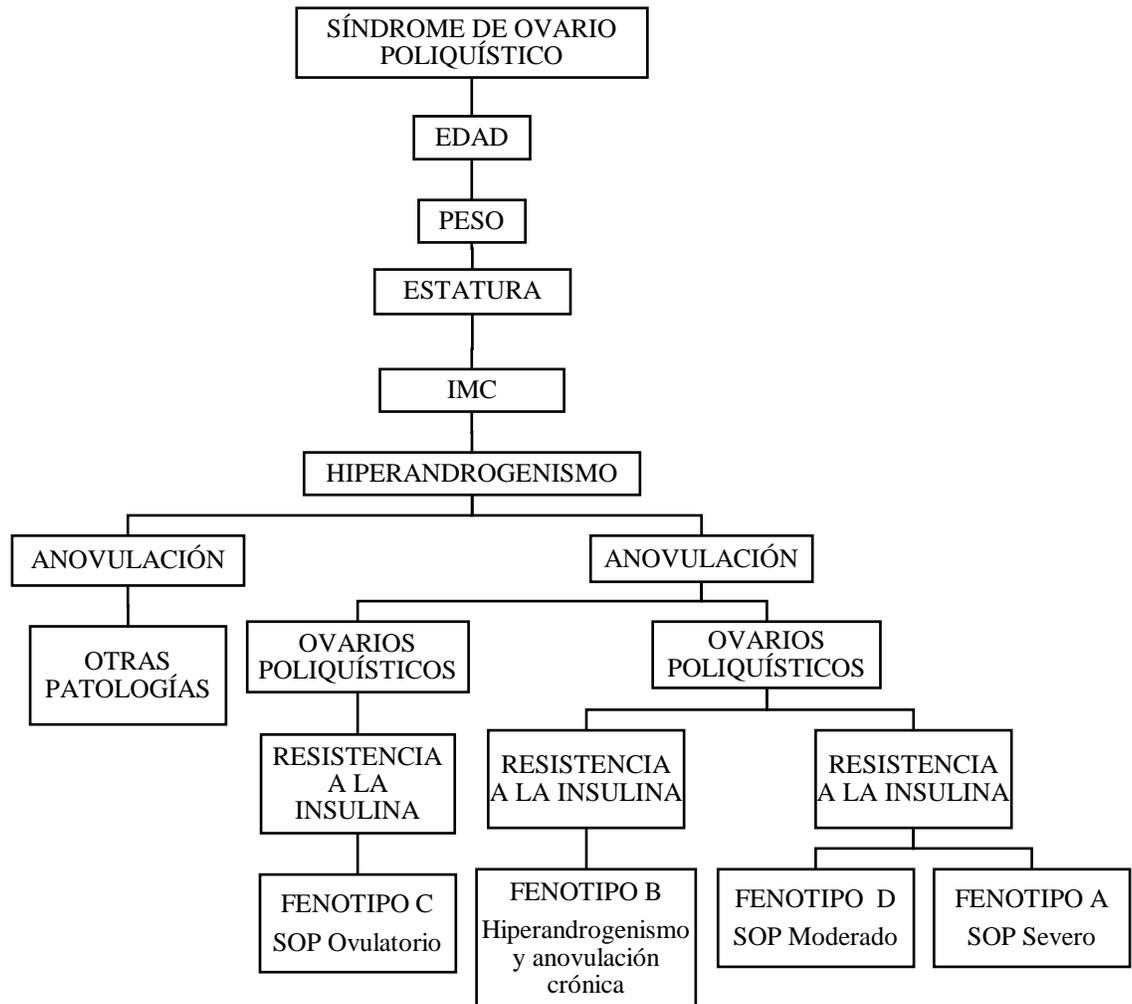


Figura 12. Árbol de decisión para el Sistema Experto de Síndrome de Ovario Poliquístico.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3.4. DESARROLLO DE BASE DE HECHO Y REGLAS

3.3.3.4.1. BASE DE HECHOS

Se considera la siguiente base de hechos:

- La paciente presenta hirsutismo (crecimiento de vello en áreas masculinas).
- La paciente presenta acné (manifestación de acné fuera de la pubertad y adolescencia).
- La paciente presenta seborrea (manifestación de piel grasa).
- La paciente presenta alopecia (pérdida o caída de pelo y/o cabello quebradizo).
- La paciente presenta trastornos menstruales (menstruación se vuelve abundante, menstruaciones dolorosas, ausencia de menstruación durante 2 o 3 meses).
- La paciente presenta periodos menstruales irregulares (ciclos menstruales cada 40, 50 o 60 días).
- La paciente presenta amenorrea (ausencia de menstruación hasta 3 meses).
- La paciente presenta oligomenorrea (Menstruaciones de duración corta, y cantidad escasa).
- La paciente presenta ausencia de moco cervical (flujo elástico y abundante característico de la etapa de ovulación).
- La paciente presenta infertilidad.
- La paciente presenta galactorrea (secreción de leche fuera de la lactancia).
- La paciente presenta dolor pélvico (dolor agudo antes o durante los periodos menstruales).

- La paciente presenta dolor fuerte en el periodo.
- La paciente presenta dolor en las relaciones sexuales.
- La paciente presenta dolores de cabeza.
- La paciente presenta polifagia (mucho hambre incluso habiendo comido).
- La paciente presenta sobrepeso (cuerpo de manzana, acumulación de grasa en la cintura).
- La paciente presenta fatiga inexplicada.
- La paciente presenta hinchazón.
- La paciente presenta estreñimiento.
- La El paciente presenta nigricans acantosis (manchas oscuras o pigmentación en las axilas, cuello, codo y en los pliegues del cuerpo).
- La paciente presenta dolor y ardor en el área genital.
- La paciente presenta dolor al orinar.
- La paciente padece de Hiperandrogenismo.
- La paciente padece de Anovulación.
- La paciente padece de Ovarios Poliquísticos.
- La paciente padece de Resistencia a la insulina.
- La paciente tiene antecedentes familiares con SOP.
- La paciente tiene SOP Severo.
- La paciente tiene Hiperandrogenismo y anovulación crónica.
- La paciente tiene SOP Ovulatorio.
- La paciente tiene SOP Moderado.

3.3.3.4.2. BASE DE REGLAS

Las reglas fueron desarrolladas mediante algoritmos y protocolos de diagnóstico que siguen especialistas del área y que son métodos confiables. El algoritmo protocolizado según Rotterdam, está plasmado en el árbol de decisiones para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, de donde se fueron construyendo las reglas de producción que se rige el sistema.

