

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE
EMBARAZOS DE ALTO RIESGO, BASADO EN REDES BAYESIANAS”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: MARIA ISABEL LIPA PAUCARA

TUTOR METODOLÓGICO: M. Sc. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO

ASESORA: Lic. BRÍGIDA ALEXANDRA CARVAJAL BLANCO

LA PAZ – BOLIVIA

2015



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



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

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

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

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

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

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de estar aquí, junto a mis seres queridos.

A mis padres Isabel Raucara y Esteban Lipa, por apoyarme incondicionalmente, por toda la paciencia, el cariño que me dan y por todo el sacrificio que hacen día a día por mis hermanos y por mí.

A mis hermanos Rolando, Virginia, Teresa, Polanda y Luis, por su apoyo y por mostrarse siempre como ejemplos a seguir.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por darme la dicha de estar hoy aquí, por haber conocido a tantas personas buenas en la carrera, docentes, administrativos y amigos.

A mis padres y mis hermanos por no dejarme sola y apoyarme siempre para Salir adelante.

A mi Tutor metodológico M. Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado, a mi asesora Lic. Brígida Alexandra Carrajal Blanco, gracias por su paciencia, por su apoyo, por brindarme su tiempo y conocimiento en el transcurso del desarrollo y culminación de la presente tesis de grado.

A la Dra. Lucy Aríñez Mancilla Ginecóloga Obstetra, por ser una profesional ejemplar en su área, por transmitirme su conocimiento y hacer posible el desarrollo de la presente tesis de grado

A todos los docentes de la carrera de Informática, por su enseñanza, su dedicación y consejos durante estos cinco años de estudio.

A todas las personas que me acompañaron en estos cinco años, dándome aliento. Quiero darles las gracias de todo corazón.

RESUMEN

La presente tesis plantea el diseño y desarrollo de un Sistema Experto, que sea capaz de determinar embarazos de alto riesgo de forma temprana, basándose en el modelo probabilístico de las redes bayesianas.

Un Sistema Experto es una herramienta accesible y práctica en distintas áreas y en este caso particular en las situaciones de emergencia y urgencia obstétricas más frecuentes. El sistema trata las principales causas de mortalidad materna. El correcto diagnóstico y manejo de las mismas puede evitar la muerte de la mujer gestante.

Para el diseño del Sistema Experto se toma en cuenta la clínica de la gestante considerados como variables de entrada, una Base de Conocimientos representando la complejidad del conocimiento del experto ginecólogo- obstetra. Un motor de inferencia que utiliza la estructura de Redes Bayesianas, para determinar las variables de salida y valor estadístico de las mismas.

Para realizar el prototipo, primero se diseñó la red Bayesiana del Sistema Experto a través de un prototipo desarrollado en Open Markov, usando este modelo como referencia para posteriormente diseñan el prototipo final, usando las herramientas de desarrollo C Sharp C# en el entorno de Visual Studio, que permitió la correcta implementación, ya que se verificaron los resultados obtenidos, comparados con los resultados obtenidos en la herramienta Open Markov.

De los resultados obtenidos gracias a las pruebas efectuadas, se evaluó al Sistema Experto llegándose a la conclusión de que los diagnostico obtenidos, tienen un grado de confiabilidad que es aceptado por el experto humano.

ABSTRACT

This thesis presents the design and development of an expert system, that it is capable of determining high-risk pregnancies early, it is based on the probabilistic model of Bayesian networks.

An Expert System is an affordable and practical tool in different areas and in this particular case in emergency situations and emergency obstetric that are the most frequently. The system treats the main causes of maternal mortality. The correct diagnosis and management of them can prevent the death of the pregnant woman.

For the design of expert system, it is taken into account the clinic of the pregnant woman considered as input variables, a knowledges base representing the complexity of the knowledge of expert obstetrician gynecologist. An inference engine that uses the structure of Bayesian networks, to determine the output variables and statistical value of them.

To make the prototype, first Bayesian network was designed of the expert system by a prototype developed in Open Markov, using this model as a reference for later designed the final prototype, using development tools C Sharp C # in Visual Studio environment, which enabled the successful implementation, as the results, compared with the results that was obtained with the Open Markov tool

From the results obtained from tests carried out, the Expert System was evaluated and concluded that the diagnosis obtained, having a degree of reliability that is accepted by the human expert.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Causas de Muerte Materna.....	6
Figura 2.1. Componentes de un Sistema Experto.....	16
Figura 2.2 Fases de la Metodología Buchanan.....	17
Figura 2.3 Ejemplo de una Red Bayesiana de Diagnóstico.....	23
Figura 2.4: Tipos de Aborto.....	27
Figura 2.5 Clasificación de Placenta Previa.....	28
Figura 2.6 Desprendimiento prematuro de Placenta Normoinserta.....	29
Figura 3.1 Metodología Buchanan -Aplicación de Redes Bayesianas.....	33
Figura 3.2 Carnet Perinatal.....	37
Figura 3.3 Relación de variables.....	41
Figura 3.4 Probabilidad de variable dependiente D1.....	42
Figura 3.5 Probabilidad de variable dependiente D2.....	42
Figura 3.6 Probabilidad de variable dependiente D3.....	42
Figura 3.7 Probabilidad de variable dependiente D4.....	43
Figura 3.8 Probabilidad de variable dependiente D5.....	43
Figura 3.9 Probabilidad de variable dependiente D6.....	44
Figura 3.10 Probabilidad de variable dependiente D7.....	44
Figura 3.11 Probabilidad de variable dependiente D8.....	45
Figura 3.12 Probabilidad de variable dependiente D9.....	45
Figura 3.13 Probabilidad a priori del a variable S1.....	45
Figura 3.14 Probabilidad de variable dependiente S2.....	46

Figura 3.15 Probabilidad a priori del a variable S3.....	47
Figura 3.16 Probabilidad a priori del a variable S4.....	47
Figura 3.17 Probabilidad de variable dependiente S5.....	47
Figura 3.18 Probabilidad de variable dependiente S6.....	47
Figura 3.19 Probabilidad a priori del a variable S7.....	47
Figura 3.20 Probabilidad a priori del a variable S8.....	48
Figura 3.21 Probabilidad de variable dependiente S9.....	48
Figura 3.22 Probabilidad a priori del a variable S10.....	48
Figura 3.23 Probabilidad a priori del a variable S11.....	49
Figura 3.24 Probabilidad a priori del a variable S12.....	49
Figura 3.25 Probabilidad a priori de la variable S13.....	49
Figura 3.26 Probabilidad de variable dependiente S14.....	50
Figura 3.27 Probabilidad de variable dependiente S15.....	50
Figura 3.28 Probabilidad de variable dependiente S16.....	50
Figura 3.29 Probabilidad de variable dependiente S17.....	51
Figura 3.30 Probabilidad a priori del a variable S18.....	51
Figura 3.31 Probabilidad a priori del a variable S19.....	51
Figura 3.32 Probabilidad de variable dependiente S20.....	52
Figura 3.33 Probabilidad a priori del a variable 21.....	52
Figura 3.34 Probabilidad a priori del a variable S22.....	52
Figura 3.35 Probabilidad a priori del a variable 23.....	53
Figura 3.36 Probabilidad a priori del a variable 24.....	53

Figura 3.37 Probabilidad a priori del a variable 25.....	53
Figura 3.38 Probabilidad a priori del a variable 26.....	54
Figura 3.39 Probabilidad a priori del a variable 27.....	54
Figura 3.40 Probabilidad a priori del a variable S28.....	54
Figura 3.41 Probabilidad a priori del a variable S29.....	55
Figura 3.42 Probabilidad de variable dependiente A1.....	55
Figura 3.43 Probabilidad de variable dependiente A2.....	55
Figura 3.44 Probabilidad de variable dependiente A3.....	56
Figura 3.45 Probabilidad de variable dependiente A4.....	56
Figura 3.46 Probabilidad de variable dependiente A5.....	56
Figura 3.47 Probabilidad de variable dependiente A6.....	57
Figura 3.48 Probabilidad de variable dependiente A7.....	57
Figura 3.49 Probabilidad de variable dependiente A8.....	57
Figura 3.50 Probabilidad de variable dependiente A9.....	58
Figura. 3.51 Red Bayesiana fragmento para hallar Amenaza de Aborto, Variable D2.....	59
Figura. 3.52 Red Bayesiana fragmento para hallar Amenaza de Aborto, Variable D2.....	62
Figura. 3.53 Red Bayesiana para la Detección Temprana de Embarazos de alto Riesgo, herramienta Open Markov.....	63
Figura. 3.54 Red Bayesiana para la Detección Temprana de embarazos de alto Riesgo, herramienta Open Markov.....	64
Figura. 3.55 Inferencia de la Red Bayesiana para la detección Temprana de embarazos de alto Riesgo, herramienta Open Markov.....	65

Figura. 3.56 Inferencia de la Red Bayesiana para la detección Temprana de embarazos de alto Riesgo, herramienta Open Markov.....	66
Figura. 3.57 Pantalla Principal del Sistema Experto.....	67
Figura. 3.58 Menu principal del Sistema Experto.....	67
Figura. 3.59 Pantalla de Consulta al Experto.....	68
Figura. 3.60 Pantalla de Consulta – Sistema Experto.....	69
Figura. 3.61 Pantalla de Consulta – Sistema Experto.....	70
Figura. 3.62 Pantalla de Resultados – Sistema Experto.....	70
Figura 3.63 Pantalla Información.....	71
Figura 3.64 Pantalla de evaluación – Sistema Experto.....	73
Figura 3.65 Pantalla de evaluación – Sistema Experto.....	74
Figura 3.66 Pantalla de evaluación – Sistema Experto.....	75
Figura 3.67 Pantalla de evaluación – Open Markov.....	76
Figura 3.68 Tabla de intervalos de confianza – Test de Rachas.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Causas de Muerte Materna.....	5
Tabla 3.1 Variables de entrada.....	39
Tabla 3.2: Variables de Salida.....	40
Tabla 3.3 Variables auxiliares.....	41
Tabla 3.4 Datos Comparativos Experto Humano – Sistema Experto.....	41
Tabla 3.4 Datos Comparativos Experto Humano – Sistema Experto.....	72
Tabla 4.1.Casos de estudio.....	74

ÍNDICE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3.1 PROBLEMA CENTRAL.....	6
1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS.....	7
1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 HIPÓTESIS	8
1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	8
1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	8
1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	8
1.7 JUSTIFICACIÓN	8
1.7.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
1.7.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	9
1.7.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	9
1.8 ALCANCES Y LÍMITES	9
1.8.1 ALCANCES.....	9
1.8.2 ALCANCES TEMPORALES	10
1.8.3 ALCANCES ESPACIALES	10
1.8.4 MÓDULOS	10
1.8.4.1 REGISTRO DE DATOS	10
1.8.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ	11
1.8.4.3 CONSTRUCCIÓN DE MOTOR DE INFERENCIA	11
1.8.4.4 MÓDULOS DEL SOFTWARE ELVIRA.....	11
1.9 LÍMITES.....	11
1.10 APORTES.....	12
1.10.1 PRÁCTICO	12
1.10.2 TEÓRICO.....	12
1.11 METODOLOGÍA	12

2	CAPÍTULO II	13
	MARCO TEÓRICO	13
2.1	INTRODUCCIÓN	13
2.2	INTELIGENCIA ARTIFICIAL	13
2.3	SISTEMAS EXPERTOS	14
2.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	14
2.5	ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO	15
2.6	METODOLOGÍA DE BUCHANAN	16
2.6.1	IDENTIFICACIÓN	17
2.6.2	CONCEPTUALIZACIÓN	18
2.6.3	FORMALIZACIÓN	18
2.6.4	IMPLEMENTACIÓN	19
2.6.5	TESTEO	19
2.6.6	REVISIÓN DEL PROTOTIPO	19
2.7	REDES BAYESIANAS	19
2.7.1	INFERENCIA BAYESIANA	23
2.8	TEOREMA DE BAYES	24
2.9	RIESGO OBSTÉTRICO	24
2.9.1	PRINCIPALES PATOLOGÍAS OBSTÉTRICAS	25
2.9.2	HEMORRAGIAS DE LA PRIMERA MITAD DEL EMBARAZO	25
2.9.2.1	HEMORRAGIAS DE LA SEGUNDA MITAD DEL EMBARAZO	28
2.9.2.2	DESPRENDIMIENTO PREMATURO DE PLACENTA NORMALMENTE INSERTA	29
2.9.2.3	INFECCIONES	30
2.9.2.4	HIPERTENSIÓN EN EL EMBARAZO	30
3	CAPÍTULO III	32
	MARCO APLICATIVO	32
3.1	INTRODUCCIÓN	32
3.2	METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	33
3.2.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	34
3.2.1.1	DEFINICIÓN DE ROLES Y FUENTES DE CONOCIMIENTO	35
3.2.2	CONCEPTUALIZACIÓN	35
3.2.2.1	ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO	35

3.2.3 FORMALIZACIÓN.....	38
3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO	38
3.2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS VALORES	39
3.2.3.3 RELACIÓN ENTRE VARIABLES	41
3.2.3.4 OBTENCIÓN DE LAS PROBABILIDADES ASOCIADAS A CADA NODO DEL GRAFO	42
3.2.3.5 MOTOR DE INFERENCIA.....	58
3.2.4 IMPLEMENTACIÓN.....	62
3.2.4.1 DESARROLLO DEL PROTOTIPO	62
3.2.5 TESTEO Y REVISIÓN DEL PROTOTIPO.....	72
4 CAPÍTULO IV.....	77
PRUEBA DE HIPÓTESIS	77
4.1 INTRODUCCIÓN.....	77
4.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	78
4.2.1 PASO 1: PLANTEAR HIPÓTESIS NULA E HIPÓTESIS ALTERNATIVA.	78
4.2.2 PASO 2: DETERMINAR NIVEL DE SIGNIFICANCIA.	78
4.2.3 PASO 3: IDENTIFICACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA.....	78
4.2.4 PASO 4: FORMULACIÓN DE LAS REGLAS DE DECISIÓN.....	78
4.3 PASO 5: TOMA DE DECISIÓN	80
CAPÍTULO V	81
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1 CONCLUSIONES.....	81
5.2 RECOMENDACIONES.....	82
6 BIBLIOGRAFÍA.....	84

CAPÍTULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha traído grandes beneficios en diversas áreas y una de ellas es el área de medicina, en ella se han desarrollado grandes aplicaciones informáticas y parte de ellas gracias a la Inteligencia Artificial. Hoy en día, el campo de la IA engloba varias sub áreas tales como los Sistemas Expertos.

Un Sistema Experto, emplea conocimiento humano capturado en una computadora, para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos. Son sistemas que imitan el proceso de razonamiento que los expertos utilizan para resolver problemas específicos. Gran parte de los Sistemas Expertos se aplican en el área de la medicina, puesto que las técnicas usadas por el médico experto en el proceso de diagnóstico coinciden con las usadas en los motores de inferencia, donde la función principal es realizar diagnósticos de enfermedades. Esta situación implica un cierto grado de incertidumbre y para ello es preciso el cálculo de probabilidades, de esta manera las Redes Bayesianas nacen como requerimiento para mejorar la calidad y clasificación de datos y así realizar aproximaciones más acertadas.

En este contexto, la presente tesis de grado aborda un problema de salud pública de mucha importancia, por ser esta la principal causa de muerte de la mujer en Bolivia. La tasa de muerte materna y perinatal en Bolivia es preocupante y aún más preocupante saber que las causas de esas muertes muchas veces son prevenibles, esto impulsa a seguir implementando nuevas estrategias para disminuir estos datos.

De esta manera el objetivo estará centrado en las gestantes, con una propuesta práctica y de amplio beneficio, proponiendo el diseño y desarrollo de un Sistema Experto para la Detección temprana de Embarazos de Alto Riesgo, basándose en la estrategia de razonamiento de las Redes Bayesianas.

1.2 ANTECEDENTES

A inicios de los años 50 Alan Mathinson Turing publicó "Inteligencia y Funcionamiento de las Máquinas", su objetivo era mostrar hasta qué punto las maquinas tienen inteligencia, años más tarde, empieza la utilización de técnicas para la resolución de problemas que se caracterizaban por la búsqueda heurística como modelo para la resolución de problemas, es de esta manera que inició la investigación y desarrollo de los Sistemas Expertos.

Entre 1970 y 1980, se promovió la mayor aportación a la Inteligencia Artificial y en particular a los sistemas expertos, a través del desarrollo del lenguaje PROLOG (PROgraming language for LOGic). Durante ese periodo surge MYCIN, Sistema Experto cuya principal función consistía en el diagnóstico de enfermedades infecciosas de la sangre.

A partir de 1980, numerosas empresas de alta tecnología como IBM, Fujitsu Digital Equipment Corporation, Hewlett Packard, entre otras, inician la investigación y desarrollo de Sistemas Expertos, con el objetivo de integrar dichos sistemas con otras aplicaciones de la Inteligencia Artificial, para mejorar sus prestaciones.

En la década de los 80 surgen las Redes Bayesianas, como modelo probabilístico para el razonamiento con incertidumbre en la inteligencia artificial. Desde entonces se ha expandido notablemente y un ejemplo de ello es el programa Elvira, diseñado con el principal objetivo de construir un entorno de utilidad, para la investigación de nuevos métodos y algoritmos de razonamiento probabilístico y la implementación de sistemas expertos bayesianos.

Desde la década de los 90 ha crecido notablemente el número de investigadores, universidades y empresas dedicados al tema, actualmente existen sistemas expertos bayesianos en diversas especialidades. Dado que la presente investigación se ha centrado en la medicina, podemos citar algunos proyectos que corresponden al mismo campo.

El artículo publicado en diciembre de 2011, por los autores; Santiago Cuadrado Rodríguez, Emilio F. González Rodríguez, Haydee Curbelo Hernández, Yaquelín Luna Carvajal, Gladys

Casas Cardoso, Iliana Gutiérrez Martínez. De la Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. Titulado “Sistema experto basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial”. Describe un sistema experto basado en casos, donde se realizó un procesamiento estadístico en el que se emplearon técnicas multivariadas como el Análisis Discriminante y la Regresión Logística, cuyos resultados, junto a los del Método del Triángulo de Füller, fueron utilizados en el sistema para jerarquizar los factores de riesgo y obtener el grado de importancia de estos. Por medio de la técnica de segmentación CHAID se pudo reducir las comparaciones entre los casos haciendo más eficiente este proceso. La obtención de las funciones de comparación por rasgos para las variables continuas se obtuvo de la aplicación conjunta de un análisis de varianza (ANOVA) y el método TwoStep Cluster Analysis. El sistema experto fue validado finalmente y se comprobó una efectividad en el diagnóstico del 96%.¹

En febrero de 2012, la publicación investigativa de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Por Guillermo Roberto Salarte Martínez, Yanci Viviana Castro Bermúdez, presentan una investigación denominada “Modelo híbrido para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares basado en inteligencia artificial” orientada en el área de la bioinformática, en el campo de minería de datos utilizando la técnica de redes bayesianas y arboles decisión, además de evaluar la utilidad de la metodología bayesiana en la predicción y el diagnóstico médico de enfermedades complejas (cardiovasculares), redes bayesianas se utilizan como representación gráfica del conocimiento previo y métodos de razonamiento en los modelos probabilísticos y en la clasificación de los datos, la estructura obtenida puede presentar un grado de complejidad innecesario que dificulta la representación e interpretación del conocimiento así como también la eficiencia del proceso de inferencia.²

En el 2013, Roxana Poma Canaviri de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales – Carrera de Informática. Plantea la Tesis de Grado titulada

¹(González F., Hernández H, Luna Y, Casas G. Gutiérrez I., 2011)

²(Castro Y., Salarte R, 2012)

“Sistema Experto para el Diagnóstico de Malformaciones Dentarias basado en Redes Bayesianas”, con el objetivo de desarrollar un Sistema Experto que permita diagnosticar malformaciones dentarias en su clasificación de: número, forma, tamaño o estructura, utilizando para ello la metodología de Buchanan, la herramienta Elvira y el lenguaje de programación java.