Se representan de la forma:

| |
|---|
| SI (Premisa/s) ENTONCES (Conclusión) |
|---|

Por lo cual es importante el orden de ejecución de las reglas, estas reglas nos permitirán representar el conocimiento el experto médico, constituido por los síntomas particulares que presentan los pacientes.

Las reglas de producción de representan de la siguiente manera:

Fenotipo A: SOP Severo

Tabla 5. Reglas de inferencia Fenotipo A: SOP Severo.

Fuente: Elaboración propia.

| N° regla | Inferencia |
|----------|---|
| REGLA 1 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP <= “39” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “Si” AND AL = “Si” AND TM = “Si” AND AM = “Si”, ENTONCES “HA” |
| REGLA 2 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP <= “39” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “No” AND AL = “Si” AND TM = “Si” AND AM = “Si”, ENTONCES “HA” |
| REGLA 3 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “Si” AND GA = “Si”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 4 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “No” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “No” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 5 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “No” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 6 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “Si” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |

| | |
|----------|---|
| REGLA 7 | <p>SI la paciente tiene DP = “Si” AND DF = “Si” AND GA = “Si” AND PO = “Si” AND DC = “Si” AND SP = “Si” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “Si” AND PMI = “Si” AND DR = “Si” AND AM = “Si”, ENTONCES “OP”</p> |
| REGLA 8 | <p>SI la paciente tiene DP = “Si” AND DF = “Si” AND GA = “Si” AND PO = “Si” AND DC = “Si” AND SP = “Si” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “No” AND PMI = “Si” AND DR = “Si” AND AM = “No”, ENTONCES “OP”</p> |
| REGLA 9 | <p>SI la paciente tiene DP = “Si” AND DF = “Si” AND GA = “No” AND PO = “Si” AND DC = “No” AND SP = “Si” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “No” AND PMI = “Si” AND DR = “Si” AND AM = “No”, ENTONCES “OP”</p> |
| REGLA 10 | <p>SI la paciente tiene DP = “Si” AND DF = “Si” AND GA = “No” AND PO = “Si” AND DC = “Si” AND SP = “Si” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “Si” AND PMI = “Si” AND DR = “No” AND AM = “No”, ENTONCES “OP”</p> |
| REGLA 11 | <p>SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “Si” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI”</p> |
| REGLA 12 | <p>SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “No” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI”</p> |

| | |
|----------|--|
| REGLA 13 | SI la paciente tiene FI = “No” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “No” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI” |
| REGLA 14 | SI la paciente tiene HA = “Si” AND AN = “Si” AND OP = “Si” AND RI = “Si”, ENTONCES “Tiene SOP Severo. Es el fenotipo más común entre las mujeres con SOP, con una prevalencia del 61% y un alto riesgo de afecciones cardiovasculares y de diabetes tipo 2 a largo plazo.” |

Fenotipo B: Hiperandrogenismo y anovulación crónica

Tabla 6. Reglas de inferencia Fenotipo B: Hiperandrogenismo y anovulación crónica.

Fuente: Elaboración propia.

| N° regla | Inferencia |
|----------|---|
| REGLA 1 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP <= “39” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “Si” AND AL = “Si” AND TM = “Si” AND AM = “Si”, ENTONCES “HA” |
| REGLA 2 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP <= “39” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “No” AND AL = “Si” AND TM = “Si” AND AM = “Si”, ENTONCES “HA” |
| REGLA 3 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “Si” AND GA = “Si”, ENTONCES “AN” |

| | |
|----------|---|
| REGLA 4 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “No” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “No” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 5 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “No” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 6 | SI la paciente tiene EP >= “18” AND EP >= “39” AND PMI = “Si” AND AM = “Si” AND OL = “Si” AND AMC = “Si” AND MA = “Si” AND GA = “No”, ENTONCES “AN” |
| REGLA 7 | SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “Si” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI” |
| REGLA 8 | SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “No” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI” |
| REGLA 9 | SI la paciente tiene FI = “No” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “No” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI” |
| REGLA 10 | SI la paciente tiene HA >= “Si” AND AN <= “Si” AND OP = “No” AND RI = “Si”, ENTONCES “Hiperandrogenismo y anovulación crónica. Con una prevalencia del 7% y un alto riesgo de desarrollar enfermedades crónicas.” |

Fenotipo C: SOP Ovulatorio

Tabla 7. Reglas de inferencia Fenotipo C: SOP Ovulatorio.

Fuente: Elaboración propia.

| N° regla | Inferencia |
|----------|--|
| REGLA 1 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP <= "39" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "Si" AND AL = "Si" AND TM = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "HA" |
| REGLA 2 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP <= "39" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND AL = "Si" AND TM = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "HA" |
| REGLA 3 | SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "Si" AND PO = "Si" AND DC = "Si" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "Si" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "OP" |
| REGLA 4 | SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "Si" AND PO = "Si" AND DC = "Si" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "No", ENTONCES "OP" |
| REGLA 5 | SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "No" AND PO = "Si" AND DC = "No" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "No", ENTONCES "OP" |

| | |
|----------|---|
| REGLA 6 | <p>SI la paciente tiene DP = “Si” AND DF = “Si” AND GA = “No” AND PO = “Si” AND DC = “Si” AND SP = “Si” AND HI = “Si” AND AC = “Si” AND SE = “Si” AND PMI = “Si” AND DR = “No” AND AM = “No”, ENTONCES “OP”</p> |
| REGLA 7 | <p>SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “Si” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI”</p> |
| REGLA 8 | <p>SI la paciente tiene FI = “Si” AND HIN = “Si” AND ES = “No” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “Si” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI”</p> |
| REGLA 9 | <p>SI la paciente tiene FI = “No” AND HIN = “Si” AND ES = “Si” AND NA = “Si” AND DA = “No” AND DO = “No” AND SP = “Si”, ENTONCES “RI”</p> |
| REGLA 10 | <p>SI la paciente tiene HA >= “Si” AND AN <= “No” AND OP = “Si” AND RI = “Si”, ENTONCES “Tiene SOP Ovulatorio. Constituye el 16% de los casos y el riesgo a largo plazo es desconocido.”</p> |

Fenotipo D: SOP Moderado

Tabla 8. Reglas de inferencia Fenotipo D: SOP Moderado.