En Octubre de 2014, Christian Humberto Cabrera Jojoa, de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Publica el artículo investigativo titulado “Sedea: Prototipo de sistema experto para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes de órgano basado en internist”, plantea la creación de un prototipo de Sistema Experto para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes específicas de órgano SEDEA, el cual integra el conocimiento clínico con el modelo descriptivo ofrecido por Internist, a través de una ontología que permite manejar los diferentes conceptos por medio de reglas declaradas en el motor de inferencia de JESS, ofreciendo además interfaces que permiten ingresar y procesar datos con facilidad.³

En abril del presente año, El Hospital La Paz en Madrid, inicia un proyecto de investigación para el diagnóstico genético, El Instituto de Genética Médica y Molecular (INGEMM) del Hospital La Paz-IdiPAZ pondrá en marcha el proyecto "GenXperT" para intentar dar respuesta a mil niños con enfermedades raras que no tienen diagnóstico. Para ello han unido fuerzas junto a Microsoft, FEDER y a la Fundación Síndrome de Dravet. El proyecto se centrará en el estudio de mil pacientes pediátricos con una patología relacionada con la llamada "neurotriada" que son epilepsia, autismo y discapacidad intelectual. Se realizará un estudio de exoma de estos pacientes en el Instituto de Genética del Hospital La Paz y para la parte bioinformática se cuenta con la Unidad de Informática del INGEMM y la colaboración de Microsoft, empresa tecnológica de primer nivel que puede proporcionar los servicios de computación, almacenamiento en la nube y diseño de los sistemas expertos de gestión de big data necesarios para este proyecto.

³ (Cabrera C, 2014)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Fondo de Población de las Naciones Unidas (Unfpa), en Bolivia las gestantes que viven en el área rural tienen cuatro veces más probabilidades de morir que las que habitan en el área urbana. Esto se debe a muchos factores, algunos de ellos son: falta de información acerca de las complicaciones en el embarazo, falta de profesionales del área de ginecología y Obstetricia.

Es preciso indicar también que en el área rural, muchas veces se cuenta con personal de salud de nivel técnico como auxiliares de enfermería, o en el mejor de los casos a licenciados(as) en enfermería o medicina a cargo de la evaluación de las gestantes, sin embargo, este trabajo no corresponde del todo a este nivel de estudio. Ya que para evaluar el nivel de riesgo obstétrico se requiere de amplio conocimiento y experiencia ya que ello definirá el nivel de atención que requiere la gestante.

Es de gran importancia identificar al subgrupo de mujeres embarazadas que requieren de una mayor vigilancia por presentar factores de riesgo claramente identificables, es para este fin que existe el control prenatal, que se define como un conjunto de acciones, procedimientos sistemáticos y periódicos destinados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de los factores que puedan condicionar morbilidad materna y perinatal.

La Tabla 1.1 muestra las principales causas de la muerte materna en Bolivia,

Causa de Muerte Materna	Incidencia
Hemorragias	33%
Infecciones	17%
Aborto	9%
Hipertensión	5%
Parto Prolongado	2%.

Tabla 1.1 Causas de Muerte Materna
Fuente: EPCMM INE, 2009

Es de destacar el porcentaje de otras causas (34%), que incluyen violencia intrafamiliar, accidentes, homicidios y suicidios.

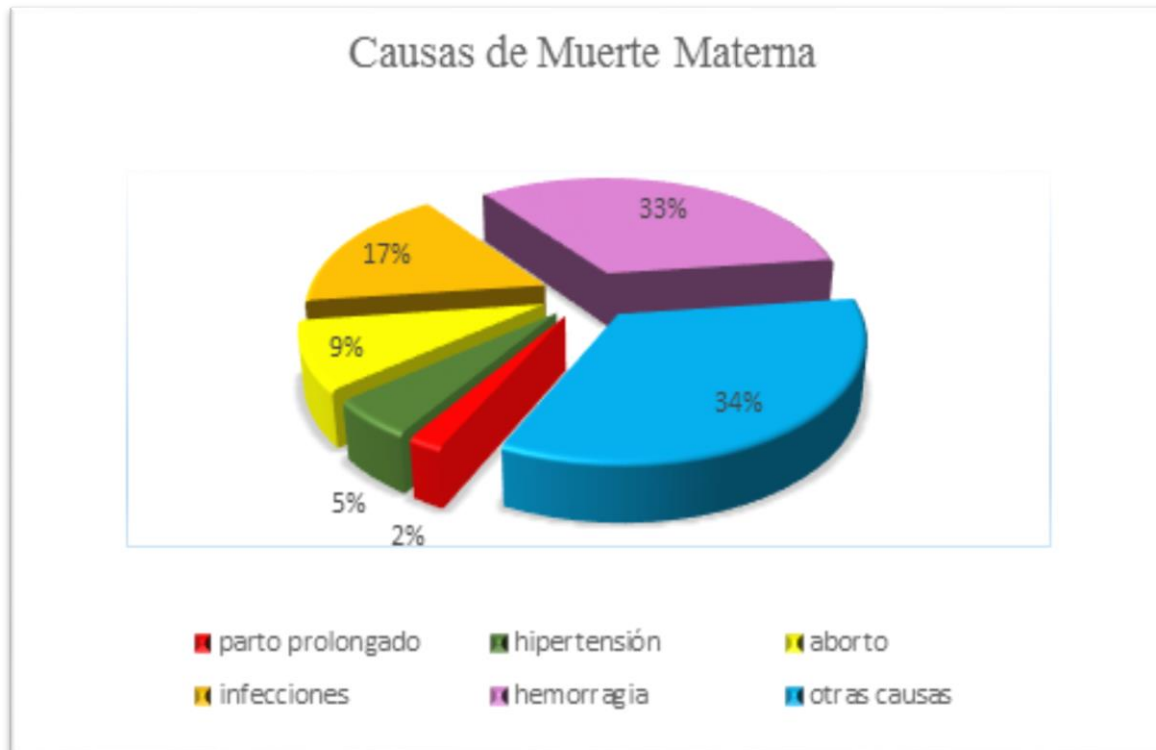


Figura 1.1 Causas de Muerte Materna
Fuente: EPCMM INE, 2009

El Plan Estratégico Nacional para mejorar la Salud Materna Perinatal y Neonatal en Bolivia 2009 – 2015, menciona lo siguiente “El hecho de ser madre y nacer en Bolivia, no debe constituirse en un factor de riesgo: el embarazo y un nacimiento saludable son condiciones ineludibles para vivir bien.”⁴ esto se convierte en un objetivo importante para Bolivia.

1.3.1 PROBLEMA CENTRAL

¿Cómo ayudar a los expertos Ginecólogo Obstetras en la tarea de detectar de forma temprana los embarazos de alto riesgo?

⁴ (EPMM, 2010).

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS

Para el análisis y desarrollo del Sistema Experto, se halló los problemas secundarios

- La ausencia de especialistas Ginecólogo - Obstetras en áreas geográficas alejadas o en horarios poco accesibles, provoca que la gestante no pueda acceder a la atención médica, o lo haga cuando las complicaciones ya están presentes.
- La falta de información confiable acerca de los distintos riesgos y complicaciones que existen durante el embarazo, aumenta el descuido de la gestante y la ausencia total o parcial en el control prenatal.
- Falta de experiencia y/o preparación por parte de algunos especialistas, que pueden confundir el diagnóstico. Esto puede causar daños severos a la salud por no haber dado un tratamiento adecuado a tiempo y a la vez, generar susceptibilidad en la gestante sobre su verdadero diagnóstico.
- La ausencia de herramientas informáticas para la promoción de factores de riesgo y prevención de complicaciones obstétricas, impide la interrelación de la tecnología los profesionales en salud y los pacientes.

1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un Sistema Experto que permita la detección temprana de embarazos de alto riesgo, empleando la estrategia de razonamiento probabilístico de las Redes Bayesianas.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introducir una nueva forma de diagnóstico con herramientas informáticas de uso sencillo, dejando a disposición el conocimiento de un Experto en cualquier momento.
- Apoyar en la tarea de promoción y prevención de complicaciones en el embarazo, transmitiendo información confiable como lo haría el experto Ginecólogo-Obstetra.
- Implantar la complejidad del conocimiento de un experto Ginecólogo-Obstetra de amplia experiencia en el área, en la base de conocimiento del Sistema Experto.

- Emplear los principios, métodos y herramientas de la inteligencia artificial y los Sistemas Expertos utilizando el paradigma de Redes Bayesianas.
- Impulsar al personal de salud, a la población en general y en especial a las mujeres gestantes, a disponer de la tecnología para beneficio de su salud.

1.5 HIPÓTESIS

El uso de Redes Bayesianas permite al Sistema Experto la detección temprana de embarazos de alto riesgo con una confiabilidad de 90%.

1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

De la hipótesis planteada se obtienen las variables dependientes y las variables dependientes

1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Sistema Experto basado en el paradigma de Redes Bayesianas.

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Detección temprana de embarazos de alto riesgo.

1.7 JUSTIFICACIÓN

1.7.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si bien un embarazo es algo natural siempre es de gran importancia llevar un control adecuado y oportuno mientras se está gestando, en el parto y aun después del parto, lastimosamente aún hay mujeres en Bolivia que optan por no ir a las consultas prenatales por muchos factores, uno de ellos es el factor económico que limita a las mujeres embarazadas a no acudir a un especialista a menos que sufran algún síntoma de gravedad, donde lastimosamente los riesgos de complicaciones aumentan o ya están presentes, esto puede significar un mayor gasto económico para la familia.

Con el diseño del Sistema Experto se detectará de manera oportuna embarazos de alto riesgo, para brindar atención oportuna y priorizar la atención de acuerdo al grado de riesgo presente, así evitar el gasto económico que genera cualquier daño a la salud o que esta siga su curso hasta un desenlace fatal.

En el área rural el factor económico es aun de mayor preocupación, por tanto, cualquier estrategia destinada a reducir las tasas de mortalidad materna, perinatal y contribuir a promoción y prevención de riesgo obstétrico, es mínima.

1.7.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Las estrategias del control prenatal están orientadas a la prevención, diagnóstico oportuno y tratamiento de las patologías que condicionan los problemas obstétricos. Los problemas que asocian la mortalidad materna son la hemorragia obstétrica, las infecciones, el síndrome hipertensivo del embarazo y las enfermedades maternas pre gestacionales que pueden llegar a la mortalidad materna, la cual es un grave problema de salud pública que afecta a la mayoría de países en vías de desarrollo del mundo y tiene un gran impacto familiar, social y económico.

Por ello se pretende ayudar a los especialistas en el área y por otro lado, servir como fuente de información a futuros profesionales que estén en el proceso de estudio para la misma, de esta manera servir a la población en general.

1.7.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

El presente trabajo pretende contribuir a la medicina con ayuda de la tecnología, diseñando un Sistema Experto que sirva de ayuda a toda la población, ya sea por medio de un profesional de salud o de forma directa con los pacientes para: Identificación de Riesgos, Prevenir las enfermedades asociadas y propias de la gestación, Educar y promocionar la salud.

De esta manera brindar a la población la oportunidad de contar con un experto en el momento que lo necesiten e involucrarse aún más con la tecnología.

1.8 ALCANCES Y LÍMITES

1.8.1 ALCANCES

El presente trabajo de investigación tiene el propósito de diseñar y desarrollar un Sistema Experto, que coadyuve al experto humano en la detección temprana de embarazos de alto riesgo, tomando en cuenta las principales causas de muerte materna y perinatal en Bolivia.

[Ver Figura 1.1] se hará énfasis en las siguientes: Hemorragias, Infecciones, Aborto, Pre-eclampsia.

De manera general, el Sistema Experto debe reconocer los signos y síntomas de peligro en el embarazo, usando una base de conocimiento que responda de forma análoga a la que haría un experto humano ginecólogo obstetra en las mismas circunstancias. El sistema debe utilizar una interfaz de usuario que sea entendible y agradable al usuario.

1.8.2 ALCANCES TEMPORALES

El objeto de la presente investigación, tomará como período de análisis exclusivamente las etapas del embarazo, definidas como primera y segunda mitad del embarazo, previa al proceso de parto, por considerarse este el periodo que permitirá establecer los objetivos planteados.

La selección de la muestra para la recolección de datos, corresponde al periodo de enero a diciembre de 2014.

1.8.3 ALCANCES ESPACIALES

La presente investigación, obtendrá los datos probabilísticos para la construcción de la Red Bayesiana, en la Maternidad de Bajo Pampahasi de la Red de Servicios de Salud 4 Este.

1.8.4 MÓDULOS

1.8.4.1 REGISTRO DE DATOS

El usuario del Sistema Experto puede operar la aplicación en cualquiera de las siguientes modalidades: Gestante en cualquiera de las etapas del embarazo, para consulta directa con el Sistema Experto y Profesional de salud, de manera indirecta como intermediario entre el Sistema Experto y la Gestante.

1.8.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ

Establecer el protocolo de diálogo; mediante parámetros, menús, íconos, lenguaje natural o cualquier otro del sistema. Debe ser capaz de argumentar las razones por las que formula cierta pregunta, hace un razonamiento y llega a un diagnóstico determinado.

1.8.4.3 CONSTRUCCIÓN DE MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia es el corazón de todo sistema experto. La función principal de este componente es el de sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos.

Como el Sistema Experto planteado está basado en Redes Bayesianas, requiere de tratar con situaciones de incertidumbre es decir; datos probabilísticos.

1.8.4.4 MÓDULOS DEL SOFTWARE ELVIRA

El presente trabajo de investigación, hará uso inicial de la herramienta de software ELVIRA está organizado principalmente en cuatro módulos y son: Presentación de datos, Obtención y almacenamiento de datos, Procesamiento, Visualización.

Las herramientas de ELVIRA y OPEN MARKOV servirán de referencia para crear el prototipo que se requiere, ya que son herramientas probadas y reconocidas serán útiles para comprobar que los datos generados por el nuevo motor de inferencia son los correctos.

1.9 LÍMITES

- El sistema experto propuesto no reemplaza al experto humano, su objetivo es ayudarlo a su mejor desempeño.
- El Sistema Experto no brinda tratamiento farmacológico.
- No sistematiza ni reemplaza los distintos exámenes de laboratorio de las gestantes

1.10 APORTES

1.10.1 PRÁCTICO

Un sistema experto en el área de salud beneficia a toda la población en general. Este software en particular representa un gran beneficio para las mujeres embarazadas, que por diferentes factores no pueden acceder a un especialista y tienen dudas acerca de cambios en el embarazo que son normales y cambios que pueden significar un embarazo de alto riesgo

1.10.2 TEÓRICO

Para que este sistema funcione con la confiabilidad deseada, se trabajara con expertos Ginecólogo Obstetras de alta experiencia y la colaboración de fuentes de información como libros, trabajos de investigación anteriores, datos estadísticos, entre otros.

De esta manera, todo el conocimiento adquirido de las distintas fuentes mencionadas, será debidamente documentado, y así poder servir como base de información en la investigación de proyectos futuros relacionados al tema.

1.11 METODOLOGÍA

Los métodos, técnicas y herramientas utilizadas para alcanzar los objetivos propuestos, se detallan a continuación:

- Método científico, como método de investigación combinando en su proceso la Investigación Documental y de Campo.
- Metodología de Buchanan, para el diseño del Sistema Experto con sus seis pasos fundamentales Identificación, Conceptualización, Formalización. Implementación, Testeo, Revisión del prototipo.
- Redes Bayesianas, como la técnica para tratar el razonamiento con incertidumbre.
- La herramienta de Software ELVIRA y OPEN MARKOV, para la implementación inicial y medio de referencia del prototipo.
- Lenguaje de programación C Sharp c#, en el Entorno de desarrollo, Visual Studio 2013 para el desarrollo del prototipo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Para dar uso correcto a las herramientas, técnicas y metodologías mencionadas en el capítulo anterior es preciso estudiar la base teórica, como definiciones, características, estructuras, fusiones, entre otras.

Los conceptos de cada una de ellas, son la base fundamental para definir el camino a seguir, de la selección y utilización correcta de ellas depende el llegar a los objetivos planteados en el problema de investigación.

Para eso a continuación se muestra conceptos de importancia para desarrollar la presente tesis.

2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial es una rama de la Informática, surgida alrededor de los años cincuenta, que persigue a la vez dos objetivos básicos:

- Estudiar el comportamiento inteligente de los seres humanos, incluyendo tanto el aspecto cognoscitivo como el perceptual, con el fin de simularlo en un ordenador.
- Hacer máquinas inteligentes y programas capaces de imitar el comportamiento humano inteligente, es decir que puedan realizar las operaciones humanas de ver, oír, hablar, razonar, juzgar, comprender, aprender de la experiencia y comunicarse como lo hacen las personas humanas.
- La Inteligencia artificial es multidisciplinaria y se apoya en los conceptos técnicos de otras disciplinas.
- Desde la perspectiva de Inteligencia (Brown, 1997): La inteligencia artificial trata de construir máquinas inteligentes que actúen como nosotros esperamos que la gente actúe.

- Desde la perspectiva de la investigación (Brown, 1997): La inteligencia artificial estudia cómo lograr que las máquinas realicen tareas que por el momento son realizadas mejor por los seres humanos. (Climent, 1999).

2.3 SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial que hace uso amplio del conocimiento especializado de un ser humano para resolver problemas de ciertas áreas. El conocimiento de los Sistemas Expertos puede obtenerse por experiencia o por consulta a distintos medios de información.⁵

Se define también como un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para su solución.

Un sistema experto o sistema basado en conocimiento utiliza conocimiento ganado a través de razonamiento y heurísticas para resolver problemas complejos e intratables del mundo real, con un alto grado de confiabilidad.⁶

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

- **Alto desempeño**

El sistema debe tener la capacidad de responder a un nivel de competencia igual o superior al de un especialista en el campo.