Fuente: Elaboración propia.

| N° regla | Inferencia |
|----------|---|
| REGLA 1 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP <= "39" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "Si" AND AL = "Si" AND TM = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "HA" |
| REGLA 2 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP <= "39" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND AL = "Si" AND TM = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "HA" |
| REGLA 3 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP >= "39" AND PMI = "Si" AND AM = "Si" AND OL = "Si" AND AMC = "Si" AND MA = "Si" AND GA = "Si", ENTONCES "AN" |
| REGLA 4 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP >= "39" AND PMI = "Si" AND AM = "No" AND OL = "Si" AND AMC = "Si" AND MA = "No" AND GA = "No", ENTONCES "AN" |
| REGLA 5 | SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP >= "39" AND PMI = "Si" AND AM = "Si" AND OL = "Si" AND AMC = "Si" AND MA = "No" AND GA = "No", ENTONCES "AN" |

| | |
|----------|---|
| REGLA 6 | <p>SI la paciente tiene EP >= "18" AND EP >= "39" AND PMI = "Si" AND AM = "Si" AND OL = "Si" AND AMC = "Si" AND MA = "Si" AND GA = "No", ENTONCES "AN"</p> |
| REGLA 7 | <p>SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "Si" AND PO = "Si" AND DC = "Si" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "Si" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "Si", ENTONCES "OP"</p> |
| REGLA 8 | <p>SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "Si" AND PO = "Si" AND DC = "Si" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "No", ENTONCES "OP"</p> |
| REGLA 9 | <p>SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "No" AND PO = "Si" AND DC = "No" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "No" AND PMI = "Si" AND DR = "Si" AND AM = "No", ENTONCES "OP"</p> |
| REGLA 10 | <p>SI la paciente tiene DP = "Si" AND DF = "Si" AND GA = "No" AND PO = "Si" AND DC = "Si" AND SP = "Si" AND HI = "Si" AND AC = "Si" AND SE = "Si" AND PMI = "Si" AND DR = "No" AND AM = "No", ENTONCES "OP"</p> |
| REGLA 11 | <p>SI la paciente tiene HA >= "Si" AND AN <= "Si" AND OP = "Si" AND RI = "No", ENTONCES "Tiene SOP Moderado. Con una prevalencia y el riesgo a largo plazo es desconocido."</p> |

3.3.3.5.MOTOR DE INFERENCIA

Es el componente de un Sistema Experto, encargado de controlar lógicamente el manejo y utilización del conocimiento que se tiene. La estrategia de inferencia que se empleara, está basada en la implicación, debido a que se evaluará una serie de signos y síntomas, para luego según las reglas de inferencia planteadas en el anterior punto, se pueda determinar un diagnóstico, en cuanto a los fenotipos del SOP.

3.3.3.6.SALIDA DEL SISTEMA EXPERTO

Para la salida del Sistema Experto se realizará mediante la regla lógica Implicación, que aplica a las entradas a las reglas procesadas en el motor de inferencia, que posteriormente la salida de la regla será única.

3.3.4. IMPLEMENTACIÓN

La implementación del prototipo viene dada por la programación de las reglas y hechos proporcionados al motor de inferencia, para que pueda determinarnos el resultado deseado.

3.3.4.1.HARDWARE

Las características mínimas de hardware y software son: Un dispositivo móvil con sistema operativo Android versión 6.0, que prácticamente son Smartphones de gama media y que la mayoría de la población lo tiene al alcance.

3.3.4.2.LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Para la programación se utilizó el lenguaje de programación Java, dentro de la plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles Android Studio.

3.3.4.3.PROTOTIPO

Para ejecutar el programa básicamente solo es instalar la aplicación, posteriormente se ingresa ya que el motor de inferencia contiene las reglas que evaluará el Sistema Experto.

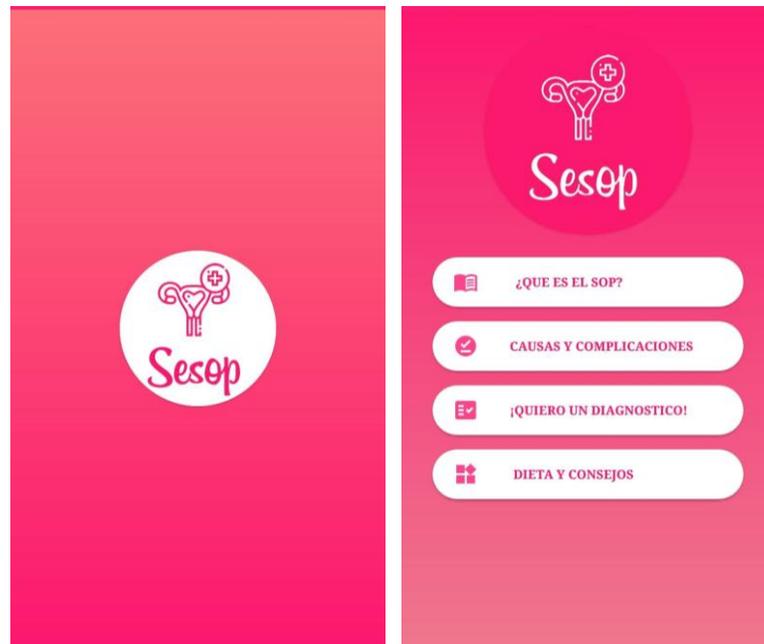


Figura 13. Prototipo pantalla de inicio y pantalla principal.

Fuente: Elaboracion propia.



Figura 14. Prototipo pantalla diagnóstica y pantalla emergente de más información acerca de la pregunta.

Fuente: Elaboración propia.