- **Tiempo de respuesta adecuada**

El sistema debe responder en un tiempo razonable, comparable o mejor al requerido por un especialista.

- **Confiabilidad**
- El sistema debe ser lo suficientemente confiable

⁵ (Giarratano-Riley , 2001).

⁶ (Nikolopoulos, 1997)

- **Comprensible**

El sistema debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecutan, de tal modo que sea comprensible.

- **Flexibilidad**

Es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento. Debe tener la capacidad de almacenaje eficiente y modular de las reglas.

2.5 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

Los SE están compuestos por dos partes principales: el ambiente de desarrollo y el ambiente de consulta, el primero es utilizado para crear los componentes e introducir conocimiento en la base de conocimiento. El ambiente de consulta es utilizado para obtener conocimiento experto.

Los siguientes son los componentes básicos de un SE:

- **Subsistema de adquisición de conocimiento:** Es la acumulación, transferencia y transformación de la experiencia para resolver problemas de una fuente de conocimiento a un programa de computadora para construir o expandir la base de conocimiento.

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

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

- **Motor de inferencia:** Es el cerebro del SE, también conocido como estructura de control o interpretador de reglas. Este componente es esencialmente un programa de computadora que provee metodologías para razonamiento de información en la base de conocimiento.

- **Subsistema de justificación:** Se encarga de explicar el comportamiento del SE al encontrar una solución. Permite al usuario hacer preguntas al sistema para poder entender las líneas de razonamiento que este siguió.
- **Interfaz de usuario** es la interacción entre el SE y el usuario, y se realiza mediante el lenguaje natural.

En la Figura 2.1 se muestra la estructura de un sistema experto y la relación entre los componentes básicos del Sistema Experto.

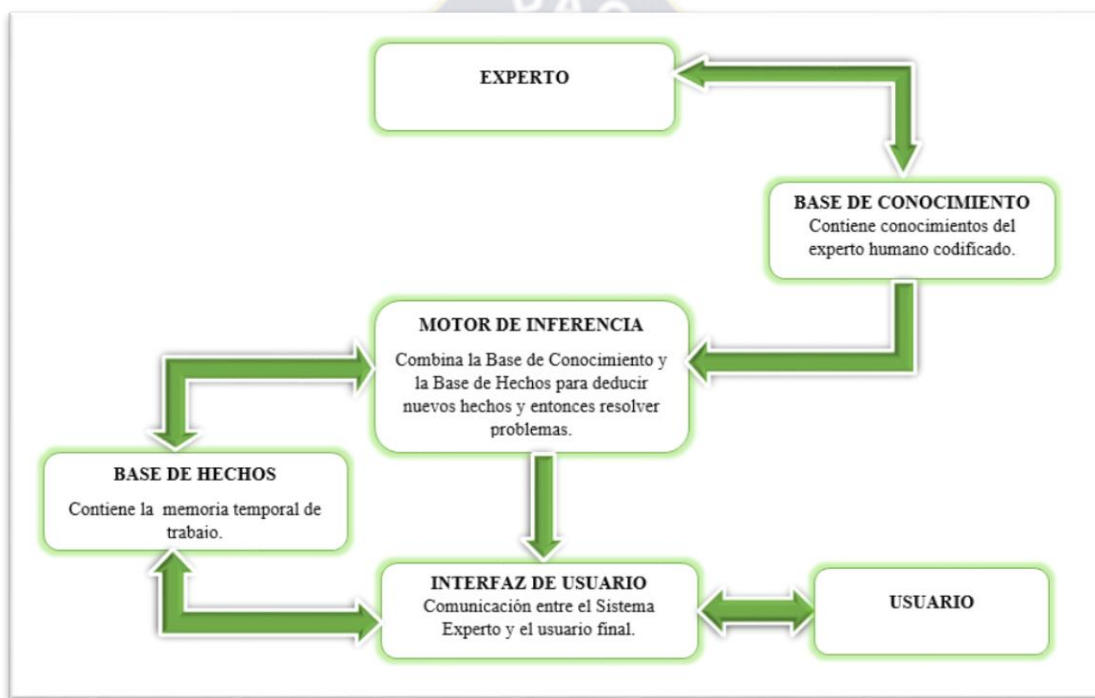


Figura 2.1. Componentes de un Sistema Experto
Fuente: Elaboración propia

2.6 METODOLOGÍA DE BUCHANAN

Uno de los primeros métodos de desarrollo estructurado de sistemas inteligentes fue el propuesto por Buchanan y Shortliffen 1984, según estos autores la adquisición del conocimiento de un sistema inteligente y por extensión la construcción de todo el sistema podía dividirse en seis fases. Las que se pueden visualizar en la Figura 2.2.

Se puede decir entonces, que el desarrollo de un sistema inteligente varía con el desarrollo de un sistema convencional, ya que por su estructura requiere de otro tipo de metodología, proporcionando al Ingeniero de Conocimiento y al experto proveedor de conocimiento mayor integración definiendo la forma, diseño y desarrollo del Sistema Experto.

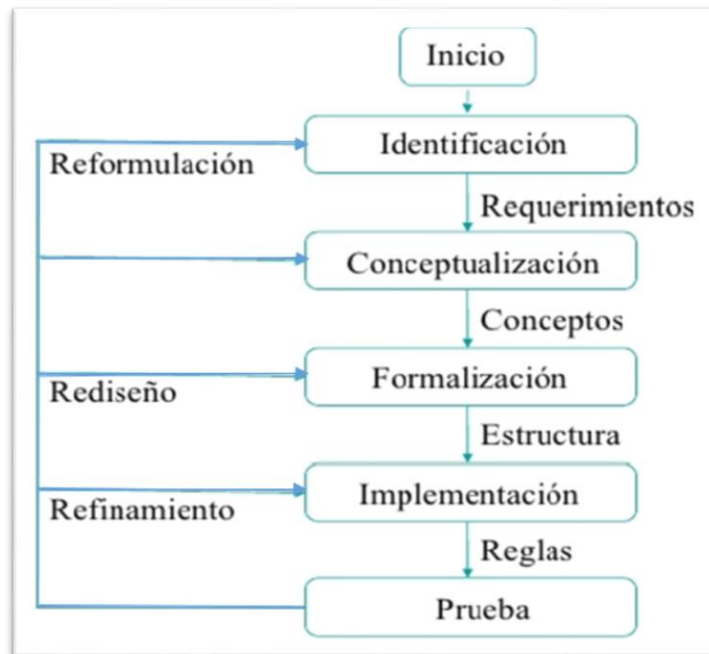


Figura 2.2 Fases de la Metodología Buchanan
Fuente: Buchanan, 1984

2.6.1 IDENTIFICACIÓN

En esta primera fase, se definirá el problema que se trata de resolver, identificando claramente los objetivos que se persiguen y los medios de los que se dispone. Durante esta fase se formula una descripción preliminar del problema, que será revisada por el experto, sugiriendo los cambios que considere oportunos. El ingeniero modificará su descripción preliminar con los cambios sugeridos, presentándola de nuevo al experto para que sugiera nuevos cambios, así repetidamente hasta que ambos lleguen a la descripción del problema adecuada

En esta etapa también se identifican los participantes, los roles, los recursos, fuentes de conocimiento. Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos. Se identifican los objetivos o metas.

2.6.2 CONCEPTUALIZACIÓN

En esta fase, se definen los conceptos que permiten una representación adecuada del conocimiento identificando y todos los elementos necesarios para la solución del problema. Estos elementos son: conceptos, relaciones, procedimientos, reglas de inferencia, heurísticas, entre otras.

Asimismo se analizan los conceptos vertidos por el experto en el área, Los conceptos se toman en cuenta con sumo interés, ya que el experto del área es quien conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

Para todo lo mencionado es preciso, Aprender acerca del área, Especificar criterios de desempeño, Seleccionar una herramienta apropiada, Desarrollar diseño.

2.6.3 FORMALIZACIÓN

En la fase de Formalización se deben formar las relaciones entre todas las variables, de entrada, intermedias y la variable objetivo final, de una manera acorde con la herramienta que se va a utilizar.

En el supuesto de un sistema experto basado en reglas el ingeniero del conocimiento debe desarrollar un conjunto de reglas hasta que representen el conocimiento del experto adecuadamente, creando el llamado “diagrama de dependencias” en el cual figuran todas las variables relevantes y las relaciones de dependencia entre ellas.

Lo que se pretende es, encontrar una adecuada representación de los conocimientos adquiridos, garantizando su correcta manipulación. Es el primer acercamiento a la máquina en lo que respecta a su implementación.

2.6.4 IMPLEMENTACIÓN

En la etapa de implementación, el Ingeniero del Conocimiento transforma el conocimiento formalizado en la etapa anterior, en el ordenador utilizando las herramientas y técnicas especificadas, para ello se requiere:

- Contenido: está dado por el conocimiento que se ha generado en la etapa de formalización en el diagrama de dependencias.
- Forma: está dada por el lenguaje y herramienta elegida para el desarrollo del sistema.
- Integración: comprende combinar y reorganizar diversas partes del conocimiento para eliminar desajustes globales entre estructuras de datos y reglas o especificaciones de control.

2.6.5 TESTEO

Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de la inferencia, verificándose la funcionalidad del sistema. Para ello se somete el modelo construido a distintas pruebas, se estudian las soluciones y la forma de llegar a ellas en el caso de que se produzcan incongruencias.

2.6.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Durante este proceso es posible que sea necesario volver atrás para añadir reglas o eliminar otras que se demuestre que son innecesarias. En esta fase también se pueden descubrir problemas o errores tales como:

- Falta de conceptos y relaciones.
- Nivel de representación del conocimiento inadecuado.
- Mecanismos de control difíciles de manejar

Estos problemas, pueden forzar a los diseñadores del sistema a volver a fases previas para: Reformular conceptos. Refinar las reglas de inferencia, Revisar el flujo de control.

2.7 REDES BAYESIANAS

Las redes bayesianas o probabilísticas se fundamentan en la teoría de la probabilidad y combinan la potencia del Teorema de Bayes con la expresividad semántica de los grafos

dirigidos; las mismas permiten representar un modelo causal por medio de una representación gráfica de las independencias / dependencias entre las variables que forman parte del dominio de aplicación ⁷

Existen diversos tipos de Redes Bayesianas dependiendo del tipo de variables que contenga el grafo (discretas, continuas, o ambas) y del tipo de distribución que se considere para cada variable. Dos tipos importantes de redes Bayesianas son las redes multinomiales y las redes normales o Gausianas.

Se puede interpretar a una Red Bayesiana de dos formas:

- **Distribución de probabilidad:** Representa la distribución de la probabilidad conjunta de las variables representadas en la red.
- **Base de reglas:** Cada arco representa un conjunto de reglas que asocian a las variables involucradas. Dichas reglas están cuantificadas por las probabilidades respectivas.

Los estados que puede tener una variable deben cumplir con dos propiedades:

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

A continuación se indican algunas definiciones y notaciones propias de la terminología de las redes bayesianas:

- **Nodo:** Un nodo X es una variable aleatoria que puede tener varios estados x_i . La probabilidad de que el nodo X este en el estado x se denotara como $P(x) = P(X=x)$.
- **Arco:** Es la unión entre dos nodos y representa la dependencia entre dos variables del modelo. Un arco queda definido por un par ordenado de nodos. (X, Y).
- **Padre:** El nodo X es padre del nodo Y, si existe un arco (X, Y) entre los dos nodos

⁷ (Pearl, 1988).

- **Hijo:** El nodo Y es un hijo del nodo X, si existe un arco (X, Y) entre los dos nodos
- **Probabilidad Conjunta,** dado un conjunto de variables $\{X, Y, \dots, Z\}$, la probabilidad conjunta especifica la probabilidad de cada combinación posible de estados de cada variable $P(x_i, y_j, \dots, z_k) \forall i, j, \dots, k$, de manera que se cumpla:

$$\sum_{i,j,\dots,k} P(x_i, y_j, \dots, z_k) = 1$$

- **Probabilidad condicional:** Dadas dos variables X e Y, la probabilidad de que ocurra j y dado que ocurrió el evento x_i es la probabilidad condicional de Y dado X y se denota como $P(Y_j / X_i)$.

La probabilidad condicional por definición es:

$$P(y_j | x_i) = \frac{P(y_j, x_i)}{P(x_i)}, \text{ dado } P(x_i) > 0$$

Análogamente si se intercambian el orden de las variables:

$$P(x_i | y_j) = \frac{P(y_j, x_i)}{P(y_j)}$$

A partir de las formulas anteriores se obtiene:

$$P(y_j | x_i) = \frac{P(y_j)P(x_i | y_j)}{P(x_i)}$$

Esta expresión se conoce como el *Teorema de Bayes* que en su forma general es:

$$P(y_j | x_i) = \frac{P(y_j)P(x_i | y_j)}{\sum_j P(x_i | y_j)P(y_j)}$$

Al denominador se lo conoce como *Teorema de Probabilidad Total*

En las redes bayesianas el conjunto de valores que componen la probabilidad condicional de un hijo dados sus padres, se representa en las llamadas tablas de probabilidad condicional.

- **Independencia:** Dos variables X e Y son independientes si la ocurrencia de una no tiene que ver con la ocurrencia de la otra. Por definición se cumple que Y es independiente de X si y sólo si:

$$P(y_j, x_i) = P(y_j)P(x_i) \forall i, j$$

Esto implica que:

$$P(y_j | x_i) = P(y_j) \forall i, j$$

$$P(x_i | y_j) = P(x_i) \forall i, j$$

Observación Es la determinación del estado de un nodo ($X = x$) a partir de un dato obtenido en el exterior del modelo.

- **Evidencia:**

Es el conjunto de observaciones $e = \{X=x, Y=y, \dots, Z=z\}$ en un momento dado.

- **Probabilidad a priori**

Es la probabilidad de una variable en ausencia de evidencia.

- **Probabilidad a posteriori**

Es la probabilidad de una variable condicionada a la existencia de una determinada evidencia; la probabilidad a posteriori de X cuando se dispone de la evidencia e se calcula como $P(X/e)$.

Como ejemplo de una Red Bayesiana, se puede representar las relaciones probabilísticas entre enfermedades y síntomas. Dados los síntomas, la red puede ser usada para computar las probabilidades de la presencia de varias enfermedades. (Holland, 1992).

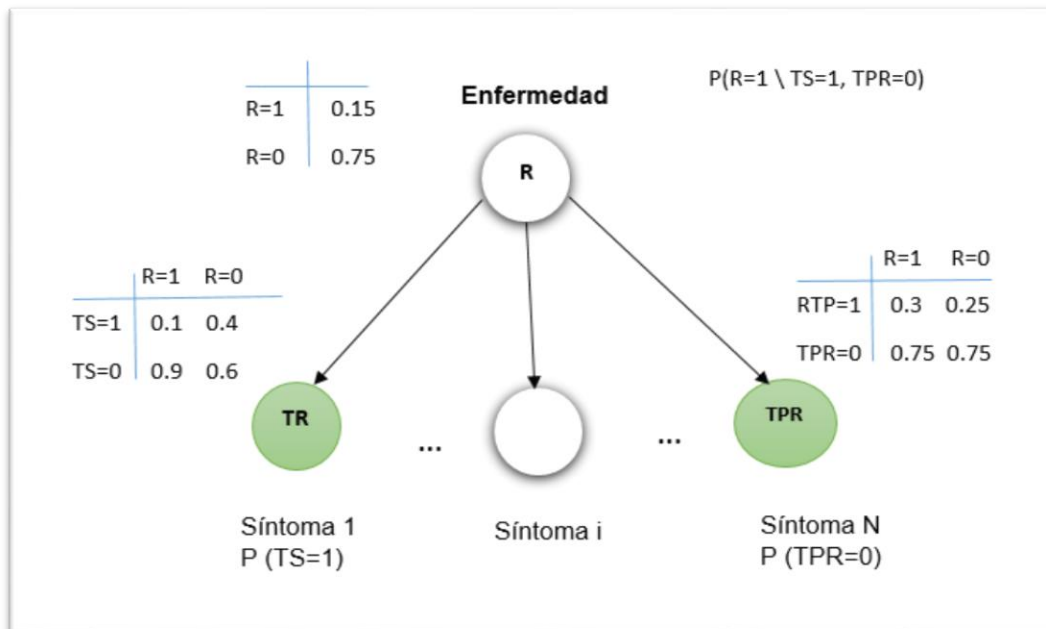


Figura 2.3 Ejemplo de una Red Bayesiana de Diagnóstico
Fuente: Kim J. and Pearl J. A, 1983

En la Figura. 2.3 La Red Bayesiana es un modelo probabilístico basado en el teorema de Bayes y que establece una relación entre síntomas y enfermedades mediante la base de conocimiento en un grafo, en donde los nodos padres presentan a los efectos y los nodos hijos a las causas, teniendo así un conjunto de reglas implícitamente representado el nodo causa-efecto y así posibilita mantener la información que es necesaria para lograr una inferencia sobre el grafo y obtener un diagnóstico resultante.

2.7.1 INFERENCIA BAYESIANA

El proceso de inferencia para este proyecto será basado en el algoritmo de paso de mensajes de Kim y Pearl que considera la comunicación bidireccional lo que permite establecer razonamiento de diagnóstico. Por otro lado el algoritmo almacena valores parciales en base a los mensajes, recibidos de los nodos padres e hijos respectivamente. Esto permite realizar un pre-cálculo de probabilidades lo que permite ahorrar tiempo para la siguiente vez en el que se tenga que realizar esta tarea.

En el caso de que la base de conocimientos sea una red bayesiana, la función de clasificación estará definida a partir de probabilidades condicionadas. Los algoritmos basados en probabilidades aplicados para el aprendizaje de la base de conocimiento en un sistema experto se comportan mejor que aquellos basados en reglas.

2.8 TEOREMA DE BAYES

La estructura del Teorema de Bayes permite el cálculo de probabilidades después de haber realizado un experimento, lo que se denomina probabilidades aposteriori, se basa en la ocurrencia de ciertos eventos que dependan del evento estudiado, dicho de otra forma, se parte de probabilidades conocidas antes de efectuar el experimento, a lo que se denomina probabilidades apriori, las cuales son afectadas por las probabilidades propias del experimento.

La probabilidad condicional de A_i dado B, para cualquier i, es:

$$P(A_i | B) = \frac{P(A_i \cap B)}{P(B)}$$

Aplicando en el numerador la Regla de Multiplicación tenemos:

$P(A_i/B) = P(A_i) P(B|A_i)$ y en el denominador el Teorema de Probabilidad Total $P(B) = P(A_1) P(B | A_1) + P(A_2) P(B | A_2) + \dots + P(A_n) P(B | A_n)$, obtenemos la ecuación que representa al Teorema de Bayes.

$$P(A_i | B) = \frac{P(A_i) P(B | A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) P(B | A_i)}$$

2.9 RIESGO OBSTÉTRICO

Tener un embarazo de alto riesgo significa que la mujer tiene mayores posibilidades de complicaciones debido a las condiciones de su embarazo, a su estado médico o su estilo de vida, o como consecuencia de factores externos. Muchas veces, las complicaciones son inesperadas y pueden producirse sin que haya indicios previos. Otras veces, hay ciertos factores de riesgo que aumentan la posibilidad de que haya problemas. (Atacho, 2006)

Es mediante el Control prenatal que podemos vigilar la evolución del embarazo permitiéndonos detectar, prevenir y diagnosticar a tiempo posibles complicaciones. Podemos definir el control prenatal como un conjunto de acciones, procedimientos sistemáticos y periódicos, destinados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de los factores que puedan condicionar morbilidad materna y perinatal.

En Bolivia actualmente la mortalidad materna así como la mortalidad perinatal y neonatal continúa siendo una epidemia silenciosa. Los riesgos de muerte se incrementan ante la falta de conocimientos sobre los posibles problemas que pueden presentarse durante el embarazo y parto, es decir, por la mala alimentación de la mujer durante su desarrollo y el ciclo reproductivo, lastimosamente al parecer la sociedad boliviana se ha adaptado a esta situación y no reconoce la importancia de la muerte materna y el valor del recién nacido/a.

2.9.1 PRINCIPALES PATOLOGÍAS OBSTÉTRICAS

Como se puede apreciar en la Figura 1.1. Las principales causas de muerte materna en Bolivia son: Hemorragias, Infecciones, Aborto, Hipertensión.

La hemorragia en cualquier edad gestacional es una emergencia, pero si se tiene el diagnóstico preciso y a tiempo, se puede intervenir para evitar que llegue a su peor desenlace. Por otro lado a la hora de diagnosticar, el término hemorragias en el embarazo es muy general, de manera que se estudiaran los diagnósticos más frecuentes encontrados como evidencia y a su vez la diferenciación entre ellas:

2.9.2 HEMORRAGIAS DE LA PRIMERA MITAD DEL EMBARAZO

a) ABORTO

El Aborto se define como la terminación del embarazo posterior a la implantación del huevo fecundado en la cavidad endometrial, antes que el feto logre la viabilidad (menor de 22 semanas de edad gestacional, con un peso fetal menor de 500 gramos y una longitud céfalo-caudal < 25cm)⁸

⁸(definición OMS,)

Esta definición debe tener en cuenta que en ocasiones el recién nacido que presenta al nacer un peso menor a 500 gramos puede ser reanimado y sobrevivir. Si el recién nacido ingresa en la unidad neonatal y fallece posteriormente, su caso debe registrarse como mortalidad neonatal con independencia de que el peso haya sido inferior a 500 gramos.

De las mujeres que tienen abortos inducidos o espontáneos, alrededor de 66.500 al año, según un estudio de Ipas-Bolivia, aproximadamente 28.000 llegan a los servicios públicos y de la seguridad social con la complicación más frecuente, la hemorragia de la primera mitad del embarazo.

b) CLASIFICACIÓN DEL ABORTO

El interrogatorio y el examen físico genital son fundamentales para diagnosticar y clasificar un aborto. A continuación se detallan las características del aborto según su clasificación [Ver Figura 2.4]

i. Amenaza de aborto

Es la aparición de una metrorragia en la primera mitad de una gestación. Puede ir acompañado de dolor hipogástrico discontinuo leve. La sangre proviene de vasos sanguíneos para-placentarios rotos. El orificio cervical interno permanece cerrado, y por ecografía se confirma la vitalidad embrionaria o fetal.

ii. Aborto en curso o inminente

Hemorragia vaginal y orificio cervical interno abierto, como consecuencia de la dinámica uterina. Aborto consumado completo. Ya se ha producido la expulsión total de los restos.

iii. Aborto consumado incompleto

Las contracciones uterinas han terminado. Hay expulsión de partes ovulares pero el útero no está vacío.

iv. Aborto diferido

Se ha producido la retención de una gestación no evolutiva en el útero durante varias semanas. En la clínica, se llama aborto diferido cuando detectamos muerte embrionaria o su ausencia (huevo huero) antes de que comience un aborto en curso.

v. Aborto recurrente o habitual

Se denomina así en caso de ocurrir 3 o más abortos espontáneos consecutivos o 5 alternos.

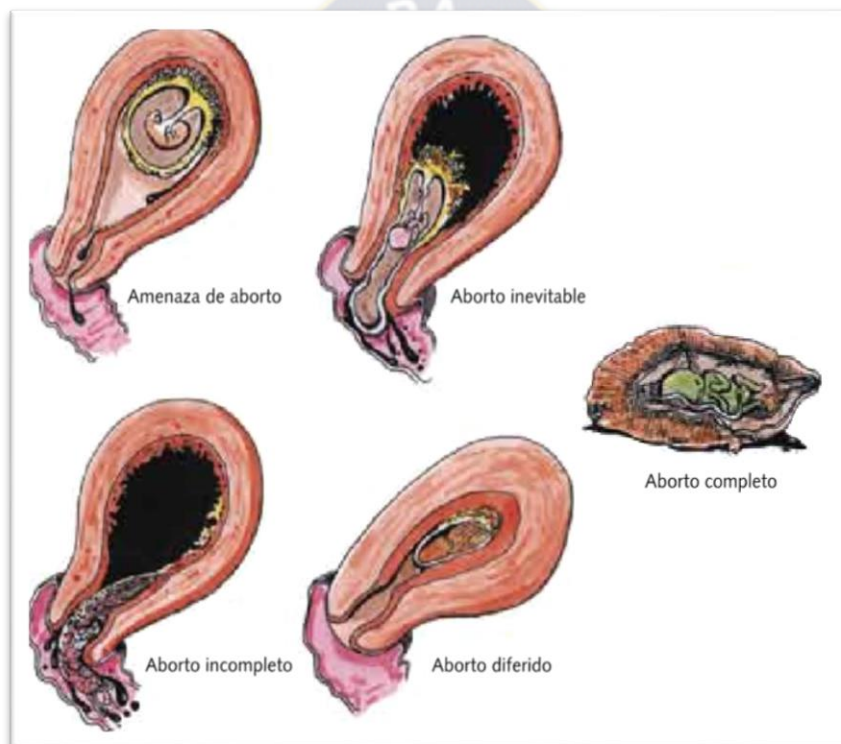


Figura 2.4: Tipos de Aborto
Fuente: Prieto, 2013

e) **TRATAMIENTO**

El diagnóstico de Aborto en cualquier clasificación requiere de atención en un centro asistencial de segundo y tercer nivel. El tratamiento básico consiste en: Mantener los Signos vitales estables

Examinar signos de infección y con posibilidad de retorno seguro y rápido al Centro de atención.

2.9.2.1 HEMORRAGIAS DE LA SEGUNDA MITAD DEL EMBARAZO

a) PLACENTA PREVIA

Es la complicación obstétrica que se representa cuando la implantación placentaria se realiza a nivel del segmento uterino y que, en ocasiones, cubre el orificio cervical interno parcial o totalmente, de tal modo que obstruye el paso del feto durante el parto.

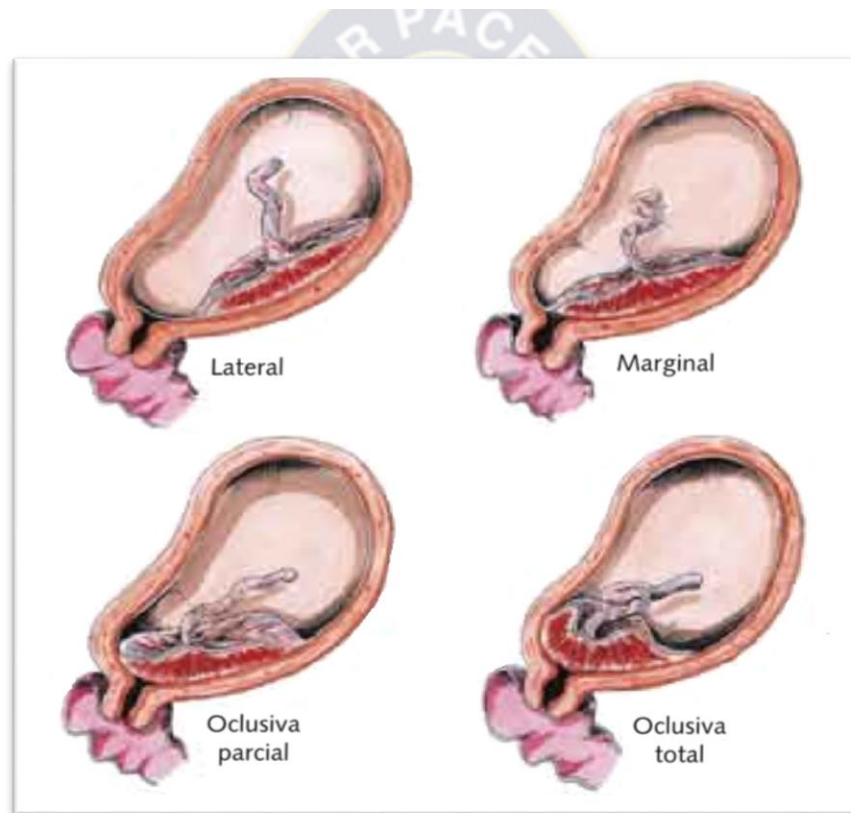


Figura 2.5 Clasificación de Placenta Previa
Fuente: Prieto, 2013

Como se observa en la Figura 2.5, el diagnóstico de placenta previa tiene la siguiente clasificación:

- vi. **Inserción baja:** El borde placentario se encuentra en el segmento inferior a menos de 8 cm del orificio cervical uterino

- vii. **Marginal:** El borde placentario alcanza márgenes del orificio cervical.
- viii. **Central parcial:** La placenta cubre el orificio cervical interno cuando el cuello se encuentra cerrado, pero cuando hay una dilatación igual o mayor a 3 cm sólo cubre parcialmente el orificio cervical interno
- ix. **Central Total:** La placenta cubre la totalidad del orificio cervical interno aun con dilatación avanzada.

2.9.2.2 DESPRENDIMIENTO PREMATURO DE PLACENTA NORMALMENTE INSERTA

Se define como la separación parcial o total de la placenta normalmente insertada en la cavidad uterina, siempre que ocurra después de las 20 semanas de gestación y antes del tercer periodo de trabajo de parto.[Ver Figura 2.6].

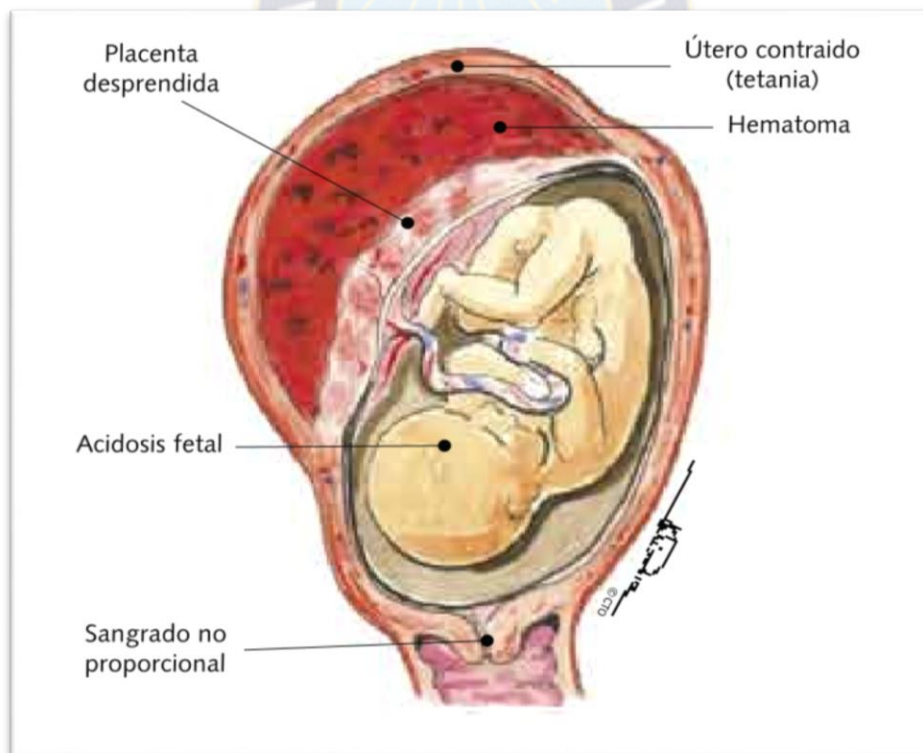


Figura 2.6 Desprendimiento prematuro de Placenta Normoinsera
Fuente: Prieto, 2013

Factores de riesgo: Trastornos hipertensivos en el embarazo, Descompresión brusca del útero, Edad materna mayor de 35 años, Tabaquismo y alcoholismo, Cordón umbilical corto, Traumatismo abdominal. Tumoraciones uterinas, Embarazo con dispositivo intrauterino.

2.9.2.3 INFECCIONES

Para hablar de infecciones durante el embarazo, es necesario saber primero las causas de la infección, según la evidencia encontrada la primera causa de infecciones son las complicaciones de aborto, otra causa es la ruptura prematura de membranas fetales que sirven como barrera ante la infección ascendente. Una vez que se ha dado la ruptura, es recomendado el parto cuando el riesgo de infección sobrepasa el riesgo de prematuridad.

2.9.2.4 HIPERTENSIÓN EN EL EMBARAZO

Se define a la hipertensión del embarazo como el trastorno que se presenta durante la gestación, parto o puerperio que se caracteriza por la elevación de las cifras tensionales a valores iguales o mayores de 140/90 mm/Hg acompañada por signos y síntomas

a) PRECLAMPSIA

Es un trastorno multisistémico del embarazo y puerperio y se clasifica según su clínica de la siguiente manera:

i. PRECLAMPSIA LEVE

Presión arterial sistólica mayor de 140 mmHg o presión arterial diastólica igual o mayor de 90 mmHg, que comienza entre la semana 20 de gestación y las 24 horas post parto, más proteinuria (igual o mayor de 0,3 g/l en una muestra de orina de 24 horas o mayor de 1 g/l en una muestra aislada) y edema periférico

ii. PRECLAMPSIA MODERADA/GRAVE

Presión arterial sistólica igual o mayor de 160 mmHg, presión arterial diastólica igual o mayor de 110 mmHg, proteinuria igual o mayor de 5 g/día y edema generalizado. Presenta

además alguna de las siguientes características: oliguria menor a 500 ml/día o creatinina sérica mayor a 2 mg/ dl, alteraciones visuales y cefalea, cianosis y edema pulmonar, disfunción hepática (dolor epigástrico o en hipocondrio derecho y TGO elevado), trombocitopenia (menor a 100000/ml) y eclampsia.



CAPÍTULO III

MARCO APLICATIVO

3.1 INTRODUCCIÓN

Para modelar un Sistema Experto se debe definir primero el dominio del problema, así elegir toda la estructura que se requiere para su desarrollo. Como el objetivo del Sistema Experto propuesto, está centrada en el área médica, con la Detección temprana de Embarazos de Alto Riesgo, se puede evidenciar que en esta área las técnicas utilizadas por el experto a la hora de definir un diagnóstico, expresa cierto grado de incertidumbre, ya que existen distintos factores que impiden certeza total a la hora de diagnosticar. Por ejemplo, dado que la gestante presenta un conjunto de síntomas, ¿cuál de las posibles complicaciones obstétricas es la que tiene la gestante? ¿La gestante presenta alto riesgo obstétrico?, Esta situación implica un cierto grado de incertidumbre puesto que:

- Los hechos o datos pueden no ser conocidos con exactitud, ya que, la gestante puede no estar segura de haber tenido hemorragia, cefaleas los días pasados. Por ello, hay un cierto grado de incertidumbre en la información asociada a cada gestante (subjetividad, imprecisión, ausencia de información, errores, datos ausentes, entre otras.).
- El conocimiento no es determinista. Por ejemplo, las relaciones entre las complicaciones obstétricas y los síntomas no son deterministas, puesto que un mismo conjunto de síntomas puede estar asociado a diferentes complicaciones obstétricas.

De esta manera evidenciamos la importancia de contar con Sistemas Expertos que traten situaciones de incertidumbre para detectar alto riesgo obstétrico. Para ello, la presente tesis hace uso de las Redes Bayesianas por ser una de las más intuitivas y más aceptadas a la hora de medir incertidumbre.

3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

Teniendo como base todo lo mencionado en el capítulo anterior, se pasara al diseño y desarrollo del Sistema Experto, para lo cual se adoptara la metodología de Buchanan, que gracias a sus seis etapas fundamentales, permite el desarrollo estructurado de sistemas inteligentes. [Ver Figura 3.1]

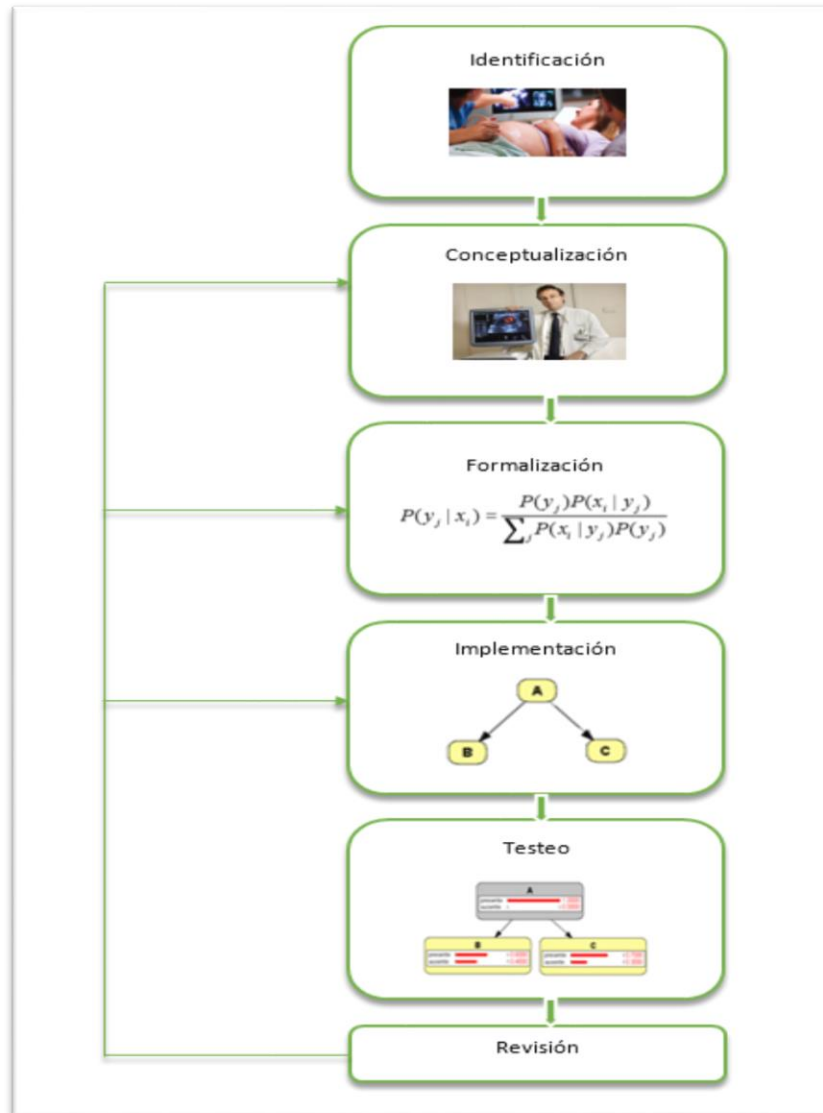


Figura 3.1 Metodología Buchanan -Aplicación de Redes Bayesianas
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.1 se muestran las seis etapas de Buchanan, donde se introduce el Teorema de Bayes - Redes Bayesianas, con la finalidad de, calcular y estructurar con facilidad las probabilidades “a posteriori”, que requiere el Sistema Experto propuesto.