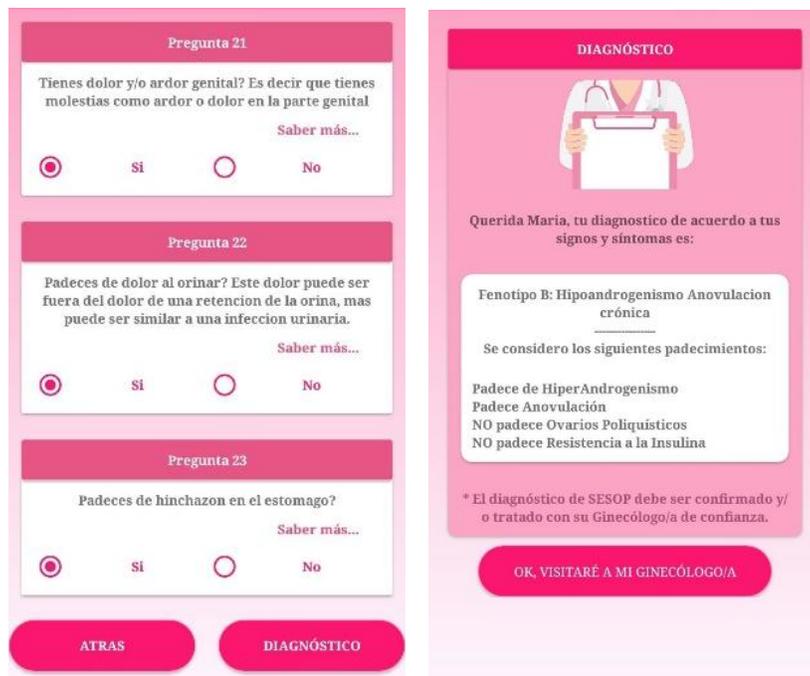


Figura 15. Prototipo pantallas de preguntas y pantalla Diagnóstico.

Fuente: Elaboracion propia.



Figura 16. Prototipo de pantallas de definición del SOP.

Fuente: Elaboracion propia.



Figura 17. Prototipo pantallas de consejos para el SOP.

Fuente: Elaboracion propia.

3.3.5. TESTEO Y PRUEBAS

Una vez construido y programado el Sistema Experto se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento, se muestran capturas de las pantallas de ejecución del Sistema Experto SESOP, demostrando como se introducen los datos de entrada, la secuencia de preguntas para determinar el diagnóstico oportuno Síndrome de Ovario Poliquístico y por último se muestra el resultado del diagnóstico final de si un paciente presenta o no el Síndrome de Ovario Poliquístico.

Se usará una variedad de pruebas para testear el Sistema Experto de diagnóstico para el tratamiento oportuno.

3.3.6. 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 SESOP para así obtener un resultado confiable y un diagnóstico eficiente.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1.PRUEBA DE HIPOTESIS

La Prueba de Hipótesis es un procedimiento basado en evidencia muestral y en la teoría de la probabilidad para la aceptación o rechazo de hipótesis de investigación.

Existen diferentes métodos para realizar una Prueba de Hipótesis, dependiendo del tipo de problema y de la información con que se cuenta.

En la presente tesis para probar la hipótesis planteada en el Capítulo I, es indispensable contar con ayuda del experto Ginecólogo capaz de evaluar al Sistema Experto y su correcta funcionalidad. Para ello es necesario seguir los siguientes cinco pasos, teniendo en cuenta sus características:

a) Paso 1: Plantear Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa.

La Hipótesis Nula se denota normalmente como H_0 y la Hipótesis Alternativa como H_1 .

La Hipótesis alternativa siempre plantea lo que queremos demostrar y la Hipótesis Nula se encarga de negarlo.

b) Paso 2: Determinar Nivel de Significancia.

El nivel de significancia indica la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera y se denota con la letra griega: α .

c) Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.

Aplicación de la Distribución de Probabilidad apropiada.

d) **Paso 4:** Formulación de las reglas de decisión.

Aplicando de la distribución de Probabilidad apropiada, se obtiene la estructura definida para la prueba.

e) **Paso 5:** Toma de decisión.

En base a la evidencia disponible se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa.

4.2.DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS NULA E HIPÓTESIS ALTERNATIVA

H₀ = El Sistema Experto permite el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, a un nivel de confianza del 90%, sirviendo como una herramienta a la paciente de manera confiable, preventiva y rápida.

H₁ = El Sistema Experto NO permite el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, a un nivel de confianza del 90%, sirviendo como una herramienta a la paciente de manera confiable, preventiva y rápida.

4.2.1. DETERMINAR NIVEL DE SIGNIFICANCIA

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

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

4.2.2. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Para probar la hipótesis, es preciso combinar los diagnósticos efectuados por el experto ginecólogo y los diagnósticos determinados por el Sistema Experto en las pacientes tomadas como casos de estudio, para ello se hará uso de los Contraste de Rachas de Wald-Wolfowitz, porque permite contrastar la hipótesis nula de las dos muestras independientes.

4.2.3. FORMULACIÓN DE LAS REGLAS DE DECISIÓN

Para la prueba fueron evaluados los 16 diagnósticos que reconoce el Sistema Experto propuesto, por tanto, los especialistas ginecólogo evaluaron bajo sus parámetros al Sistema Experto, dando su aceptación o rechazo a los resultados devueltos por el mismo.

Para ello:

(+) Representa los casos que coinciden con el diagnóstico proporcionado por el especialista ginecólogo.

(-) Representa los casos que no coinciden con el diagnóstico proporcionado por el especialista ginecólogo.

En la tabla en la primera columna se observa el número de casos de estudio, en la segunda columna se muestra el diagnóstico dado por el especialista ginecólogo, en la tercera columna están los diagnósticos determinados por el Sistema Experto para cada caso de estudio con la correspondiente probabilidad, en la última columna se

observa la característica de aceptación o rechazo del diagnóstico determinado por el Sistema Experto, evaluado por el ginecólogo.

Tabla 9. Tabla de rachas del Diagnóstico del Sistema Experto comparado con el Diagnóstico médico. Fuente: Adaptación de resultados del test y evaluación del experto.

| N° | Diagnóstico ginecólogo | Diagnostico Sistema | Aceptación por rachas |
|----|------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 2 | Fenotipo C | Fenotipo C | + |
| 3 | Fenotipo A | Fenotipo B | - |
| 4 | Fenotipo C | Fenotipo C | + |
| 5 | Fenotipo D | Fenotipo B | - |
| 6 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 7 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 8 | Fenotipo D | Fenotipo D | + |
| 9 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 10 | Fenotipo C | Fenotipo B | - |
| 11 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 12 | Fenotipo B | Fenotipo B | + |
| 13 | Fenotipo A | Fenotipo B | - |
| 14 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |
| 15 | Fenotipo C | Fenotipo C | + |
| 16 | Fenotipo A | Fenotipo A | + |

De los datos obtenidos en la Tabla. Se tiene los siguientes resultados:

Número de Rachas o R = 12

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

Número de observaciones de la muestra: N1 (+) = 16

Número de observaciones de la muestra: $N_2 (-) = 4$

$$N = N_1 + N_2 = 12 + 4 = 16$$

Remplazaremos los datos anteriores en las ecuaciones:

Esperanza:

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

$$E[R] = \frac{2 * 12 * 4}{12 + 4} + 1 = 7$$

Varianza:

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

$$Var[R] = \frac{2 * 12 * 4(2 * 12 * 4 - 12 - 4)}{(12 + 4)^2(12 + 4 - 1)} = 2$$

4.2.4. TOMA DE DECISIÓN

Como de los datos observados tenemos que N_1 y N_2 son menores a 20 procedemos a buscar en la tabla con un nivel de significación de $0.05 / 2$ y así obtenemos el intervalo $[5 - 11]$ que constituyen el límite en la región crítica. Como se puede ver en la Figura.

Test de Rachas

| | | <i>n</i> | | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <i>n</i> +2 | $\alpha=0.05$ | 0-4 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 2-3 | 2-5 | 2-5 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-4 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 |
| <i>n</i> +3 | $\alpha=0.05$ | 0-5 | 0-6 | 0-6 | 2-7 | 2-7 | 2-7 | 2-7 | 2-7 | 3-7 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-6 | 0-7 | 0-7 | 0-7 | 0-7 | 0-7 | 2-7 | 2-7 |
| <i>n</i> +4 | $\alpha=0.05$ | 0-5 | 0-6 | 2-7 | 2-8 | 3-8 | 3-8 | 3-9 | 3-9 | 3-9 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-7 | 0-8 | 0-9 | 2-9 | 2-9 | 2-9 | 2-9 | 2-9 |
| <i>n</i> +5 | $\alpha=0.05$ | 0-5 | 2-7 | 2-8 | 3-8 | 3-9 | 3-9 | 3-10 | 4-10 | 4-10 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-7 | 0-9 | 2-9 | 2-10 | 2-10 | 2-11 | 3-10 | 3-11 |
| <i>n</i> +6 | $\alpha=0.05$ | 0-5 | 2-7 | 3-8 | 3-9 | 3-10 | 4-10 | 4-11 | 4-11 | 5-11 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-7 | 2-9 | 2-10 | 2-11 | 3-11 | 3-12 | 3-12 | 3-13 |
| <i>n</i> +7 | $\alpha=0.05$ | 0-5 | 2-7 | 3-8 | 3-9 | 4-10 | 4-11 | 4-12 | 5-12 | 5-12 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-7 | 2-9 | 2-10 | 3-11 | 3-12 | 3-12 | 4-13 | 4-14 |
| <i>n</i> +8 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 2-7 | 3-9 | 3-10 | 4-11 | 4-12 | 5-12 | 5-13 | 6-13 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 0-7 | 2-9 | 2-11 | 3-12 | 3-12 | 4-13 | 4-14 | 4-14 |
| <i>n</i> +9 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 2-7 | 3-9 | 4-10 | 4-11 | 5-12 | 5-13 | 6-13 | 6-14 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 2-9 | 3-10 | 3-12 | 4-13 | 4-14 | 4-15 | 5-15 |
| <i>n</i> +10 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 3-7 | 3-9 | 4-10 | 5-11 | 5-12 | 6-13 | 6-14 | 6-15 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 2-9 | 3-11 | 3-13 | 4-14 | 4-14 | 5-15 | 5-16 |
| <i>n</i> +11 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 3-7 | 3-9 | 4-11 | 5-12 | 5-13 | 6-14 | 6-14 | 7-15 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 2-9 | 3-11 | 4-13 | 4-14 | 4-15 | 5-16 | 5-17 |
| <i>n</i> +12 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 3-7 | 4-9 | 4-11 | 5-12 | 6-13 | 6-14 | 7-15 | 7-16 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 3-9 | 3-11 | 4-13 | 4-14 | 5-15 | 5-16 | 6-17 |
| <i>n</i> +13 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 3-7 | 4-9 | 4-11 | 5-12 | 6-13 | 6-14 | 7-15 | 8-16 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 3-9 | 3-11 | 4-13 | 5-15 | 5-16 | 6-17 | 6-18 |
| <i>n</i> +14 | $\alpha=0.05$ | 2-5 | 3-7 | 4-9 | 5-11 | 5-12 | 6-13 | 7-15 | 7-16 | 8-16 |
| | $\alpha=0.01$ | 0-5 | 2-7 | 3-9 | 3-11 | 4-13 | 5-15 | 5-16 | 6-17 | 6-18 |

Figura 18. Test de Rachas.

Fuente M. Schaums (2009).

Reemplazamos los valores anteriores en el valor estadístico y obtenemos:

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

$$Z = \frac{8-7}{\sqrt{2}} + 1 = 1.84$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$-1.96 < 1.84 < 1.96$$

Donde podemos observar que el valor $Z_{\frac{\alpha}{2}}=1.84$, cae dentro del intervalo de

aceptación de la hipótesis, entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta

H0 = El Sistema Experto permite el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, a un nivel de confianza del 90%, sirviendo como una herramienta a la paciente de manera confiable, preventiva y rápida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

Al concluir el presente trabajo para el diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, se logró determinar que:

Se logró alcanzar los objetivos específicos planteados en Capítulo 1, tras adquirir la información necesaria para el desarrollo del prototipo para del diagnóstico del Síndrome de Ovario Poliquístico, además de la usabilidad sencilla e intuitiva que esta posee, la cual permite fácilmente su uso, y su inserción en el área de la tecnología y apoyo en el área de la medicina, llegando a los resultados esperados.

El diagnóstico se establece mediante las reglas de inferencias y la base de conocimiento, llegando a un resultado con rapidez y confiabilidad, siempre que los datos aportados por el paciente en el diagnóstico sean confiables y suficientes para que el Sistema Experto pueda evaluar las variables de entrada e inferir mediante el motor de inferencia y la base de conocimientos un resultado adecuado y confiable que vendrá a ser el diagnóstico final.

Al desarrollo del prototipo de un Sistema Experto que permita el diagnóstico el Síndrome de Ovario Poliquístico, que permita determinar el fenotipo que padece, cumple satisfactoriamente con el objetivo general planteado en el Capítulo 1.

Con los resultados obtenidos por el Sistema Experto SESOP y habiendo realizado la prueba de hipótesis en el Capítulo 4, el Sistema Experto permite el diagnóstico

del Síndrome de Ovario Poliquístico, a un nivel de confianza del 90%, sirviendo como una herramienta a la paciente de manera confiable, preventiva y rápida.