3.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En Bolivia la muerte materna, perinatal y neonatal continúa siendo una epidemia silenciosa que atenta contra los derechos básicos de salud, lamentablemente hay comunidades que aceptan estos hechos con tal naturalidad que no reconocen la importancia de acudir a tiempo a un centro de salud. Es necesario hacer notar a la población el problema que significa tener esas altas tasas de muerte materna, perinatal y neonatal y lo más importante que conozcan las estrategias orientadas a disminuir esos datos.

Basado en esta información y la importancia de la misma, se plantea el desarrollo del Sistema Experto con el objetivo de realizar la Detección temprana de embarazos de alto riesgo, es decir, identificar en forma oportuna y efectiva embarazos que podrían necesitar tratamiento y un control más estricto.

Existen diversas complicaciones que podrían presentarse durante el embarazo, pero al mencionar alto riesgo, se está haciendo referencia a complicaciones con mayor índice de mortalidad. De esta manera el problema está enfocado únicamente en las complicaciones obstétricas con mayor índice de muerte materna en Bolivia y/o mayor dificultad a la hora de diagnosticar. Para ello es necesario:

- Implementar métodos que faciliten la participación del personal en salud, la comunidad de hombres y mujeres para atender la salud materna de manera oportuna.
- Fortalecer los sistemas de información, vigilancia, monitoreo y evaluación de la salud materna.

Por lo mencionado y para que el Sistema Experto tenga mayor probabilidad de éxito en su implementación se tomó como parte de ella, las prácticas de atención obstétrica basadas en evidencia.

3.2.1.1 DEFINICIÓN DE ROLES Y FUENTES DE CONOCIMIENTO

Para dar inicio al desarrollo del Sistema Experto se definió los siguientes roles y fuentes de conocimiento:

Experto en el Área: Se tiene como base fundamental para extraer información, la participación de una ginecóloga Obstetra de amplio conocimiento y experiencia, también se tiene la colaboración de un especialista médico de familia, juntos sumaran el conocimiento que requiere es Sistema Experto.

Ingeniero de Conocimiento: Analiza y estructura el conocimiento adquirido del experto, implementa y desarrolla el SE. (Autor de la presente tesis de grado)

Usuario final: El usuario final también fue parte del desarrollo, se identificaron como tales a las gestantes, personal de salud en general, incluso el mismo experto.

Fuentes de Conocimiento: Al conocimiento extraído de los expertos en el área, se suma la información de libros, revistas de investigación, páginas de internet, referentes a ginecología y obstetricia.

3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

En esta etapa se analizarán los conceptos vertidos por el experto en el área, que es quien conoce en detalle los fundamentos particulares del tema de investigación.

3.2.2.1 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

La adquisición de conocimiento es parte fundamental en el desarrollo del Sistema Experto, por ello, es preciso que el Ingeniero de Conocimiento se familiarizarse ampliamente con el contexto de trabajo. De esta manera lo primero que se hizo fue conocer acerca de las distintas complicaciones que existen durante el embarazo, la sintomatología, el tratamiento a seguir y la terminología médica utilizada para estos casos.

El proceso de adquisición del conocimiento que se siguió fue por etapas que se detallan a continuación:

i. PRIMERA ETAPA, ENTREVISTA CON LOS EXPERTOS Y EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Las entrevistas se realizaron principalmente con una ginecóloga – obstetra, y algunos posibles usuarios del Sistema Experto, entre ellos podemos mencionar; personal de salud en general y/o participantes de distintas casas de estudio superiores en el área de salud. De manera que se recolectaron las necesidades y/o requisitos funcionales del futuro sistema y lo que los usuarios esperan del mismo. Se concluyó:

- Trabajar en los diagnósticos de mayor incidencia en los datos obtenidos del centro de salud Maternidad-Pampahasi. Que con seguridad coincidirán con las principales causas de muerte materna en Bolivia.
- Diseñar un Sistema Experto que pueda resolver las dudas principales de las pacientes en estado de gestación, ya que muchas veces por factores de políticas internas o tiempo, no se puede realizar ni por el propio experto ginecólogo - obstetra en la consulta médica.
- Sistema Experto debe estar enfocado a la prevención, detección temprana y manejo medico oportuno de posible ARO (Alto Riesgo Obstétrico).

ii. SEGUNDA ETAPA, TOMA DE MUESTRA

Posterior a las entrevistas con los expertos se procedió a tomar la muestra poblacional de gestantes con diagnóstico de alto riesgo obstétrico y los distintos signos, síntomas así como los datos requeridos de las mismas, para este fin se solicitó la debida autorización a la directora del Centro de Salud Pampahasi Bajo -Maternidad.

De esta manera se pudo acceder a las historias clínicas que fueron parte fundamental para adquirir los datos necesarios, y así poder realizar la representación de incertidumbre que se requiere por tratarse de un Sistema Experto basado en Redes Bayesianas. En la Figura 3.2 se puede visualizar parte de la estructura del Carnet Perinatal, donde se registran los Datos personales, Antecedentes personales y Antecedentes Obstétricos de la gestante en cuestión.

Esta fue referencia principal para obtener factores de riesgo en gestantes diagnosticadas con Alto Riesgo Obstétrico, la otra parte consiste en la revisión de la historia clínica en general

CARNET PERINATAL SUMI

CARNET PERINATAL - CLAP - OPS / OMS

NOMBRE: _____

DOMICILIO: _____ ZONA: _____

LOCALIDAD: _____

MUNICIPIO: _____ RED: _____

FECHA DE NACIMIENTO: día mes año

ALFA BETA: sí no

ESTUDIOS: ninguno primaria secundaria univ. años en el mayor nivel

ESTADO CIVIL: casada unión estable soltera otra

CONTROL PRENATAL EN: _____

PARTO EN: _____

NUMERO H. CLINICA: _____

ANTECEDENTES

FAMILIARES

TBC: no sí

diabetes: no sí

hipertensión: no sí

preeclampsia: no sí

eclampsia: no sí

otros: no sí

PERSONALES

adm. preconcep. no sí

acido fólico no sí

cirugia tracto reprod. no sí

infertilidad no sí

cardiop/ nefrop. no sí

cond. médica nefrón no sí

OBSTETRICOS

gestas previas: abortos:

vaginales: nacidos vivos:

viven:

3 espont. consecutivos

partos: cesáreas:

nacidos muertos:

muertos 1º sem.

después 1º sem.

último < 2500g último > 4500g último preeclampsia eclampsia

FIN DE EMBARAZO ANTERIOR: mes año

menos de 6 meses más de 5 años

EMBARAZO PLANEADO: sí no

FRACASO METODO ANTICONCEPTIVO: no usaba condón DIU píldora depo natural

Figura 3.2 Carnet Perinatal
Fuente: Elaboración propia

iii. TERCERA ETAPA, ENTREVISTA CON LOS EXPERTOS Y EVALUACIÓN DE MUESTRA

En esta etapa se unió toda la información obtenida del Centro de salud Pampahasi Bajo – Maternidad, con los datos obtenidos en la primera entrevista con la experta Ginecóloga-Obstetra. Se realizó la selección de información, según el criterio de experta.

Según la evidencia encontrada se tomaron las decisiones necesarias para la viabilidad del Sistema Experto.

Con todo lo anterior se puede dar paso al diseño y desarrollo del Sistema Experto, contando siempre con la colaboración de la Ginecóloga-Obstetra, otros especialistas y personal de apoyo, como ser personal de salud en general.

Para cada entrevista se siguió el siguiente protocolo: Escuchar al experto, transcribir todo el conocimiento obtenido, analizar la información, preguntar al experto dudas y pedir los detalles necesarios.

Protocolo a Seguir para Detectar Alto Riesgo Obstétrico

Según las entrevistas con los especialistas se recomienda realizar el siguiente protocolo básico para la consulta médica con la gestante.

Interrogatorio a la gestante, con el objetivo de identificar: Historia clínica perinatal, los síntomas de alarma (por ejemplo: cefalea, edemas, sangrado, datos de infección de vías urinarias y vaginales)

Exploración gineco-obstétrica, consiste en: Valoración peso / talla, Presión arterial, Crecimiento uterino, Posición fetal, Frecuencia cardíaca fetal, Solicitud de exámenes de laboratorios, Solicitud y valoración del examen general de orina, Biometría hemática glucemia y VDRL, Valoración del grupo sanguíneo, Solicitar Elisa para VIH en mujeres en riesgo.

Manejo: Prescripción profiláctica de hierro y ácido fólico, Micronutrientes, Aplicación de toxoide tetánico y diftérico,

Registro: Registrar en expediente clínico signos, síntomas y evolución del embarazo, Registrar en el carnet prenatal

Orientación y consejería en: Signos y síntomas de alarma, Nutrición, Promoción de la lactancia materna, Cuidados al recién nacido, Planificación familiar

3.2.3 FORMALIZACIÓN

3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO

La base de conocimientos, constituye el banco de datos del sistema experto, que está compuesto fundamentalmente por hechos y por reglas. Las reglas representan acciones que el sistema deberá iniciar cuando se encuentre con determinadas condiciones, mientras que los hechos especifican verdaderas proposiciones acerca del problema a resolver; ambos constituyen el conocimiento abstracto o general del sistema experto. Para la base de conocimiento es necesario identificar primero los conceptos relevantes e importantes, esto implica la construcción de la red bayesiana siguiendo básicamente tres tareas: Identificación

de las variables y de sus valores, Relación entre variables, Obtención de las probabilidades asociadas a cada nodo del grafo.

3.2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS VALORES

Las variables de entrada representaran a los distintos signos, síntomas y datos necesarios introducidos por el usuario, para determinar si la gestante presenta Alto Riesgo Obstétrico.

Estos datos servirán para realizar la inferencia del Sistema Experto,

VARIABLE DE ENTRADA	SIGNOS SÍNTOMAS - FACTORES DE RIESGO	VALOR
S1	CEFALEAS PERSISTENTES	Si, No
S2	CERVIX DILATADO	Si, No
S3	CONTRACCIONES UTERINAS SIN ETIOLOGIA EXPLICABLE	Si, No
S4	CONVULSIONES	Si, No
S5	DOLOR ABDOMINAL O PELVICO	Si, No
S6	DOLOR EN ABDOMEN BAJO TIPO COLICO	Si, No
S7	DOS O MAS ABORTOS PREVIOS	Si, No
S8	DOS O MAS CESAREAS	Si, No
S9	EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	Si, No
S10	EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	Si, No
S11	EPIGASTRALGIAS	Si, No
S12	EXPULSIÓN DE PARTES OVULARES	Si, No
S13	HEMORRAGIA	Si, No
S14	HEMORRAGIA ABUNDANTE ROJO RUTILANTE	Si, No
S15	HEMORRAGIA ESCASA OSCURA	Si, No
S16	HEMORRAGIA INTERMITENTE	Si, No
S17	HEMORRAGIA PERSISTENTE	Si, No
S18	HIPERTENSION ARTERIAL PREVIA AL EMBARAZO	Si, No
S19	HIPERTONIA	Si, No
S20	INICIO LENTO	Si, No
S21	OLIGURIA (< 450 cc /24h)	Si, No

S22	PALIDEZ	Si, No
S23	PRESION ARTERIAL MAYOR IGUAL 160/110 mmhg	Si, No
S24	PRESION ARTERIAL MAYOR O IGUAL A 140/90 MMHG Y MENOR A 160/110 mmhg	Si, No
S25	PROTEINURIA MAYOR O IGUAL A 300 mg/ 24 hrs	Si, No
S26	PROTEINURIA MAYOR O IGUAL A 5gr/ 24 hrs	Si, No
S27	SINTOMAS VISUALES Y/O AUDITIVOS	Si, No
S28	SUFRIMIENTO FETAL O MUERTE FETAL	Si, No
S29	TAQUICARDIA	Si, No

Tabla 3.1 Variables de Entrada

Fuente: Elaboración propia

Las variables de salida son el resultado de la inferencia, por tanto representaran los diagnósticos de Alto Riesgo Obstétrico.

VARIABLE DE SALIDA	DIAGNÓSTICOS	VALORES
D1	ABORTO EN CURSO INEVITABLE O INMINENTE	Presente, Ausente
D2	AMENAZA DE ABORTO	Presente, Ausente
D3	DESPRENDIMIENTO PREMATURO DE PLACENTA NORMO INSERTA	Presente, Ausente
D4	ECLAMPSIA	Presente, Ausente
D5	HIPERTENSIÓN CRÓNICA	Presente, Ausente
D6	HIPERTENSIÓN GESTACIONAL	Presente, Ausente
D7	PLACENTA PREVIA	Presente, Ausente
D8	PREECLAMPSIA LEVE	Presente, Ausente
D9	PREECLAMPSIA MODERADA/SEVERA	Presente, Ausente

Tabla 3.2: Variables de Salida

Fuente: Elaboración propia

Para la facilidad en la representación de la red se hizo el uso de nodos auxiliares y estos se muestran en la Tabla 3.3

VARIABLES AUXILIARES	NODOS AUXILIARES	VALOR
A1	COMPROMISO DEL ESTADO GENERAL	Si, No
A2	SIGNOS SÍNTOMAS ASOCIADOS A PM	Si, No
A3	SIGNOS SÍNTOMAS PLACENTA PREVIA	Si, No
A4	SIGNOS SÍNTOMAS QUE REFIERE LA GESTANTE FAVORABLE DPPNI	Si, No
A5	SIGNOS Y SINTOMAS AMENAZA DE ABORTO	Si, No
A6	SIGNOS Y SINTOMAS DE ABORTO EN CURSO	Si, No
A7	THE	Si, No
A8	VALORACION DEL EXPERTO FAVORABLE PARA DPPNI	Si, No
A9	VALORACION MEDICA Y ALTERACIONES DE LABORATORIOS	Si, No

Tabla 3.3 Variables auxiliares
Fuente: Elaboración propia

3.2.3.3 RELACIÓN ENTRE VARIABLES

El Sistema Experto está compuesto por tres módulos que se pueden observar en la Figura 3.3

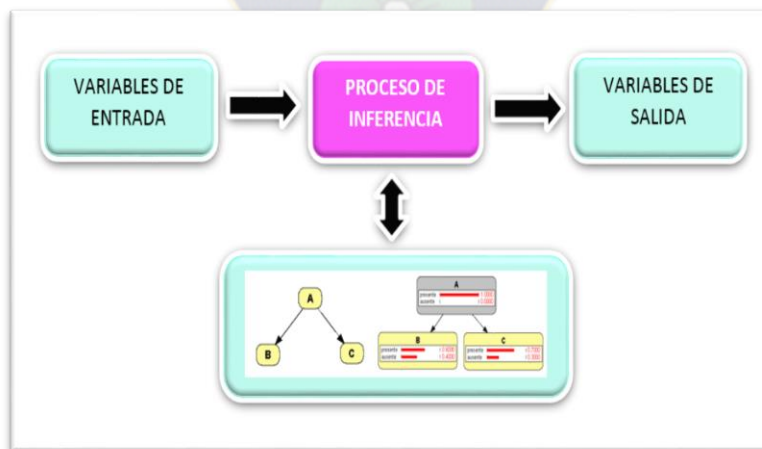


Figura 3.3 Relación de variables
Fuente: Elaboración propia

a) Entrada

Este se encarga de recibir los datos que ingrese el usuario, como los signos, síntomas y otros datos adicionales de la historia clínica perinatal.

b) Proceso

En este módulo se genera todo lo aprendido del experto en su forma de razonamiento, protocolos, técnicas de diagnóstico, entre otras.

c) Salida

El proceso de salida depende de las dos anteriores ya que sin entrada y sin proceso no existe la salida, para el tema en cuestión los datos de salida serán los distintos diagnósticos considerados como alto riesgo obstétrico.