El uso de la tecnología conlleva ventajas que deben ser aprovechadas por la población como se realiza en otros países, donde se pueden realizar desde consultas médicas hasta cirugías a distancia, claramente con el transcurso de los años. Estas tecnologías adquirieron confianza tras su utilización y cada vez más son incluidas en más áreas de la vida cotidiana, con el propósito de mejorar la calidad de vida y en apoyo al cuidado de la salud.

5.2.RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar otras investigaciones en el área de la salud y tecnología, que amplíen los dominios de conocimiento, ya que estos lograrán un óptimo funcionamiento del área de salud y los servicios que brindarían estas a la población.

Los trabajos futuros deberían orientarse a la implementación de las tecnologías biomédicas y en consecuencia a la actualización de la ciencia y accesibilidad a medicina, se podría en un futuro realizar un sistema de diagnóstico con dispositivos mediante distintos dispositivos de uso común para realizar evaluaciones más personalizadas y específicas.

En caso de mejorar el presente trabajo, realizar una investigación exhaustiva al caso de implementar estudios de laboratorio, asimismo al momento de realizar las pruebas, considerar más casos para asegurar una probabilidad considerable.

Se debe mejorar la actual situación en Bolivia, con respecto a la salud desde la implementación de trabajos como el presente y el contar con un Sistema Experto puede permitir realizar las acciones adecuadas, basadas en conocimiento y establecer diagnósticos de manera preventiva para disminuir las complicaciones que puedan causar el no tratarse a tiempo estas enfermedades, síndromes, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, M. (2011). *Conocimiento y Bases de Datos: Una propuesta de integración inteligente*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Departamento de Administración de empresas, Cantabria, España.

Amaya, Y. A. (2013). *Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual*. Revista de tecnología: Journal Technology, Vol. 12, 111-124. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6041502.pdf>

Carvajal, J., Barriga, M. (2019). *Manual Obstetricia y Ginecología*. Santiago, Chile: Escuela de Medicina de Chile. Recuperado de <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2019/03/Manual-Obstetricia-y-Ginecologia-2019.pdf>

Cabrera, G. (2019). *Sistema basado en el Conocimiento para el apoyo del Diagnóstico Psicológico de estilos de Personalidad y Adicción a la internet a través de inventarios factoriales*. Tesis de Grado para optar por el Grado Académico de Maestro en Ciencias: Informática, con mención en Tecnologías de la Información y Comunicación en Gestión y Educación. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Chambi, M. (2014). *Sistema Experto para el Diagnostico del Cáncer Tiroideo basado en Redes Neuronales*. Tesis de Grado para optar al título de Licenciatura en Informática. Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Informática, La Paz, Bolivia.

Checa, M. Espinós, M. Matorras, R. (Coord) (2006) *Síndrome del Ovario Poliquístico*. Madrid, España: Medica Panamericana S. A.

Diccionario enciclopédico, Ediciones Grijalbo, S.A. 1995.

Dorantes A., Martínez C., Morales J. (Ed) (2012) *Endocrinología Clínica* (Quinta edición). México D. F., México: El Manual Moderno S. A. Recuperado de <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0397.%20Endocrinologia.%20Clinica%20de%20Dorantes%20y%20Martinez.pdf>.

León, T. (2007) *Sistemas Expertos y sus Aplicaciones*. Tesis de grado para obtener el título de licenciado en Computación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Pachuca de Soto, México.

Nina, G. (2009). *Sistema Experto para el Diagnóstico de la Depresión*. Tesis de Grado para optar al título de Licenciatura en Informática. Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Informática, La Paz, Bolivia.

Palma. J. T., Marín M. R. (2008). *Inteligencia Artificial. Técnicas, Métodos y Aplicaciones* (Primera Edición). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

Panata, J. F. (2016). *Determinación de la prueba de tolerancia oral a la glucosa en mujeres con Síndrome de Ovario Poliquístico y su relación con la tolerancia a la*

glucosa. Trabajo de Grado para optar al título de Licenciada en Laboratorio Clínico. Universidad técnica de Ambato, Carrera de Laboratorio Clínico, Ambato, Ecuador.

Pignani, J. M. (1998). *Sistemas Expertos (Expert System)*. Informática aplicada a la ingeniería de procesos, México.

Robledo, D. (2014). *Desarrollo de aplicaciones para Android II*. Madrid, España: Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España.

Rodríguez, A. (2017). *Sistema Experto para Diagnóstico y Tratamiento del Quiste Ovárico, Basado en Redes Bayesianas*. Tesis de Grado para optar al título de Licenciatura en Informática. Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Informática, La Paz, Bolivia.

Ruiz, M. (2002). *Sistemas Expertos para realización de Diagnóstico parálisis facial con electromiografía: Parfac*. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/carlos_sm/carlos_sm.PDF

Salgado, L. (2007). *Sistema Experto para el Diagnóstico y plan Terapéutico de Funciones Cognitivas Deficientes (SISTEMA DiagCo)*. Tesis de Grado para optar por el Grado Académico de Maestro en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico y de estudios Superiores de Monterrey – Escuela de Graduados en Ingeniería y Arquitectura, México D. F., México.

Simons, G. L. (1988). *Introducción a la Inteligencia Artificial*. Ed. Diaz de Santos Madrid.

Thibodeau G., Patton K. (1998). *Estructura y función del cuerpo humano* (10 Ed). Madrid, España: Harcourt Brace.

Vanhouwaert P. (2020). Síndrome de Ovario Poliquístico e Infertilidad. *Revista Médica Clínica las Condes*, 32(2), 166 – 172.

Winykamien, I., Dalibón, A., Knoblovits, P. (2017). Síndrome de Ovario Poliquístico. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*, 31(1), 10 – 20.