3.2.3.4 OBTENCIÓN DE LAS PROBABILIDADES ASOCIADAS A CADA NODO DEL GRAFO

En una red bayesiana, cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real. Es así que estructurando la red bayesiana con las variables dadas en las Tablas 3.1, 3.2, 3.3 y definiendo la dependencia e independencia de ellas se tiene como datos probabilísticos las siguientes:

La variable de salida D1 depende de las variables S10, A6 y S2, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
SIGNOS Y SINTOMAS DE ABORTO EN CURSO	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
CERVIX DILATADO	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.15	0.61	0.21	0.02	0.56	0.67	0.97
ausente	0.99	0.85	0.39	0.79	0.98	0.44	0.33	0.03

Figura 3.4 Probabilidad de variable dependiente D1
Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D2, depende de las variables S10, A5 y S7, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
SIGNOS Y SINTOMAS AMENAZA DE ABORTO	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
DOS O MAS ABORTOS PREVIOS	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.07	0.09	0.56	0.01	0.17	0.87	0.99
ausente	0.99	0.93	0.91	0.44	0.99	0.83	0.13	0.01

Figura 3.5 Probabilidad de variable dependiente D2

Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D3, depende de las variables S10, A4 y A8, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
VALORACION DEL EXPERTO FAVORABLE PARA DPPNI	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
SIGNOS SINTOMAS QUE REFIERE LA GESTANTE FAVORABLE DPPNI	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.82	0.53	0.86	0.1	0.1	0.1	0.08
no	0.99	0.18	0.47	0.14	0.9	0.9	0.9	0.92

Figura 3.6 Probabilidad de variable dependiente D3

Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D4, depende de las variables S4, S9 y A7, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

CONVULSIONES	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
THE	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.34	0.01	0.54	0.81	0.95	0.68	0.78
ausente	0.99	0.66	0.99	0.46	0.19	0.05	0.32	0.22

Figura 3.7 Probabilidad de variable dependiente D4

Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D5, depende de las variables S25 y S9, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

PRESION ARTERIAL MAYOR O IGUAL A 140/90 MMHG Y MENOR A 160/110 mmhg	no	no	sí	sí
EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.01	0.01	0.92
ausente	0.99	0.99	0.99	0.08

Figura 3.8 Probabilidad de variable dependiente D5
Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D6 depende de las variables S24, S25 y S9, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

PROTEINURIA MAYOR O IGUAL A 300 mg/ 24 hrs	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
PRESION ARTERIAL MAYOR O IGUAL A 140/90 MMHG Y MENOR A 160/110 mmhg	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.1	0.95	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ausente	0.99	0.9	0.05	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Figura 3.9 Probabilidad de variable dependiente D6
Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D7 depende de las variables S8, A3 y S10, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

DOS O MAS CESAREAS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
SIGNOS SINTOMAS PLACENTA PREVIA	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.01	0.85	0.53	0.01	0.01	0.89	0.61
ausente	0.99	0.99	0.15	0.47	0.99	0.99	0.11	0.39

Figura 3.10 Probabilidad de variable dependiente D7
Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D8 depende de las variables S9,S25 y S24, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
PROTEINURIA MAYOR O IGUAL A 300 mg/ 24 hrs	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
PRESION ARTERIAL MAYOR O IGUAL A 140/90 MMHG Y MENOR A 160/110 mmhg	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.56	0.35	0.99	0.01	0.11	0.07	0.07
ausente	0.99	0.44	0.65	0.01	0.99	0.89	0.93	0.93

Figura 3.11 Probabilidad de variable dependiente D8
Fuente. Elaboración propia

La variable de salida D9 depende de las variables A9, S9 y A2, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

VALORACION MEDICA Y ALTERACIONES DE LABORATORIOS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
EDAD GESTACIONAL MENOR A 20 SEMANAS	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
SIGNOS SINTOMAS ASOCIADOS A PM	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
presente	0.01	0.56	0.01	0.01	0.88	0.94	0.54	0.54
ausente	0.99	0.44	0.99	0.99	0.12	0.06	0.46	0.46

Figura 3.12 Probabilidad de variable dependiente D9
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S1 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S1 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.56
no	0.44

Figura 3.13 Probabilidad a priori del a variable S1
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S2 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0.01	0.05
no	0.99	0.95

Figura 3.14 Probabilidad de variable dependiente S2
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S3 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S3 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.15 Probabilidad a priori del a variable S3
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S4 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S4 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.25
no	0.75

Figura 3.16 Probabilidad a priori del a variable S4
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S5 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0.37	0.071
no	0.63	0.929

Figura 3.17 Probabilidad de variable dependiente S5
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S6 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0.2	0.6
no	0.8	0.4

Figura 3.18 Probabilidad de variable dependiente S6
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S7 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S7 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.2
no	0.8

Figura 3.19 Probabilidad a priori del a variable S7
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S8 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S8 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.58
no	0.42

Figura 3.20 Probabilidad a priori del a variable S8
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S9 depende de las variables S10, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

EDAD GESTACIONAL MENOR A 22 SEMANAS	no	sí
sí	0	0.7
no	1	0.3

Figura 3.21 Probabilidad de variable dependiente S9
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S10 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S10 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.4
no	0.6

Figura 3.22 Probabilidad a priori del a variable S10
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S11 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S11 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.07
no	0.93

Figura 3.23 Probabilidad a priori del a variable S11
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S12 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S12 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.24 Probabilidad a priori del a variable S12
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S13 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S13 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.54
no	0.46

Figura 3.25 Probabilidad a priori de la variable S13
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S14 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0	0.21
no	1	0.79

Figura 3.26 Probabilidad de variable dependiente S14
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S15 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0	0.78
no	1	0.22

Figura 3.27 Probabilidad de variable dependiente S15
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S16 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0	0.6
no	1	0.4

Figura 3.28 Probabilidad de variable dependiente S16
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S17 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0	0.76
no	1	0.24

Figura 3.29 Probabilidad de variable dependiente S17
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S18 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S18 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.30 Probabilidad a priori del a variable S18
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S19 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S19 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.31 Probabilidad a priori del a variable S19
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S20 depende de la variable S13 , por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA	no	sí
sí	0	0.17
no	1	0.83

Figura 3.32 Probabilidad de variable dependiente S20
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S21 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S21 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.58
no	0.42

Figura 3.33 Probabilidad a priori del a variable 21
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S22 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S22 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.34 Probabilidad a priori del a variable S22
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S23 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S23 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.35
no	0.65

Figura 3.35 Probabilidad a priori del a variable 23
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S24 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S24 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.69
no	0.31

Figura 3.36 Probabilidad a priori del a variable 24
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S25 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S25 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.57
no	0.43

Figura 3.37 Probabilidad a priori del a variable 25
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S26 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S26 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.68
no	0.32

Figura 3.38 Probabilidad a priori del a variable 26
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S27 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S27 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.45
no	0.55

Figura 3.39 Probabilidad a priori del a variable 27
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S28 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S28 = si)$ con los siguientes valores probabilisticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.40 Probabilidad a priori del a variable S28
Fuente. Elaboración propia

La variable de entrada S29 es independiente y su probabilidad a priori esta dada por $P(S29 = si)$ con los siguientes valores probabilísticos:

sí	0.5
no	0.5

Figura 3.41 Probabilidad a priori del a variable S29
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A1 depende de las variables S22, S18 y S29, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

PALIDEZ	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
HIPERTENSION ARTERIAL	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
TAQUICARDIA	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.7	0.76	0.81	0.14	0.61	0.84	0.99
no	0.99	0.3	0.24	0.19	0.86	0.39	0.16	0.01

Figura 3.42 Probabilidad de variable dependiente A1
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A2 depende de las variables S26, S21 y S23, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

SINTOMAS VISUALES Y/O AUDITIVOS	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
CEFALEAS PERSISTENTES	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
EPISTALGIAS	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.67	0.7	0.67	0.67	0.83	0.79	0.99
no	0.99	0.33	0.3	0.33	0.33	0.17	0.21	0.01

Figura 3.43 Probabilidad de variable dependiente A2
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A3 depende de las variables S20, S5 y S14, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

INICIO LENTO	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
DOLOR ABDOMINAL O PELVICO	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
HEMORRAGIA ABUNDANTE ROJO RUTILANTE	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.63	0.13	0.54	0.13	0.99	0.38	0.58
no	0.99	0.37	0.87	0.46	0.87	0.01	0.62	0.42

Figura 3.44 Probabilidad de variable dependiente A3
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A4 depende de las variables S15, S5, S20 y S3, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

HEMORRAGIA ESCASA OSCURA	no	no	no	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
DOLOR ABDOMINAL O PELVICO	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí	sí
INICIO LENTO	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	
CONTRACCIONES UTERINAS SIN ETIOLOGIA EXPLICABLE	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí	
sí	0.01	0.13	0.05	0.13	0.13	0.67	0.11	0.69	0.63	0.75	0.13	0.61	0.72	0.99	0.72	0.78	
no	0.99	0.87	0.95	0.87	0.87	0.33	0.89	0.31	0.37	0.25	0.87	0.39	0.28	0.01	0.28	0.22	

Figura 3.45 Probabilidad de variable dependiente A4
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A5 depende de las variables S5, S16 y S2, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

DOLOR ABDOMINAL O PELVICO	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
HEMORRAGIA INTERMITENTE	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
CERVIX DILATADO	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.05	0.05	0.87	0.1	0.01	0.13	0.99	0.01
no	0.95	0.95	0.13	0.9	0.99	0.87	0.01	0.99

Figura 3.46 Probabilidad de variable dependiente A5
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A6 depende de las variables S6, S17 y S12, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

DOLOR EN ABDOMEN BAJO TIPO COLICO	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
HEMORRAGIA PERSISTENTE	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
EXPULSIÓN DE PARTES OVULARES	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.05	0.62	0.84	0.01	0.6	0.88	0.99
no	0.99	0.95	0.38	0.16	0.99	0.4	0.12	0.01

Figura 3.47 Probabilidad de variable dependiente A6
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A7 depende de las variables D8, D6 y D9, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

PREECLAMPSIA LEVE	ausente	ausente	ausente	ausente	presente	presente	presente	presente
HIPERTENSION GESTACIONAL	ausente	ausente	presente	presente	ausente	ausente	presente	presente
PREECLAMPSIA MODERADA/SEVERA	ausente	presente	ausente	presente	ausente	presente	ausente	presente
sí	0.01	0.99	0.99	0.5	0.99	0.8	0.5	0.88
no	0.99	0.01	0.01	0.5	0.01	0.2	0.5	0.12

Figura 3.48 Probabilidad de variable dependiente A7
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A8 depende de las variables S28, S29 y A1, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

SUFRIMIENTO FETAL O MUERTE FETAL	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
HIPERTONIA	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
COMPROMISO DEL ESTADO GENERAL	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.64	0.7	0.85	0.6	0.77	0.86	0.99
no	0.99	0.36	0.3	0.15	0.4	0.23	0.14	0.01

Figura 3.49 Probabilidad de variable dependiente A8
Fuente. Elaboración propia

La variable auxiliar A9 depende de las variables S26, S21 y S23, por tanto las probabilidades asociadas a este nodo son:

PROTEINURIA MAYOR O IGUAL A 5gr / 24 hrs	no	no	no	no	sí	sí	sí	sí
OLIGURIA (< 450 cc /24h)	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
PRESION ARTERIAL MAYOR IGUAL 160/110 mmhg	no	sí	no	sí	no	sí	no	sí
sí	0.01	0.65	0.53	0.89	0.86	0.89	0.66	0.99
no	0.99	0.35	0.47	0.11	0.14	0.11	0.34	0.01

Figura 3.50 Probabilidad de variable dependiente A9
Fuente. Elaboración propia

3.2.3.5 MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia es el corazón de todo sistema experto. La tarea principal de este es el de sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos.

En el caso particular del Sistema Experto para determinar Alto Riesgo Obstétrico, se está haciendo uso de la probabilidad, en el modelo de Redes Bayesianas, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia en este caso y debe permitir sacar conclusiones bajo incertidumbre.

En la Figura 3.51 se muestra una parte de la Red Bayesiana que está construida con la finalidad de determinar Alto Riesgo Obstétrico, se utilizara esta parte de la red para dar un ejemplo de cómo está funcionando el resto de la Red, y a la vez comprobar los resultados obtenidos con la herramienta Open Markov y/o Elvira que es la más común y más utilizada en estos casos.

De la Figura 3.51, deducimos en términos de variables que D2 depende directamente de las variables S7, S10, A5 y A5 depende de las variables S2, S5, S16 y estas últimas dependen de la variable S13.

Ahora gracias a las figuras 3.5 – 3.19 – 3.22 – 3.46 – 3.14 – 3.17 – 3.28 – 3.25 se determinará la inferencia que corresponda.

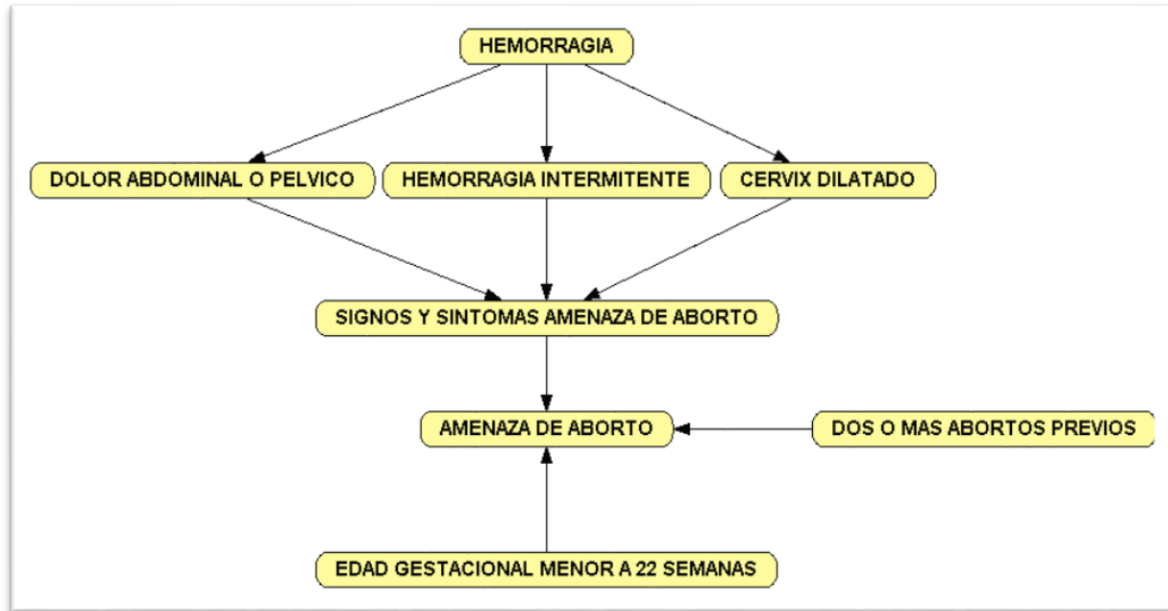


Figura. 3.51 Red Bayesiana fragmento para hallar Amenaza de Aborto, Variable D2

Fuente Elaboración Propia

Según la probabilidad condicional y tomando muy en cuenta los datos detallados en las Tablas 3.1, 3.2, y 3.3, así también las figuras mencionadas, ya que contienen las probabilidades de acuerdo a las variables.

Para hallar $P(S5)$ y $P(\neg S5)$

$$P(S5) = P(S13) * P(S5/S13) + P(\neg S13) * (S5/\neg S13)$$

$$P(\neg S5) = 1 - P(S5)$$

Según los datos que se encuentran en las Figuras 3,25 – 3,17 se tiene:

$$P(S6) = (0.54 * 0.071) + (0.46 * 0.37) = 0.20854$$

$$P(\neg S6) = 1 - 0.20854 = 0.79146$$

Ahora para hallar **P(S16)**

$$P(S16) = P(S13)*P(S16/S13) + P(\neg S13)*(S16/\neg S13)$$

$$P(\neg S16) = 1 - P(S16)$$

Según los datos que se encuentran en las Figuras 3,25 – 3,28 se tiene:

$$P(S16) = (0.54 * 0.6) + (0.46 * 0) = 0.324$$

$$P(\neg S16) = 1 - 0.324 = 0.676$$

Ahora para hallar **P(S2)**

$$P(S2) = P(S13)*P(S2/S13) + P(\neg S2)*(S2/\neg S13)$$

$$P(\neg S2) = 1 - P(S2)$$

Según los datos que se encuentran en las Figuras 3,25 – 3,14 se tiene:

$$P(S16) = (0.54 * 0.05) + (0.46 * 0.01) = 0.0316$$

$$P(\neg S16) = 1 - 0.0316 = 0.9684$$

De esta manera **P(A5)** se calcula:

$$P(A5) =$$

$$[P(A5) / P(\neg S5) * P(\neg S16)*P(\neg S2)]* P(\neg S5) * P(\neg S16)* P(\neg S2) + [P(A5) / P(\neg S5) * P(\neg S16)*P(S2)]* P(\neg S5) * P(\neg S16)* P(S2) + [P(A5) / P(\neg S5) * P(S16)*P(\neg S2)]* P(\neg S5) * P(S16)* P(\neg S2) + [P(A5) / P(\neg S5) * P(S16)*P(S2)]* P(\neg S5) * P(S16)* P(S2) + [P(A5) / P(S5) * P(\neg S16)*P(\neg S2)]* P(S5) * P(\neg S16)* P(\neg S2) + [P(A5) / P(S5) * P(\neg S16)*P(S2)]* P(S5) * P(\neg S16)* P(S2) + [P(A5) / P(S5) * P(S16)*P(\neg S2)]* P(S5) * P(S16)* P(\neg S2) + [P(A5) / P(S5) * P(S16)*P(S2)]* P(S5) * P(S16)* P(S2)$$

$$P(A5) = 0.2986$$

$$P(\neg A5) = 1 - P(A5) = 0.7014$$

Para la última inferencia se debe calcular **P(D2)**

$P(D2) =$

$$\begin{aligned}
 & [P(D2) / P(\neg S10) * P(\neg A2) * P(\neg S7)] * P(\neg S10) * P(\neg A2) * P(\neg S7) + [P(D2) / P(\neg S10) * \\
 & P(\neg A2) * P(S7)] * P(\neg S10) * P(\neg A2) * P(S7) + [P(D2) / P(\neg S10) * P(A2) * P(\neg S7)] * P(\neg S10) \\
 & * P(A2) * P(\neg S7) + [P(D2) / P(\neg S10) * P(A2) * P(S7)] * P(\neg S10) * P(A2) * P(S7) + [P(D2) / \\
 & P(S10) * P(\neg A2) * P(\neg S7)] * P(S10) * P(\neg A2) * P(\neg S7) + [P(D2) / P(S10) * P(\neg A2) * P(S2) * \\
 & P(S7)] * P(S10) * P(\neg A2) * P(S7) + [P(D2) / P(S10) * P(A2) * P(\neg S2) * P(S7)] * P(S10) * \\
 & P(A2) * P(\neg S7) + [P(D2) / P(S10) * P(A2) * P(S2) * P(S7)] * P(S10) * P(S16) * P(S7)
 \end{aligned}$$

$P(D2) = 0.2986$

$P(\neg D2) = 1 - P(D2) = 1 - 0.1608 = 0.8392$

De esta manera quedan los valores inferidos de acuerdo a las evidencias encontradas.

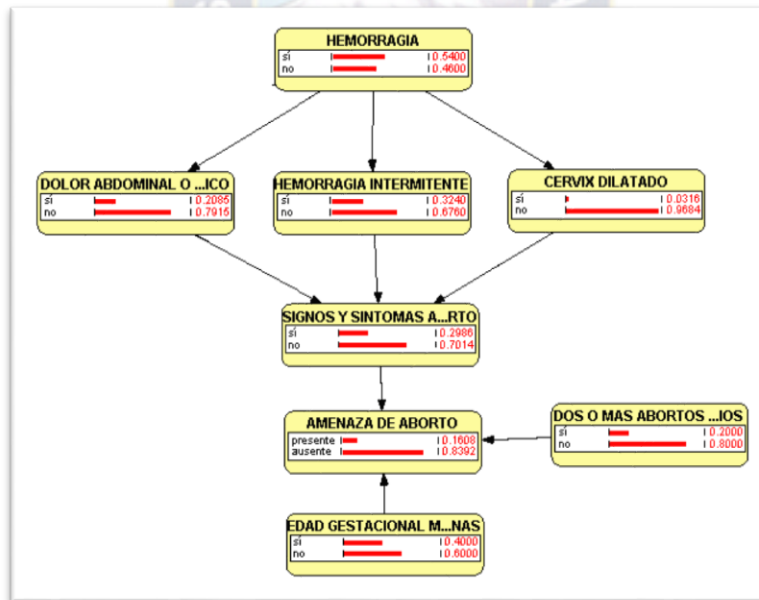


Figura. 3.52 Red Bayesiana fragmento para hallar Amenaza de Aborto, Variable D2

Fuente Elaboración Propia

Por tanto observando la Figura 3.52 donde se tienen los valores obtenidos en la herramienta Open Markov, se puede deducir que los cálculos son exactos, y ellos servirán para la implementación de Sistema Experto

3.2.4 IMPLEMENTACIÓN

3.2.4.1 DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Con todo el estudio realizado hasta este capítulo ya solo queda implementar el prototipo del Sistema Experto, para ello la implementación, se dividió en dos partes:

- **Primera parte**

Para la primera parte se implementó en una herramienta que maneja modelos estadísticos y específicamente sirva para estructuras de Redes Bayesianas, por lo que se estructuró la Red Bayesiana en las herramientas de Software Elvira y Open Markov, generando de manera gráfica la red.