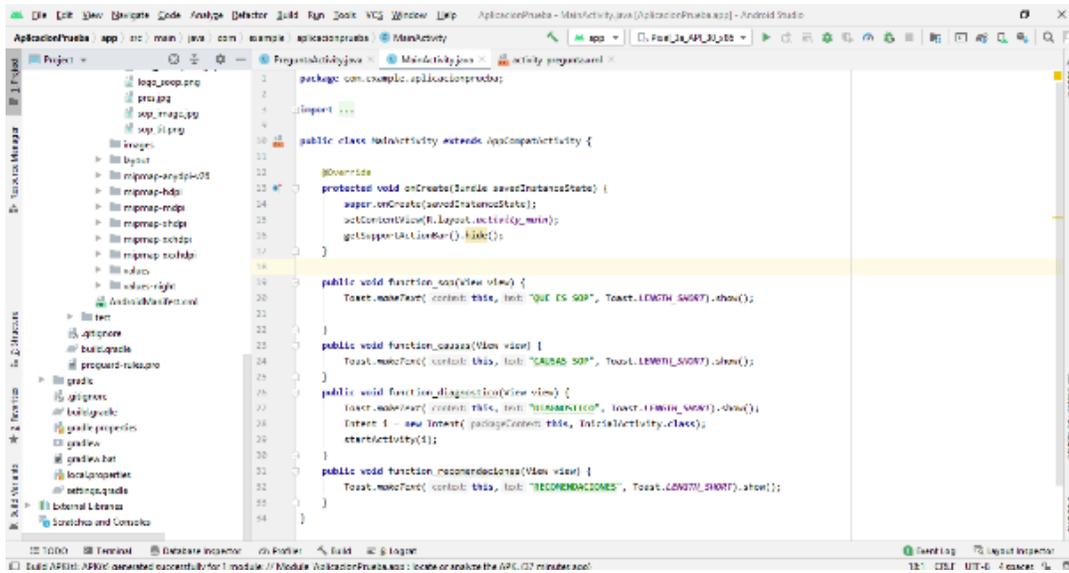
GLOSARIO MÉDICO

1. **Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP):** Trastorno hormonal que ocasiona ovarios de mayor tamaño con pequeños quistes en los bordes externos.
2. **Hormona Estimulante del folículo (FSH):** Es una hormona del tipo gonadotropina, que se encuentra en los seres humanos y otros mamíferos. Es sintetizada y secretada por células gonadotropas de la parte anterior de la glándula pituitaria.
3. **Hormona Luteinizante (LH):** Es una hormona gonadotrópica de naturaleza glucoproteica que, al igual que la hormona foliculoestimulante o FSH, es producida por el lóbulo anterior de la hipófisis o glándula pituitaria.
4. **Hormona Antimulleriana (AMH):** Es una glucoproteína dimérica que inhibe el desarrollo de los conductos de Müller en el embrión masculino.
5. **Hiperandrogenismo (HA):** Es un trastorno caracterizado por una presencia excesiva de andrógenos en la mujer. Los andrógenos son hormonas sexuales masculinas (testosterona, androsterona, androstendiona).
6. **Oligoanovulación (OA):** Se trata de problemas relacionados con la ovulación. El término oligoovulación hace referencia a un trastorno en el que se ovula pocas veces, pocos años, o en el que no se ovula con regularidad.

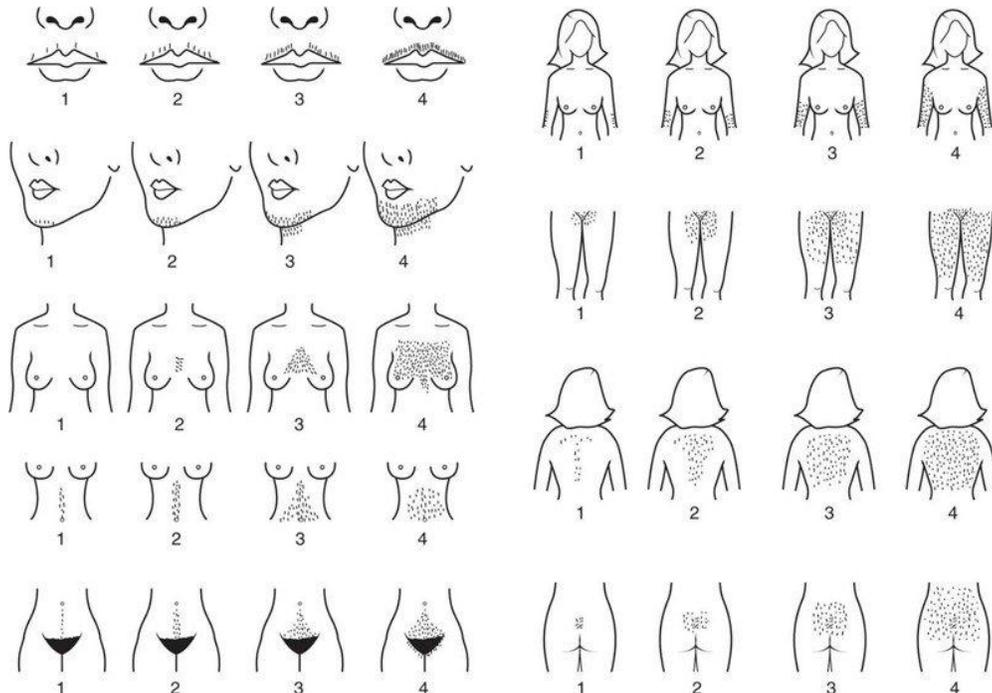
7. **Anticonceptivos Orales (ACO):** Se utilizan para evitar el embarazo. El estrógeno y la progestina son dos hormonas sexuales femeninas. Las combinaciones de estrógeno y progestina funcionan evitando la ovulación (la liberación de óvulos de los ovarios).
8. **Globulina fijadora de hormonas (SHBG):** La globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG) es una proteína que afecta la función de algunas hormonas sexuales, incluidas la testosterona y el estrógeno. Ayuda a controlar la cantidad de hormonas sexuales disponibles para el cuerpo; esto ayuda a mantener en equilibrio los procesos relacionados con las hormonas sexuales.
9. **Ovario Poliquístico (OP):** Los ovarios poliquísticos son una afección muy frecuente en las mujeres. Se trata de ovarios que aumentan de tamaño y que constan de más folículos (menores de 10mm) que existen en los ovarios en estado de reposo.
10. **Menarquía:** es el término médico de la primera menstruación en una mujer, es decir la primera ovulación que se presenta cuando, biológicamente, tu cuerpo se prepara para ser madre, ocurren cambios tanto físicos, fisiológicos y psicológicos
11. **Polifagia:** Comer en exceso por tener mucha hambre o aumento del apetito.
12. **Seborrea:** Afección de la piel que ocasiona áreas escamosas y piel roja, particularmente en el cuero cabelludo. También puede ocurrir en zonas grasosas del cuerpo, como la cara, la parte superior del pecho y la espalda.
13. **Disuria:** Dificultad o dolor en la evacuación de la orina.
14. **Alopecia:** Es la pérdida anormal del cabello, por lo que el término se considera un sinónimo de calvicie. Puede afectar al cuero cabelludo o a otras zonas de la piel en la que existe pelo, como las pestañas, axilas, región genital y barba.

15. **Hirsutismo:** Crecimiento de vello con patrón masculino no deseado en el rostro, el pecho y la espalda de una mujer. El hirsutismo puede aparecer como resultado de un exceso de hormonas masculinas, llamadas andrógenos.
16. **Amenorrea:** Es la ausencia de menstruación, que a menudo se define como la ausencia de uno o más períodos menstruales.
17. **Oligomenorrea:** Es una alteración del ciclo menstrual que consiste en que el ciclo dura más de lo habitual, de forma que la regla se produce a intervalos de 36 a 90 días.
18. **Galactorrea:** Es una secreción de leche por el pezón que no está relacionada con la producción normal de leche para la lactancia.
19. **Moco cervical:** Es una sustancia secretada en el cuello del útero que a lo largo del ciclo menstrual cambia su densidad, color y textura en función de las variaciones de la concentración hormonal que caracterizan a cada fase del ciclo.

ANEXOS



Anexo 1. Entorno Android Studio.



Anexo 2. Hirsutismo.



Anexo 3. Alopecia.



Anexo 4. Dolor fuerte menstrual.



Anexo 5. Nigrican acantosis.

| 2. Edad | 3. ¿Anualmente realizas un control ginecológico? | 4. ¿Mensualmente realizas un control ginecológico? | 5. ¿Tuviste problemas o complicaciones por los cuales tuviste que ir a consulta? | Si la respuesta anterior fue "Si" explicar la razón | 6. De ser "No" las preguntas 3, 4 o 5 ¿Cuáles son las razones por las que no? | 7. ¿Tienes ciclos regulares o irregulares? | 8. ¿Sabes qué es el Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP)? | 9. ¿Sabías que si no lo tratas el SOP, puedes tener algunas complicaciones? | 10. ¿Te sería útil un medio tecnológico que te ayude a saber que es necesario informarme? |
|--------------|--|--|--|---|--|--|--|---|---|
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Irregular | No | No, necesito informarme! | No, puedo hacerme una consulta |
| menor a 18 | No | No | No | | D. Me siento bien, no necesito | Irregular | No | Sí | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| más de 36 | Si | No | Si | Embarazo | A. Miedo | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | Si | Problemas con la regla | C. Falta de tiempo | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, B. Falta de dinero, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien | Regular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 18 a 20 años | Si | No | No | | C. Falta de tiempo, D. Me siento bien | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Regular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | No | No | Si | Ausencia de la regla | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Regular | No | No, necesito informarme! | No, puedo hacerme una consulta |
| 21 a 25 | No | No | Si | Embarazo | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, B. Falta de dinero, C. Falta de tiempo | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | Si | No | Si | Dolores fuertes en la zona abdominal | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Irregular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | Si | No | Si | Miomas | A. Miedo, C. Falta de tiempo | Regular | Si | Si | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | Si | Embarazo | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Irregular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | Si | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 31 a 35 | Si | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | Si | No | No | | A. Miedo, B. Falta de dinero, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | No | No | Si | Quistes | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Irregular | Si | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | Si | Si | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 18 a 20 años | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 21 a 25 | No | No | No | | A. Miedo, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 18 a 20 años | No | No | No | | A. Miedo, B. Falta de dinero, C. Falta de tiempo, D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 26 a 30 | No | No | No | | D. Me siento bien, no necesito | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |
| 31 a 35 | No | No | No | | D. Me siento bien, no necesito | Regular | No | No, necesito informarme! | No, puedo hacerme una consulta |
| 21 a 25 | No | No | No | | D. Me siento bien, no necesito | Irregular | No | No, necesito informarme! | Si, me ayudaría bastante |

Anexo 6. Encuesta de necesidad de una aplicación de diagnóstico de manera preventiva.

DIAGNÓSTICO



Querida Carolina, tu diagnóstico de acuerdo a tus signos y síntomas es:

Fenotipo A: SOP Severo

Se considero los siguientes padecimientos:

Padece de HiperAndrogenismo
Padece Anovulación
Padece Ovarios Poliquísticos
Padece Resistencia a la insulina

* El diagnóstico de SESOP debe ser confirmado y/o tratado con su Ginecólogo/a de confianza.

OK, VISITARÉ A MI GINECÓLOGO/A

DIAGNÓSTICO



Querida Betzabe, tu diagnóstico de acuerdo a tus signos y síntomas es:

Otras Patologías fuera del SOP, en caso de preocuparte los síntomas realízate una revisión de rutina

Se considero los siguientes padecimientos:

NO padece HiperAndrogenismo
Padece Anovulación
NO padece Ovarios Poliquísticos
Padece Resistencia a la insulina

* El diagnóstico de SESOP debe ser confirmado y/o tratado con su Ginecólogo/a de confianza.

OK, VISITARÉ A MI GINECÓLOGO/A

Anexo 7. Pruebas con datos proporcionados por el experto médico aceptando el primer diagnóstico, y rechazando el segundo diagnóstico.

La Paz, 15 Junio del 2021

Señor

PhD. José María Tapia Baltazar

DIRECTOR

CARRERA DE INFORMÁTICA

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

Presente. -

Ref.- Aval para la defensa de Tesis de Grado

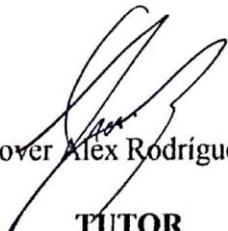
De mi mayor consideración:

Mediante la presente, me dirijo a su autoridad, en calidad de Tutor para informar que luego de haber realizado el seguimiento de la Tesis de Grado titulado: **“SISTEMA EXPERTO BASADO EN CONOCIMIENTO PARA DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE OVARIO POLIQUÍSTICO EN DISPOSITIVOS MÓVILES”**, presentado por la Univ. **LYZETH ESTEFANY APAZA KEA**, con C.I. 9916809 L.P, para optar al título de **LICENCIATURA EN INFORMÁTICA MENCIÓN INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**.

En este sentido, presento mi conformidad y aval respectivo para la defensa publica de la Tesis de Grado de acuerdo a Reglamento vigente en la Universidad Mayor de San Andrés.

Sin otro particular, me despido con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.


M.Sc Grover Alex Rodríguez Ramírez

TUTOR