De esta forma ya se puede manejar de forma más sencilla la red, e incluso probar la efectividad de la estructura creada.

- **Segunda parte**

Teniendo la primera parte ya lista, se pasó a la creación del prototipo con la interfaz correspondiente, utilizando para ello el entorno de Visual Studio y el lenguaje de programación C Sharp c#.

Para verificar la correcta funcionalidad de las funciones y procedimientos implementados se tiene como referencia la Red creada en Open Markov

A continuación se muestran las Figuras 3,53 – 3,54 – 3,55 – 3,56 donde se muestra la Red Bayesiana para la Detección temprana de Embarazos de Alto riesgo. Usando la herramienta de software Open Markov.

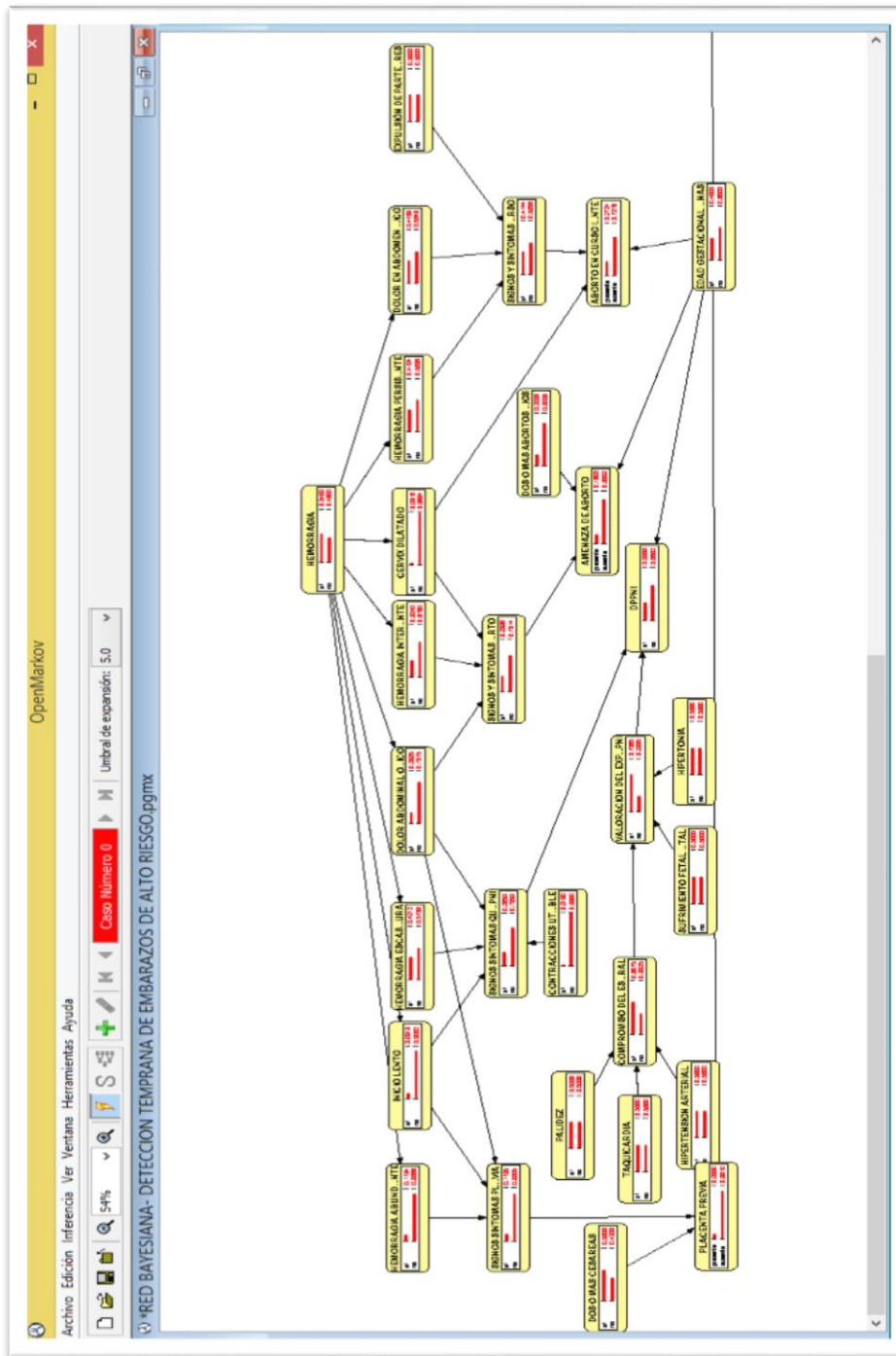


Figura. 3.55 Inferencia de la Red Bayesiana para la detección Temprana de embarazos de alto Riesgo, herramienta Open Markov
Fuente Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, en la segunda parte de la implementación se procedió, a crear el prototipo con las herramientas de Visual Studio 2013, lenguaje de programación c#, en un entorno Web para una mejor facilidad del usuario, en ella se encuentran las distintas reglas de inferencia estructuradas de acuerdo a la red creada en Open Markov.

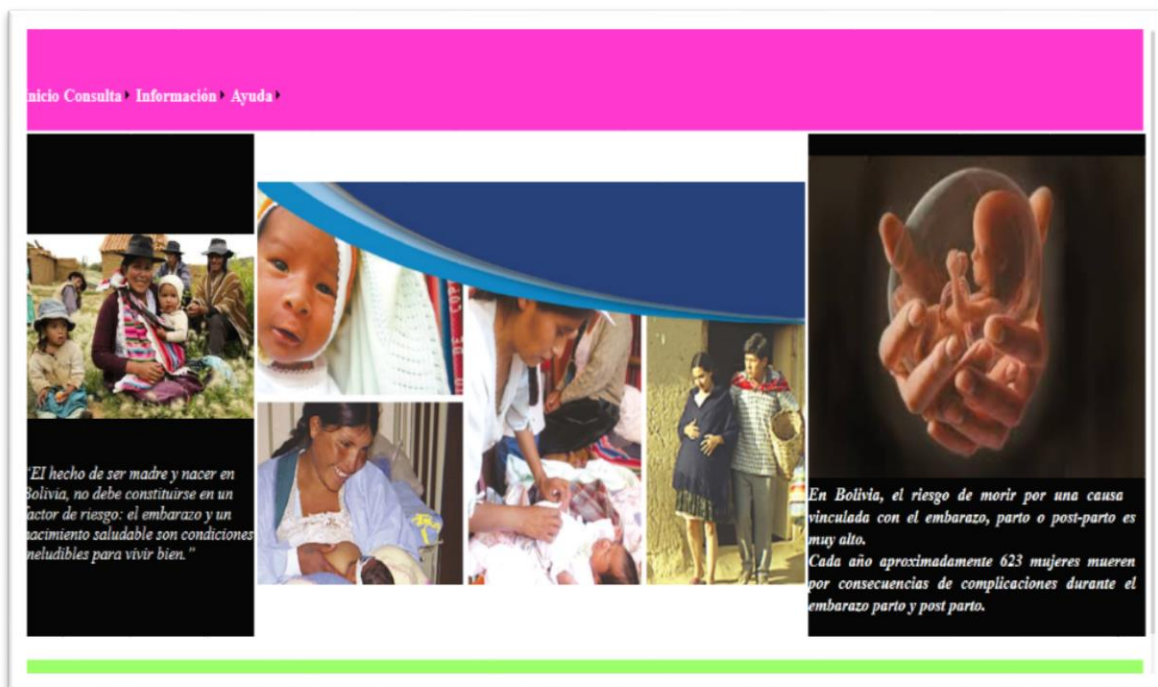


Figura. 3.57 Pantalla Principal del Sistema Experto.
Fuente Elaboración Propia

En la Figura 3.46 se observa el menú principal del Sistema Experto

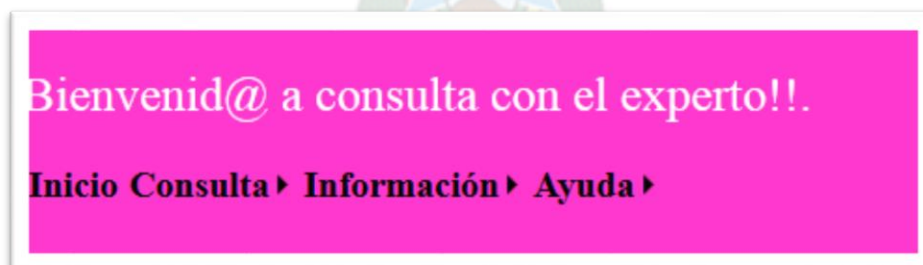


Figura. 3.58 Menu principal del Sistema Experto.
Fuente Elaboración Propia

Ingresando en el menú principal [Ver Figura 3.58] Consulta con el Sistema Experto se tiene la siguiente pantalla:

Bienvenid@ a consulta con el experto!!.

[Inicio Consulta](#) [Información](#) [Ayuda](#)

Por favor responda a las siguientes preguntas, seleccionando la casilla SI o NO segun corresponda, son datos importantes para la evaluación del experto

Para la evaluación es necesario conocer su edad gestacional.
Si tiene conocimiento de cuantos meses de embarazo tiene, seleccione a continuación en la casilla que corresponda:

1 mes 2 meses 3 meses 4 meses
 5 meses 6 meses 7 meses 8 meses 9 meses

Si NO conoce los meses de embarazo que tiene, por favor marque en el siguiente calendario la Fecha de la Última Menstruación FUM, (es decir el primer día del último ciclo menstrual que ha tenido). luego pulsa el boton Calcular edad Gestacional, y le mostrara la edad gestacional que tiene actualmente.

diciembre de 2015						
do	lu	ma	mi	ju	vi	sá
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2

Calcular edad Gestacional

Las siguientes preguntas hacen referencia a embarazos anteriores, si las tuvo

¿Ha tenido dos cesareas o más en embarazos anteriores?

Si No

¿Ha tenido dos o más abortos?

Si No

¿Antes de este embarazo, a usted le diagnosticaron Hipertension Arterial?

Si No

La siguiente pregunta es muy importante, ya que la hemorragia vaginal es un signo de alarma en cualquier etapa del embarazo

¿Ha tenido y/o tiene hemorragias vaginales?

Si No

Figura. 3.59 Pantalla de Consulta al Experto.
Fuente Elaboración Propia

Las pantallas seguirán la secuencia lógica de preguntas que realiza un Ginecólogo-Obstetra, de acuerdo a las primeras preguntas se decide que preguntas deben ser mostradas al usuario posteriormente, con la finalidad de que el usuario (personal de salud o la misma gestante) tengan preguntas precisas y de acuerdo a la situación que tengan.

Bienvenid@ a consulta con el experto!!

Inicio Consulta ▶ Información ▶ Ayuda ▶

Seleccione entre las siguientes opciones las características que observa en la Hemorragia
Seleccione la casilla si corresponde, de lo contrario déjela vacía

¿Cómo inicio la Hemorragia?

Fue de forma lenta, poco a poco Si

Fue de forma brusca Si

¿En qué cantidad y de qué color es la hemorragia?

Es abundante y de color rojo rutilante Si

Es escasa y de color rojo oscuro Si

El dolor se presenta en

Abdomen bajo, dolor pélvico Si No

Los siguientes datos requieren de valoración medica para ser definidos de forma precisa

¿Tiene palidez?

Si No

¿Hipertonia?

Si No

¿La gestante presenta taquicardia?

Si No

¿Ha sentido contracciones uterinas?

Si No

¿En la evaluación se evidenció sufrimiento o muerte fetal?

Si No

Atras Siguiente

Figura. 3.60 Pantalla de Consulta – Sistema Experto
Fuente Elaboración Propia

En la Figura. 3.61 se muestra los resultados de una prueba y Como parte del resultado se puede observar un link de ayuda, para conocer más del diagnóstico que determinó el Sistema Experto, esto cumple con la parte de explicación a la gestante sobre el resultado obtenido.

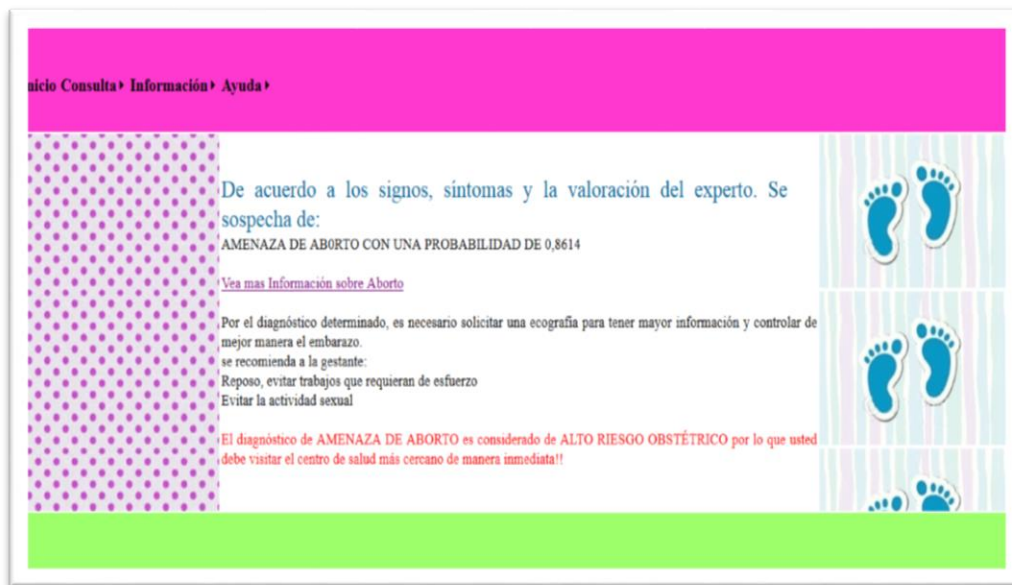


Figura. 3.61 Pantalla de Resultados – Sistema Experto
Fuente Elaboración Propia

En la Figura. 3.62 se muestra los resultados en caso de no encontrar suficiente evidencia de ARO

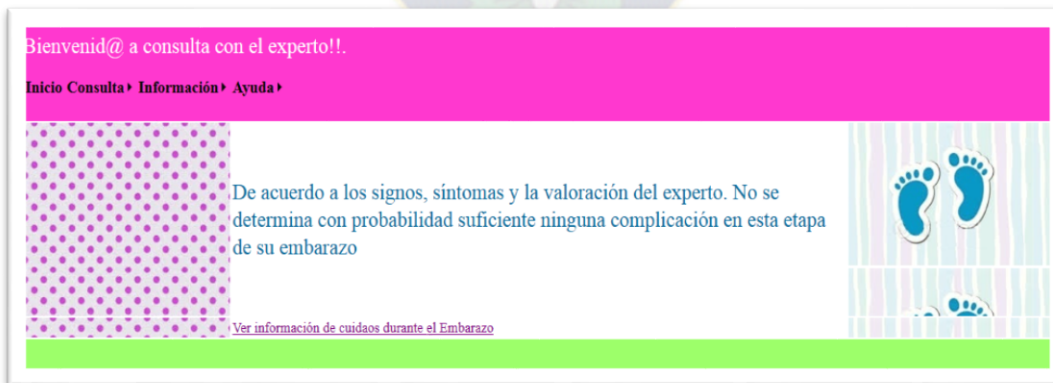


Figura. 3.62 Pantalla de Resultados – Sistema Experto
Fuente Elaboración Propia

En el menú principal al ingresar a información, se tiene acceso a información obtenida de los expertos ginecólogo-obstetras sobre las complicaciones obstétricas que determina el Sistema Experto.

Inicio Consulta • Información • Ayuda

Aborto

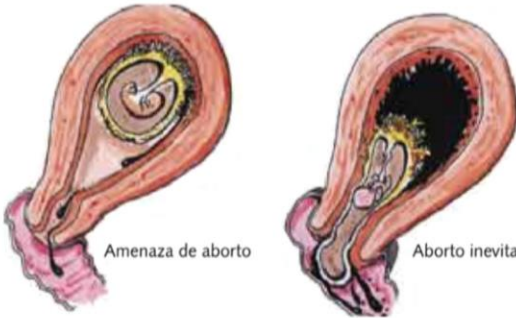
Es la terminación de la gestación antes de las 20 semanas. Más del 80% ocurren antes de la 12ª semana, llamándose entonces aborto precoz. Se denomina aborto tardío si ocurre entre las semanas 12ª-20ª.

INCIDENCIA.

Es difícil de evaluar, ya que muchas mujeres abortan sin ser conscientes de ello. La incidencia del aborto clínico se aproxima al 10%, aunque es bastante mayor si se tienen en cuenta las gestaciones preclínicas. En mujeres con embrión vivo confirmado por ecografía a las 8 semanas, el aborto posterior sólo representa un 3%. El riesgo de aborto aumenta con el número de embarazos y con la edad de los progenitores.

ETIOLOGÍA.

1. Factores maternos.
Suelen ser abortos euploides.
2. Enfermedades crónicas graves.
3. Endocrinopatías (diabetes mellitus no controlada, hipotiroidismo, deficiencia de progesterona).
4. Desnutrición grave (vit. A, ácido fólico).
5. Tabaco, alcohol. • Toxinas ambientales (arsénico, plomo).



CLÍNICA.

Se definen a través de la exploración y datos ecográficos.

Amenaza de aborto. Es la aparición de una metrorragia en la primera mitad de una gestación. Puede ir acompañado de dolor hipogástrico discontinuo leve. Es muy frecuente (20-25% de las gestantes). Aborta menos de la mitad y no hay daño fetal en los nacidos tras amenaza de aborto. La sangre proviene de vasos sanguíneos paraplacentarios rotos. El orificio cervical interno(OCI) permanece cerrado, y por ecografía se confirma la vitalidad embrionaria o fetal.

Aborto inevitable (inminente o en curso). Hemorragia vaginal y OCI abierto, como consecuencia de la dinámica uterina.

DIAGNÓSTICO.

Ecografía. Es el método de elección: comprobamos si existen movimientos cardíacos embrionarios. Si no se aprecia latido, se deben hacer ecografías seriadas

Figura 3.63 Pantalla Información – Sistema Experto
Fuente Elaboración propia

3.2.5 TESTEO Y REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Teniendo ya construido el diseño y desarrollado el prototipo, se realizan las pruebas con casos de estudio reales extraídos de historias clínicas de gestantes que tuvieron algún diagnóstico de Alto Riesgo Obstétrico.

En la Tabla 3.4 se puede evidenciar datos de dos gestantes, pacientes atendidas en el Centro de Salud Pampahasi Bajo – MATERNIDAD, diagnosticadas como gestantes con Alto Riesgo Obstétrico

Historia Obstétrica	Experto Ginecólogo- Obstetra		Sistema Experto	
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 1	Paciente 2
Edad materna (años)	21	37	Menor a 35 años	Mayor a 35 años
Edad gestacional (en semanas)	18	34	Menor a 22 semanas	Mayor a 22 semanas
Más de 5 embarazos previos	-	-	No	No
Dos o más cesáreas previas	-	Si	No	Si
Dos o más abortos anteriores	-	-	No	No
Síntomas de la gestante				
Hemorragia	Si	Si	Si	Si
Dolor abdominal	Si	-	Si	No
Dolor pélvico	-	-	No	No
Cefaleas	-	-	No	No
Molestias en la visión	-	-	No	No
Alteraciones en el estado de conciencia	-	-	No	No
Convulsiones	-	-	No	No
Cuadro hemorrágico de inicio lento	-	Si	No	No
Hemorragia abundante y roja	-	Si	No	Si
Hemorragia escasa y oscura	-	-	No	No

Cérvix dilatado	-	-	No	No
Hipertonía	-	-	No	No
Presión Arterial mayor a 140/90	-	-	No	No
Presión Arterial mayor a 160/110	-	-	No	No
Proteinuria menor a 5gr/24 horas	-	-	No	No
Proteinuria mayor a 5gr/24 horas	-	-	No	No
Diagnóstico	Amenaza de aborto	Placenta previa	Amenaza de aborto con probabilidad de 0.8614	Placenta previa con probabilidad de 0.8821

Tabla 3.4 Datos Comparativos Experto Humano – Sistema Experto
Fuente. Elaboración propia

Diagnóstico determinado por el Sistema Experto: para Paciente 2

La figura 3.64 demuestra la funcionalidad del SISTEMA EXPERTO, con los datos de la Tabla 3.4 paciente 2

Figura 3.64 Pantalla de evaluación – Sistema Experto
Fuente. Elaboración propia

En la Figura 3.65 se muestra el ingreso de datos de la paciente 2 , de acuerdo a la tabla 3.4

noviembre de 2015

do	lu	ma	mi	ju	vi	sa
25	26	27	28	29	30	01
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5

¿Ha tenido mas de 5 embarazos ?
 Si No

¿En embarazos anteriores usted ha tenido dos cesareas o mas ?
 Si No

¿Ha tenido dos o mas abortos ?
 Si No

Para resolver sus dudas es preciso que responda las siguientes preguntas, debe tomar en cuenta todo los eventos que la trajeron a consulta

¿Tiene o ha tenido hemorragia?
 Si No

¿Ha tenido dolor abdominal?
 Si No

¿Ha tenido dolor pélvico?
 Si No

¿Ha tenido dolores de cabeza de manera constante?
 Si No

¿Ha tenido molestias en la visión, como visión borrosa?
 Si No

¿Ha tenido alteraciones en el estado de conciencia, como desmayos por ejemplo?
 Si No

¿Ha tenido convulsiones?
 Si No

Figura 3.65 Pantalla de evaluación – Sistema Experto
Fuente. Elaboración propia

En la Figura 3.66, se puede visualizar el diagnóstico lanzado por el SISTEMA EXPERTO, que coincide con el Diagnóstico que dio el experto humano en el caso de la paciente 2.

Características importantes de la Hemorragia

¿Cuadro hemorrágico de inicio lento, la hemorragia inició poco a poco?

Si No

¿Hemorragia abundante de color rojo rutilante?

Si No

¿Hemorragia escasa y de color rojo oscuro?

Si No

Datos que se requieren de una valoración médica para ser definidos

¿Cervix Dilatado?

Si No

¿Hipertensión?

Si No

¿Los registros de presión arterial muestran un valor mayor a 140/90 mmhg?

Si No

¿Los registros de presión arterial muestran un valor mayor a 160/110 mmhg?

Si No

¿Protemuria es menor a 5 gr. en 24 horas?

Si No

¿Protemuria es mayor o igual a 5 gr. en 24 horas?

Si No

De acuerdo a los signos, síntomas y la valoración del experto. Se sospecha de:
PLACENTA PREVIA CON UNA PROBABILIDAD DE 0,8821

[Ver más Información sobre Placenta Previa](#)

Para confirmar y/o clasificar de manera más exacta el DIAGNÓSTICO de PLACENTA PREVIA, es necesario realizar la ecografía transabdominal o transvaginal, para localizar la ubicación exacta de la placenta y evaluar la sulficia fetal.

La mujer con placenta previa siempre debe ser atendida como una urgencia, su manejo es hospitalario.
A la sospecha de este diagnóstico se debe acudir a una atención médica especializada, debe recurrir a un centro de salud de segundo nivel ahora mismo!!!

Figura 3.66 Pantalla de evaluación – Sistema Experto
Fuente. Elaboración propia

Diagnóstico determinado por OpenMarkov-Elvira: para Paciente 2

Para verificar la funcionalidad probabilística del SISTEMA EXPERTO, en la Figura 3.67. Se muestra la Estructura de la Red Bayesiana para la Detección temprana de Embarazos de Alto Riesgo.

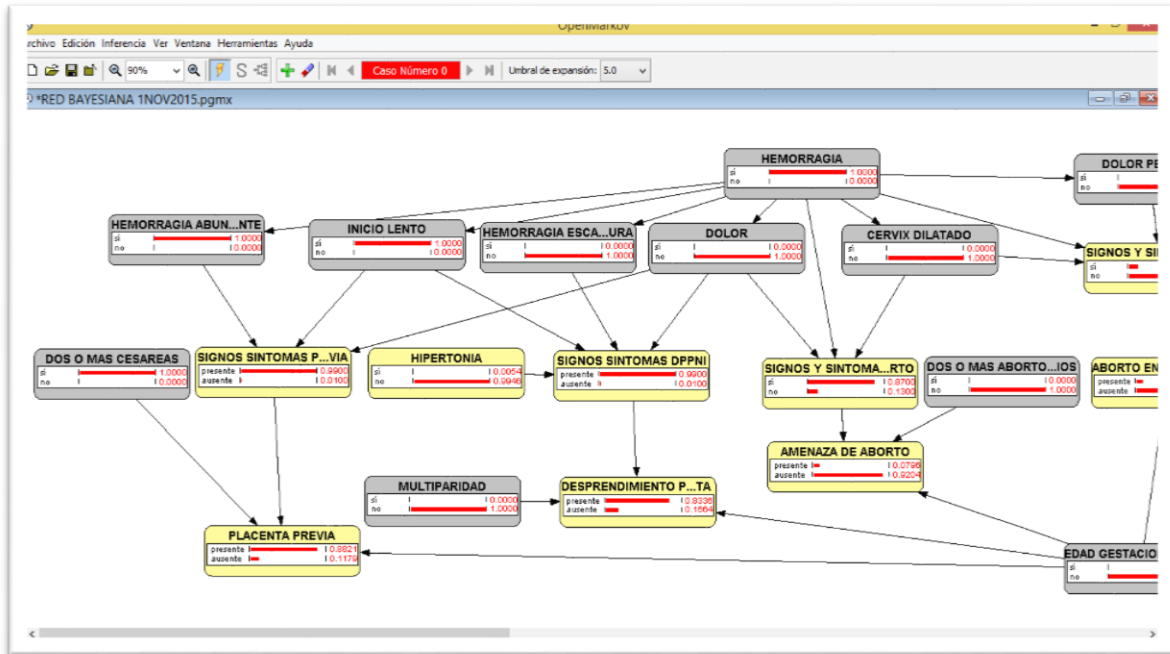


Figura 3.67 Pantalla de evaluación – Open Markov
Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO IV

PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.1 INTRODUCCIÓN

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 o procedimientos 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 1, es indispensable contar con ayuda de expertos ginecólogos obstetras capaces de evaluar al sistema experto y su correcta funcionalidad. Para ello es necesario seguir los siguientes 5 pasos, teniendo en cuentas las características de cada una:

- 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.

- 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 .

- Paso 3: Identificación del estadístico de prueba

Aplicación de la Distribución de Probabilidad apropiada.

- Paso 4: Formulación de las reglas de decisión

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

- 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 PASO 1: PLANTEAR HIPÓTESIS NULA E HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

H_0 = Las Redes Bayesianas no permiten la construcción del Sistema Experto para la detección temprana de embarazos de alto riesgo.

H_1 = El uso de Redes Bayesianas permite al Sistema Experto la detección temprana de embarazos de alto riesgo con una confiabilidad de 90%.

4.2.2 PASO 2: DETERMINAR NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

El nivel de significancia es de 95%, lo que indica que $\alpha = 0.05$ en la Normal.

4.2.3 PASO 3: IDENTIFICACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA

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

4.2.4 PASO 4: FORMULACIÓN DE LAS REGLAS DE DECISIÓN

Para la prueba fueron evaluados los 9 diagnósticos que reconoce el Sistema Experto propuesto, por tanto, los especialistas ginecólogo-obstetras 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-obstetra
- (-) Representa los casos que no coinciden con el diagnóstico proporcionado por el especialista ginecólogo-obstetra

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-obstetra, en la tercera columna están los diagnósticos determinados por el sistema experto para cada casos 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-obstetra.

Caso de Estudio	Ginecólogo obstetra	Sistema Experto		Aceptación por rachas
	Diagnóstico	Diagnóstico	Probabilidad	
Caso 1	Placenta previa	Placenta previa	0.78	+
Caso 2	DPPNI	DPPNI	0.88	+
Caso 3	Embarazo ectópico	Amenaza de aborto	0.67	-
Caso 4	DPPNI	DPPNI	0.8	+
Caso 5	Amenaza de aborto	Amenaza de aborto	0.9	+
Caso 6	Hipertension gestacional	Preclampsia leve	0.8	-
Caso 7	Preclampsia leve	Preclampsia leve	0.81	+
Caso 8	DPPNI	Placenta previa	0.7	-
Caso 9	Preclampsia moderada/severa	Preclampsia moderada/severa	0.86	+
Caso 10	HELL	Preclampsia moderada/severa	0.86	-
Caso 11	Hipertensión crónica	Hipertensión crónica	0.9	+
Caso 12	Eclampsia	Eclampsia	0.91	-
Caso 13	Amenaza de aborto	Amenaza de aborto	0.94	+
Caso 14	Preclampsia leve	Preclampsia leve	0.78	+
Caso 15	Aborto en curso	Aborto en curso	0.99	+
Caso 16	Preclampsia leve	Preclampsia leve	0.99	+

Tabla 4.1.Casos de estudio
Fuente. Elaboración Propia

De los datos contenidos en la Tabla 4.1. Se tiene los siguientes resultados:

Numero de Rachas o $R = 11$

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

Numero de observaciones de la muestra (-) $N_1(+)=11$

Numero de observaciones de la muestra (-) $N_2(-)=5$

$N = N_1 + N_2 = 11 + 5 = 16$

4.3 PASO 5: 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 $[3 - 11]$ que constituyen el límite en la región crítica. Como se puede ver en la Figura

		n-								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n+=10$	$\alpha=0.05$	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
$n+=11$	$\alpha=0.05$	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
$n+=12$	$\alpha=0.05$	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

Figura 3.68 Tabla de intervalos de confianza – Test de Rachas
Fuente. Tabla Estadística

Como indica la teoría en el Contraste de Rachas de Wald-Wolfowitz la extracción de la muestra se rechaza cuando $R \leq R_{n_1, n_2, \alpha/2}$ ó $R \geq R_{n_1, n_2, 1-\alpha/2}$

Como $R=11$ no existe en la región crítica entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta

H_1 = El uso de Redes Bayesianas permite al Sistema Experto la detección temprana de embarazos de alto riesgo con una confiabilidad de 90%.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La Inteligencia Artificial, es un área altamente interdisciplinaria. Un claro ejemplo de ello son los Sistemas Expertos, que requieren de varios conceptos, entre ellos, la lógica matemática, la teoría de grafos, la teoría de la probabilidad y la estadística. Por ello, el trabajo en este campo requiere de conocimiento en diferentes áreas de especialización. Este es el caso de la presente tesis, que gracias al estudio de cada uno de esos conceptos, se logró implantar la complejidad del conocimiento de una experta Ginecóloga-Obstetra, en la base de conocimiento de un Sistema Experto que permita la detección temprana de embarazos de alto riesgo, utilizando para ello, el paradigma de Redes Bayesianas que implica uso de la teoría de grafos, la teoría de la probabilidad y la estadística.

Por tanto se cumplió con satisfacción el objetivo central de Diseñar y desarrollar un Sistema Experto que permita la detección temprana de embarazos de alto riesgo, empleando la estrategia de razonamiento probabilístico de las Redes Bayesianas.

Al mismo tiempo se logró implantar el conocimiento de una experta Ginecóloga-Obstetra de amplia experiencia en el área, en la base de conocimiento del Sistema Experto, empleando los principios, métodos y herramientas de la inteligencia artificial y los Sistemas Expertos utilizando el paradigma de Redes Bayesianas.

Al trabajar en el diseño del sistema experto de forma conjunta con los especialistas se logró vincular poco a poco al personal de salud y el sistema experto, logrando la aceptación al mismo, dejando ver la necesidad de integrar a la población al uso de herramientas informáticas, que buscan el mismo objetivo que los profesionales del área de salud, velar por la salud de la población en este caso de las gestantes, haciendo promoción de salud y prevención de complicaciones en el embarazo. Gracias a ello se logró cumplir con los objetivos de: Apoyar en la tarea de promoción y prevención de complicaciones en el

embarazo, transmitiendo información confiable como lo haría el profesional Ginecólogo-Obstetra. Impulsando al personal de salud, a la población en general y en especial a las mujeres gestantes, a disponer de la tecnología para beneficio de su salud.

Gracias a la prueba de Hipótesis en el capítulo cuatro, se puede comprobar el cumplimiento de la hipótesis establecida. El uso de Redes Bayesianas permite al Sistema Experto la detección temprana de embarazos de alto riesgo con una confiabilidad de 90%.

5.2 RECOMENDACIONES

Si bien el presente trabajo abordó el estudio de las gestantes enfocado exclusivamente en las etapas del embarazo y no así los periodos de parto y puerperio. Esto no significa que sean menos importantes. Si no que por cada periodo: Embarazo, Parto y Puerperio son diferentes por tanto requiere un amplio análisis particular en cada periodo.

Por ello la presente tesis queda como la primera parte de futuras investigaciones, que permitan vincular la población gestante y toda la población en general, con las herramientas creadas gracias a la inteligencia artificial.

En Bolivia se vive una realidad bastante crítica en cuanto a salud, especialmente en el área rural, en lugares alejados, donde muchas veces existe únicamente personal de salud de nivel técnico, quien no está capacitado para diagnosticar y mucho menos para determinar tratamiento, pero que dadas las circunstancias se ve obligado hacerlo por las condiciones en las que se encuentra. Es ahí donde este sistema experto cumpliría una excelente función, para aquellos que aunque no cuentan con la preparación y la experiencia de un especialista, puedan determinar lo que posiblemente está ocurriendo con la gestante, ya que el diseño del sistema experto, está basado en el conocimiento y experiencia, de especialistas ginecólogo-obstetras.

Con esta iniciativa impulsar al desarrollo de sistemas expertos en Bolivia, que puedan colaborar en el área médica.

La presente tesis de grado impulsa a usar este tipo de herramienta, por ser práctica para el abordaje de las situaciones de emergencia y urgencia obstétricas más frecuentes.

Ya que está enfocada en las principales causas de mortalidad materna, realizando correcto diagnóstico y manejo de las mismas, con el objetivo de evitar la muerte de la mujer gestante.

Se debe cambiar la actual situación en Bolivia, con respecto a la salud, El contar con un sistema experto puede permitir realizar las acciones adecuadas, basadas en evidencia y establecer estrategias bien planteadas para disminuir la mortalidad materna.



BIBLIOGRAFÍA

1. ATACHO, F. 2006. Embarazo de alto riesgo Obstétrico [Documento en línea] <<http://unidadmedicasanjuan-ginecoobstetricia.blogspot.com/2006/08/embarazo-de-alto-riesgo-obstetrico.html>> [Consulta: 20 mayo 2015]
2. CASTRO Y., SALARTE R., Modelo híbrido para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares basado en inteligencia artificial. [Documento en línea] <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000300004&lang=es> [Consulta: 18 junio 2015]
3. CABRERA C., Prototipo de sistema experto para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes de órgano basado en internist [Documento en línea] <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072014000200008&lang=pt> [Consulta: 18 junio 2015]
4. CHAMBIA, M. 2013. Sistema Experto de Diagnóstico de Cáncer de Mama
5. CLIMENT, S. 1999. Informática aplicada a la gestión de empresas - Sistemas Expertos [Documento en línea] <<http://www.uv.es/~scliment/investigacion/1999/sistemasexpertos.PDF>> [Consulta: 1 junio 2015]
6. EPMM, 2010. Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia- Plan Estratégico Nacional Para Mejorar la salud Materna Perinatal y Neonatal en Bolivia 2009-2015 [Documento en línea] <http://www.mariestopes.org.bo/webassets/documentos/plan_salud_materna.pdf> [Consulta: 3 junio 2015]
7. GIARRATANO J., RILEY G. 2001. Sistemas Expertos – Principios de Programación.
8. GONZÁLEZ F., HERNÁNDEZ H, LUNA Y, CASAS G. GUTIÉRREZ I. Sistema experto basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial. [Documento en línea]

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302011000400020&lang=es> [Consulta: 18 junio 2015]

9. MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES, 2013, Morbilidad Obstétrica Grave Más Frecuente En Bolivia, Guia de Diagnóstico y tratamiento

10. PEÑARANDA, J. 2013. Sistema Experto de diagnóstico y tratamiento fisioterapéutico de trastornos de postura corporal.

11. NIKOLOPOULOS, C 1997, Experts Systems: Introduction to first and second generation and hybrid knowledge based systems.

12. PEREZ, W. 2012. Periódico Boliviano La Razón - Hemorragias son la primera causa de mortalidad materna en Bolivia [Documento en línea]

<http://www.la-razon.com/index.php?url=/sociedad/Hemorragias-primera-mortalidad-materna-Bolivia_0_1648635166.html> [Consulta: 20 mayo 2015]

13. POMA, R. 2013. Sistema Experto para el Diagnóstico de Malformaciones dentarias basado en Redes Bayesianas

14. SHORTLIFFE, E. 1970. MYCI

15. VÁSQUEZ, 2010. Juana María Vázquez Lara. Manual Básico de Ginecología y Obstetricia [Documento en línea].

<http://www.ingesa.msssi.gob.es/estadEstudios/documPublica/internet/pdf/Manual_obstetricia_ginecologia.pdf> [Consulta: 3 junio 2015]

16. VELASQUEZ, F. 2014. Sistema Experto de orientación socio jurídica, para la violencia contra niños, niñas y adolescentes, basado en Redes Bayesianas

17. Ciencia y Tecnología, 13, 2013, pp. 349-364 ISSN 1850-0870 355

S. Badaro, L. J. Ibañez y M. J. Agüero Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones