

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería de Sistemas



PREDICCIÓN DE REACCIONES ADVERSAS EN LAS TRANSFUSIONES SANGUÍNEAS DEL PACIENTE RECEPTOR BASADO EN REDES NEURONALES

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Luis Diego Chunga Huaylinos

Código 20130328

Asesor

Rosa Fátima Medina Merino

Lima – Perú

Marzo de 2021

**PREDICTION OF ADVERSE REACTIONS IN BLOOD
TRANSFUSIONS OF THE RECEIVING PATIENT BASED
ON NEURONAL NETWORKS**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Formulación del problema	4
1.2. Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Justificación	6
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	8
2.1. Hemovigilancia.....	8
2.2. Identificación de las reacciones adversas a las transfusiones sanguíneas	12
2.3. Indicaciones de transfusión sanguínea.....	15
2.4. Predicciones en transfusiones sanguíneas según variables.....	16
2.5. Importancia de las redes neuronales en salud.....	17
2.6. Estructura de la red neuronal como herramienta	19
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	21
3.1. Aspectos normativos sobre el suministro de sangre humana	21
3.1.1. Ley N° 26454.....	21
3.1.2. Decreto supremo N° 03-95 – Ley N°26454	21
3.2. Donación de sangre.....	22
3.2.1. Clasificación de tipos de donantes.....	23
3.3. Pruebas de determinación de estudios de la sangre	26
3.4. Definiciones conceptuales del proceso de transfusión sanguínea	30
3.5. Los riesgos de la transfusión sanguínea.....	30
3.5.1. Clasificación de las reacciones adversas	31
3.6. Causas de las reacciones adversas en la transfusión sanguínea.....	33
3.7. Evaluando la necesidad de transfusión sanguínea	35
3.7.1. Factores que determinan la necesidad de transfusión en el receptor	36
3.8. La hemovigilancia en el proceso de la transfusión sanguínea	37
3.8.1. Proceso de la hemovigilancia de la transfusión sanguínea	38

3.8.2. Objetivos de la hemovigilancia de la transfusión sanguínea	38
3.8.3. El proceso del desarrollo de un sistema de hemovigilancia	39
3.9. Etiquetado de las bolsas colectoras de sangre	39
3.10. Proceso de transfusión sanguínea	40
3.11. Redes neuronales	44
3.11.1. Clasificación de las redes neuronales	55
3.11.2. Arquitecturas neuronales	58
3.11.3. Métodos de aprendizaje	62
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	64
4.1. Método de investigación.....	65
4.1.1. Tipo de investigación.....	65
4.1.2. Diseño de la investigación	65
4.1.3. Variables de investigación	65
4.1.4. Operacionalización de variables	67
4.1.5. Población	71
4.1.6. Selección de la población objetivo	71
4.1.7. Recolección de datos	71
4.2. Alcance	72
4.3. Análisis por componentes (PCA)	73
CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS	75
CONCLUSIONES	108
REFERENCIAS.....	110
ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 <i>Comparación de eventos de la vida cotidiana con la transfusión de sangre</i>	16
Tabla 3.1 <i>Grupos sanguíneos del receptor y del donante</i>	29
Tabla 3.2 <i>Recomendaciones para la selección de concentración de glóbulos rojos de acuerdo al grupo y factor del paciente</i>	30
Tabla 3.3 <i>Reconocimiento de las reacciones adversas transfusionales agudas según signos y síntomas</i>	33
Tabla 3.4 <i>Reconocimiento de las reacciones adversas tardías según signos y síntomas</i>	34
Tabla 3.5 <i>Factores determinantes para la necesidad de una transfusión sanguínea</i>	37
Tabla 3.6 <i>Clasificación de redes neuronales</i>	57
Tabla 4.1 <i>Listado de variables</i>	68
Tabla 5.1 <i>Variables de entrada para las redes neuronales y sus códigos asignados</i>	75
Tabla 5.2 <i>Variables de salida para las redes neuronales artificiales</i>	77
Tabla 5.3 <i>Variables relevantes relacionadas al receptor</i>	77
Tabla 5.4 <i>Variables relevantes relacionadas al donante</i>	78
Tabla 5.5 <i>Resultados del cross-validation</i>	98
Tabla 5.6 <i>Resultados del cross-validation</i>	99
Tabla 5.7 <i>Resultados del cross-validation</i>	99
Tabla 5.8 <i>Resultados del cross-validation</i>	99
Tabla 5.9 <i>Resultados del cross validation</i>	100
Tabla 5.10 <i>Resultados del cross validation</i>	100
Tabla 5.11 <i>Resultados del cross validation</i>	100
Tabla 5.12 <i>Resultados del cross validation</i>	101
Tabla 5.13 <i>Resultados del cross-validation</i>	101
Tabla 5.14 <i>Resultados del cross-validation</i>	101
Tabla 5.15 <i>Resultados del cross-validation</i>	102
Tabla 5.16 <i>Resultados del cross-validation</i>	103
Tabla 5.17 <i>Resultados del cross validation</i>	103
Tabla 5.18 <i>Resultados del cross validation</i>	103
Tabla 5.19 <i>Resultados del cross validation</i>	104
Tabla 5.20 <i>Resultados del cross validation</i>	104

Tabla 5.21	<i>Resultados del cross-validation</i>	104
Tabla 5.22	<i>Resultados del cross-validation</i>	105
Tabla 5.23	<i>Resultados del cross-validation</i>	105
Tabla 5.24	<i>Resultados del cross-validation</i>	105
Tabla 5.25	<i>Pruebas de prueba de estres</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Proceso de hemovigilancia	39
Figura 3.2	<i>Proceso integral de la transfusión sanguínea en el Hospital Público- 2017</i>	42
Figura 3.3	<i>Proceso del consentimiento informado del receptor - 2017</i>	43
Figura 3.4	<i>Proceso de atención de la solicitud transfusional del paciente receptor 2017</i>	43
Figura 3.5	<i>Proceso de transfusión</i>	44
Figura 3.6	<i>Proceso de detección y reporte de reacciones adversas del receptor</i>	45
Figura 3.7	<i>Modelo de red neuronal</i>	48
Figura 3.8	<i>Estructura neuronal</i>	50
Figura 3.9	<i>Estructura neuronal de la función de propagación</i>	51
Figura 3.10	<i>Estructura neuronal directa</i>	53
Figura 3.11	<i>Estructura neuronal inversa</i>	54
Figura 3.12	<i>Estructura neuronal con retardo</i>	54
Figura 3.13	<i>Estructura neuronal de un cancelador de ruido</i>	55
Figura 3.14	<i>Arquitectura de la red neuronal monocapa</i>	59
Figura 3.15	<i>Arquitectura de la red neuronal multicapa</i>	60
Figura 3.16	<i>Estructura de una red neuronal recurrente</i>	62
Figura 3.17	<i>Mapa conceptual sobre los métodos de aprendizaje</i>	63
Figura 4.1	<i>Flujograma de la propuesta de solución</i>	72
Figura 5.1	<i>Red neuronal con fiebre como efecto adverso</i>	82
Figura 5.2	<i>Red neuronal con urticaria como efecto adverso</i>	83
Figura 5.3	<i>Red neuronal con prurito como efecto adverso</i>	84
Figura 5.4	<i>Red neuronal con escalofríos como efecto adverso</i>	85
Figura 5.5	<i>Red neuronal con fiebre como reacción adversa con 844 datos</i>	86
Figura 5.6	<i>Red neuronal con cianosis como reacción adversa con 844 datos</i>	87
Figura 5.7	<i>Red neuronal con urticaria como reacción adversa con 844 datos</i>	88
Figura 5.8	<i>Red neuronal con hemoglobinuria como reacción adversa con 844 datos</i>	89
Figura 5.9	<i>Red neuronal con edema facial como reacción adversa con 844 datos</i>	90
Figura 5.10	<i>Red neuronal con náuseas como reacción adversa con 844 datos</i>	91
Figura 5.11	<i>Red neuronal con dolor lumbar como reacción adversa con 844 datos</i>	92
Figura 5.12	<i>Red neuronal con dolor torácico como reacción adversa con 844 datos</i>	93

Figura 5.13	<i>Red neuronal con prurito como reacción adversa con 844 datos</i>	94
Figura 5.14	<i>Red neuronal con escalofríos como reacción adversa con 844 datos</i>	95
Figura 5.15	<i>Diagrama de cross validation</i>	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Codificación de la bolsa cuádruple y modelo de etiquetado de las bolsas colectoras de sangre	118
Anexo 2: Paquetes	119
Anexo 3: Librerías	120
Anexo 4: Codificación de la estructura de red	121
Anexo 5: Cantidad de transfusiones de hemocomponentes por año	122
Anexo 6: Algoritmo usado para cross-validation	123
Anexo 7: Algoritmo para el análisis de componentes principales (entrenamiento)	124
Anexo 8: Algoritmo para el análisis de componentes principales (prueba)	131
Anexo 9: Autorización	135
Anexo 10: Documentos para la recolección de datos	137
Anexo 11: Glosario de términos	140

RESUMEN

La transfusión de sangre es un tratamiento terapéutico que salva vidas, para ello es necesario proporcionar sangre segura a los pacientes. La hemovigilancia es el proceso que comprende desde la recolección de sangre hasta la transfusión sanguínea. La hemovigilancia permite identificar los efectos adversos en los receptores a fin de implementar mejoras en los procesos de la transfusión. El objetivo del estudio fue predecir las reacciones adversas ocurridas durante las 24 horas post transfusión hacia el receptor, evidenciadas por signos y síntomas como fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobinuria, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito y escalofríos. El método se basó en un estudio transversal y exploratorio. Se utilizó las redes neuronales de *backpropagation* que constan de tres capas que son las de entrada, oculta y la de salida. Para el diseño de la red neuronal, se utilizaron las diez variables de salida por medio del tipo de red neuronal multicapa *backpropagation* ya que permitió ajustar el resultado de la predicción del objeto de estudio. Conocer las reacciones adversas es una contribución social para mejorar la calidad de los procesos de la cadena transfusional que comprende desde la extracción de la sangre de los donantes hasta la transfusión sanguínea en los receptores.

Palabras Clave: Hemovigilancia, transfusión sanguínea, reacción adversa, red neuronal, predicción

ABSTRACT

Blood transfusion is a life-saving therapeutic procedure that requires the provision of safe blood to patients. Hemovigilance is the process from blood collection to blood transfusion. Hemovigilance allows the identification of adverse effects on recipients in order to implement improvements in transfusion processes. The objective of the study is to predict adverse reactions occurring during the 24 hours after transfusion to the recipient, evidenced by signs and symptoms such as fever, cyanosis, hives, hemoglobinuria, facial edema, nausea, low back pain, chest pain, itching and chills. The method is based on a cross-sectional and exploratory study. It uses backpropagation neural networks consisting of three layers: input, output and hidden. For the design of the neural network, the ten output variables were used by means of the backpropagation multilayer neural network type as it will allow the result of the prediction of the study object to be adjusted. Knowing about adverse reactions was a social contribution to improving health care in the transfusion chain, from the collection of blood from donors to the transfusion of blood to recipients.

Keywords: Hemovigilance, blood transfusion, adverse reaction, neural network, prediction.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la transfusión sanguínea es parte esencial para el tratamiento en medicina. No se debe prescindir de la sangre dentro del tratamiento de pacientes con enfermedades oncológicas, hematológicas, para casos de accidentes masivos y cirugías. En base a los datos de la Asociación Americana de Bancos de Sangre (AABB) cada año se transfunden 85 millones de unidades de eritrocitos, aproximadamente (Martínez et al., 2015). Es por ello que la sangre es necesaria para la vida, de allí la importancia de velar por la seguridad transfusional para los receptores.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define la “transfusión sanguínea como el acto de transferir sangre o algún componente sanguíneo desde un donante hacia un receptor”. El hecho de transfundir sangre contribuye a salvar la vida del paciente, y por eso es necesario que los servicios de salud suministren sangre de forma segura. Aunque se considera muy difícil llegar a un riesgo cero dentro de la transfusión, hoy en día es más seguro transfundir sangre dentro de países desarrollados que en países que se encuentran en vías de desarrollo (OMS, 2001).

Por ello, a los donantes de sangre se les evalúa rigurosamente, siendo obligatorio el tamizaje de las pruebas para identificar 7 enfermedades infecciosas (VIH, hepatitis B, hepatitis C, enfermedad de Chagas, HTLV1, Sífilis,). Asimismo, a los receptores se les tiene que realizar las pruebas cruzadas que permiten determinar la compatibilidad entre la sangre del donante y del receptor. Durante el proceso de transfusión sanguínea, el receptor puede presentar reacciones adversas a las transfusiones sanguíneas, dichas reacciones pueden ser desde leves hasta graves, siendo estas últimas las que pueden llegar a causar el deceso del receptor (OMS, 2001).

Actualmente, en las instituciones de salud existe poca información en la identificación de las reacciones adversas, no se reportan dichas reacciones, y hasta es frecuente que las hojas de registro se extravíen, lo que provoca que no sean conocidas por el servicio de banco de sangre. Por lo tanto, no se conoce con exactitud la frecuencia de las reacciones adversas en el receptor. Esto ocasiona una enorme desventaja para el paciente y una gran repercusión al mismo banco de sangre, ya que esto no le permitirá identificar las posibles fallas en el sistema de la cadena del proceso de transfusión

sanguínea y plantear oportunidades de mejora. De allí la importancia de identificar las reacciones adversas en el receptor a través de un modelo de predicción de redes neuronales, las reacciones adversas abordadas en el mismo son las que podrían ocurrir durante la transfusión y postransfusión en las primeras 24 horas, expresadas a través de signos y síntomas tales como fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobinuria, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito y escalofríos.

Este estudio se sustentó en los aspectos de la hemovigilancia, la cual es la secuencia de procedimientos que garantizan la observación de las posibles reacciones adversas que se presentan, tanto en los donantes como en los receptores de sangre, estos procedimientos podrían brindar a los centros de salud la oportunidad de controlar de forma organizada dichas reacciones, mejorando así la calidad de vida de las personas. Esta secuencia se inicia con la extracción de la sangre y continúa a través del seguimiento de los receptores, con la finalidad de hacerle frente a una posible aparición de efectos adversos (Martínez et al., 2015). En cuanto al tipo de reacciones presentadas encontramos a las alérgicas y febriles como las más frecuentes, lo cual es concordante con diversos estudios que han reportado que hasta un 55% de las RAT (reacciones adversas transfusionales) son de tipo alérgico, estas manifestaciones clínicas fueron prurito, rash, eritema y urticaria, por lo que se catalogaron como grado 1 (Linares, 2014).

En virtud a la ley N° 26454 se señala que los establecimientos de salud tienen la obligación de contar con un banco de sangre para abordar todo el proceso de la cadena transfusional, desde la extracción hasta la transfusión sanguínea en el receptor (Ley 26454, 1995).

Desde un enfoque teórico, las redes neuronales son definidas como un sistema computacional paralelo muy potente, gracias a que tienen la capacidad de solucionar situaciones muy difíciles. Tales redes se encuentran estructuradas para operar como una simbolización del funcionamiento del cerebro humano, donde hay conexiones entre las neuronas para moldear una red compleja (Ayala et al., 2009; Gutiérrez, 2017).

Para contribuir en la solución del problema, se propuso una red neuronal como la base para un modelo que logre predecir las reacciones adversas frente las transfusiones sanguíneas de los pacientes receptores. Las variables de entrada estuvieron dadas por las variables del receptor, tales como edad, frecuencia de las bolsas, hemoglobina, hematocrito y grupo sanguíneo. En cuanto a las variables del donante, estas fueron: grupo

sanguíneo y resultados de las pruebas de las 7 enfermedades infecciosas (HIV, HB, Anti-HB, Anti-HCV, HTLV, Sifilis, Chaga).

Como parte del trabajo de investigación, en el Capítulo I, se trata acerca del planteamiento del problema con el que se dan a conocer las circunstancias por las que se ha considerado desarrollar el presente estudio. En el Capítulo II se muestra el estado del arte en el que se dio a conocer otros trabajos de investigación relacionados al tema y cuyo análisis permite tener en consideración algunas variables como parte de la red neuronal a preparar. Luego, dentro del Capítulo III, se presenta el marco teórico en el cual se plantea un contenido basado en aspectos normativos que regulan el suministro de sangre, bases conceptuales de la donación de sangre, pruebas de determinación de estudios de la sangre, definiciones conceptuales del proceso de transfusión sanguínea, reacciones adversas a la transfusión sanguínea, causas de las reacciones adversas en la transfusión sanguínea, entre otros contenidos que se detallan en ese capítulo. En cuanto al Capítulo IV, que aborda la propuesta de solución, se explica lo que se propone como solución al problema que se plantea como parte del trabajo de investigación. Por último, en el Capítulo V, que tiene como ejes principales las pruebas y resultados, se muestran las pruebas efectuadas al programa para comprobar su rendimiento.

CAPÍTULO I: PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se establece lo siguiente:

“establece que para determinar si el sistema médico de un país es eficiente, se debe fijar el parámetro siguiente: por cada 20 habitantes, se debe obtener una unidad de sangre. Para cumplir con esta proporción, se requiere que, aproximadamente, el 2% de la población de un determinado territorio debe donar sangre para satisfacer sus necesidades internas” (Carrasco, 2017, p. 20).

Por datos de la OMS, se estima que el índice de transfusión a nivel mundial es de 2673 unidades por 100 000 habitantes/año (26.7 transfusiones por 1000 habitantes/año); en Estados Unidos, anualmente, cerca de 5 millones de personas reciben transfusiones sanguíneas que les han salvado la vida. Anualmente, alrededor del mundo, se llegan a realizar transfusiones sanguíneas de 22 millones (Cobos, 2015).

Al tocar el tema de la sangre segura, tratamos con la importancia de reducir los riesgos de transmisión en los pacientes receptores, así como el ahorro del gasto que pudiera suceder en el tratamiento, recuperación y rehabilitación del paciente afectado. Con este objetivo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Ministerio de Salud del Perú consideran que garantizar la correcta aptitud y seguridad de la sangre destinada a transfusiones debe ser una prioridad a nivel regional, así como también destacan la importancia de promover e incentivar la voluntariedad dentro del proceso donativo sanguíneo y el análisis riguroso de absolutamente todas las unidades sanguíneas obtenidas (MINSA, 2007; OMS, 2001).

En un hospital público, según sus estadísticas anuales de los años 2016, 2017 y primer trimestre del año 2018, se encontró que las transfusiones sanguíneas de glóbulos rojos representan el mayor porcentaje (54%) de atención a los receptores (Anexo 5). Dentro de un hospital público peruano, el problema consiste en que se tienen pocos datos acerca de las reacciones adversas a la transfusión y su impacto en los receptores, pues hay limitada información para identificar todas las reacciones adversas que se presentan por cada paciente que recibe la unidad de sangre (glóbulos rojos). La situación radica en

que no se reportan las reacciones adversas, la responsabilidad de tales reportes corresponde al personal que forma parte del proceso de la cadena de transfusión, y, si dicha información es reportada, muchas veces las hojas de registro se extravían y no son notificadas al banco de sangre. Esto ocurre porque, según las palabras del jefe del banco de sangre, hay un limitado seguimiento de la hemovigilancia de las transfusiones sanguíneas, lo que no permite tener un control organizado sobre los efectos de las reacciones adversas que se puedan manifestar en los receptores. Ello afecta a los pacientes y al banco de sangre, ya que dicha institución tiene como principal objetivo el de brindar sangre segura al receptor, así como también llevar el seguimiento e información sobre los efectos resultantes de la utilización terapéutica del uso de la sangre para prevenir su ocurrencia o recurrencia, para mayor seguridad transfusional. Conocer las reacciones adversas les permitirá a diversas instituciones mejorar los procesos de atención dentro de la cadena transfusional, que abarca desde la extracción de sangre hasta el seguimiento de la transfusión hacia los receptores. Esto es de vital importancia para el sistema de salud, ya que permitirá mejorar el proceso de leucorreducción, mejorar la centrifugación, mejorar el control de calidad de los hemocomponentes, identificar en qué servicios ocurren, mejorar los procesos en la etapa analítica (toma de muestra y procesamiento de la muestra).

Es necesario remarcar que la transfusión sanguínea es similar a un trasplante de órgano, es decir, se equipara con la inserción de algún tejido extraño que puede conllevar el riesgo de efectos secundarios indeseados, por lo que es altamente importante poner atención en la identificación de las reacciones adversas para prevenir y brindar una atención adecuada.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

- Predecir, en base a las redes neuronales, las reacciones adversas en las transfusiones sanguíneas de los pacientes receptores.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar la frecuencia de las reacciones adversas inmediatas post-transfusión sanguínea.
- Seleccionar las variables que influyen en las reacciones adversas observadas en el proceso de la transfusión sanguínea del receptor y del donante.
- Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea.

1.3. Justificación

La limitación y escasez de la sangre dentro del contexto hospitalario implica, para las personas, un empeño económico y humano. La sangre no tiene una forma artificial que pudiera servir como reemplazo. Además, entre el donante y receptor, se debe conservar muy bien la sangre (Martínez et al., 2015).

En base al problema descrito, se considera la necesidad de usar las tecnologías de información que intentan dar soporte para la toma de decisiones clínicas encaminadas a mejorar los procesos de la cadena transfusional. Esta investigación permitió fortalecer la hemovigilancia, la cual “consiste en una secuencia de pasos que contribuye a la importancia de contar con un adecuado control sobre las reacciones adversas que tienen tanto donantes como receptores de sangre. Estas reacciones pueden emerger mientras se lleva a cabo el proceso transfusional que va desde la extracción de la sangre hasta la supervisión a los receptores” (Martínez et al., 2015, p. 290).

Los grandes beneficiados de este estudio serán los pacientes y el equipo de banco de sangre, ya que al conocer las predicciones de las reacciones adversas podrán implementar medidas preventivas orientadas en mejorar la selección de donantes, el proceso del preparado de la sangre, el almacenamiento de la sangre certificada, el proceso minucioso de la realización de las pruebas cruzadas del receptor, la entrega correcta de la sangre y la administración adecuada de la sangre; ya que uno de los factores de las reacciones adversas es el goteo del volumen de sangre muy rápido, que le puede causar insuficiencia cardíaca (Ballester et al., 2004; Knowles & Chen, 2011; Martínez et al., 2015).

Las redes neuronales fueron utilizadas como herramientas tecnológicas para la predicción de las reacciones adversas en los receptores, ya que permitieron un aprendizaje adaptativo, auto-organizativo, tolerante a fallos con operación en tiempo real y con gran facilidad de inserción dentro de las tecnologías existentes. Para ello, se usó la red neuronal artificial, ya que es un método matemático no lineal, de naturaleza computacional y presenta una arquitectura basada en la red neuronal biológica.

CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

Para identificar las reacciones adversas en las transfusiones sanguíneas es importante que las instituciones de salud implementen programas de hemovigilancia. Para ello se muestran algunos estudios relacionados a la hemovigilancia.

2.1. Hemovigilancia

En un estudio realizado por Linares se consignó “describir la frecuencia y tipo de reacciones adversas a las transfusiones sanguíneas” (2014, p. 18), se mostró el reporte de unidades transfundidas durante el estudio, que fue de 14 511 hemocomponentes transfundidos, se reportaron al banco de sangre 51 reacciones transfusionales en el periodo de estudio, que representaron el 0.3% lo cual es mucho más bajo de lo reportado en la literatura internacional; en el último reporte publicado por el *Serious Hazards of Transfusion* (SHOT) en 2012 “se estima esto debido posiblemente a un sub-registro de las reacciones transfusionales al no contar con un sistema de hemovigilancia que pueda realizar el seguimiento oportuno de las RAT (reacciones adversas transfusionales)” (p. 32). “En cuanto al tipo de reacción presentada, encontramos a las alérgicas y febriles como las más frecuentes, lo cual es concordante con diversos estudios que han reportado que hasta un 55% de las RAT son de tipo alérgico, las manifestaciones clínicas fueron prurito, rash, eritema, urticaria por lo que se catalogaron como grado 1” (p. 32). El estudio concluye que “El sistema de Hemovigilancia es una herramienta que nos puede ayudar a garantizar una mayor seguridad transfusional considerada y realizada para beneficio del paciente”. Además, “El conocer el tipo de reacciones y las condiciones que se asocian a ellas con mayor frecuencia es indispensable para poder prevenirlas” (P. 34).

En este sentido, Jiménez-Marco (2015) asevera que la “implantación de un sistema de Hemovigilancia en España ha permitido conocer el riesgo real de la transfusión en nuestro país y ha promovido medidas para la mejora de la seguridad transfusional” (p. 315). Asimismo, “se ha documentado que los efectos adversos que conllevan mayor morbi-mortalidad no son los relacionados a la transmisión de enfermedades virales, sino que los causales de los efectos adversos que ocurren en la

transfusión sanguínea son: 1) los errores en la administración de componentes sanguíneos (EAC), 2) la lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (LPART), 3) el edema pulmonar cardiogénico (EPC), 4) las reacciones hemolíticas transfusionales no-ABO, y 5) las infecciones bacterianas transmitidas por transfusión” (p. 315). Dicho autor refiere que, según el análisis realizado de los datos obtenidos a través del sistema de hemovigilancia, durante los años 2006-2013, se registra que las tres causas más frecuentes de morbimortalidad asociada a la transfusión son: 1) errores en la administración de componentes sanguíneos (EAC), 2) lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (LPA-RT), y 3) el edema pulmonar cardiogénico (EPC).

En relación a los errores en la administración de componentes sanguíneos (EAC), según el análisis de los años 2006-2013, se transfundieron un total de 16.533.100 componentes sanguíneos y se notificaron 1.304 EAC (8,7% de todos incidentes), lo cual representa una incidencia anual de 1 EAC por 12.679 componentes transfundidos. El 10% de los casos fueron graves y de ellos, 9 ocasionaron la muerte del paciente debido a la transfusión de hematíes ABO incompatibles. De los 1.304 EAC notificados, el 29,70% correspondieron a la administración de un componente a un paciente distinto del previsto, el 14,70% a la transfusión de un componente no irradiado, el 9,69% a la transfusión ABO incompatible, el 5% a la transfusión de hematíes no fenotipados y en el 37,7% el motivo no consta o corresponde a otros distintos de los descritos. Con respecto al paso del proceso transfusional en el cual se produjo el error, en el 36,4% de los casos fue debido a un fallo u omisión en la identificación del paciente en el momento de la administración del componente (los denominados errores en "cabecera"), el 20,6% de los casos fueron debidos a errores de selección del componente a transfundir, el 20% a errores de prescripción, el 14,4% a errores de laboratorio, el 5,8% a errores de extracción y en el 2,6% de casos a errores de manipulación y conservación (Jiménez-Marco, 2015).

Lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (LPA-RT)

Durante los años 2006-2013 se transfundieron un total de 16.533.100 componentes sanguíneos y se notificaron 153 casos notificados (1,0% de todos los incidentes) de lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (LPA-RT o TRALI, *Transfusion-Related Acute Lung Injury*), con una gravedad e imputabilidad mayor o igual a 2, lo cual representa una incidencia anual de 1 caso de LPA-RT por 108.059 unidades transfundidas. Del total de casos notificados, el 36,0% se asociaron a la transfusión de concentrados de hematíes, el 19,5 % a la transfusión de plaquetas, el 21,5%

a la de plasma fresco congelado y el 23,0 % a la transfusión de multicomponentes. De los 11 fallecimientos causados por LPA-RT durante los años 2006-2013 (incidencia de 1/1.503.009 unidades transfundidas), el 45% se debieron a la transfusión de multicomponentes (5 casos, en los cuales los concentrados de hematíes fueron el componente común en todos ellos), el 27,3% (3 casos) a la transfusión de concentrados de hematíes, el 18,2% (2 casos) a la transfusión de concentrados de plaquetas y 9,1% (1 caso) a la transfusión de plasma (Linares, 2014).

Edema pulmonar cardiogénico (EPC)

“En el periodo 2006-2013, se notificaron 176 casos (1,2% de todos los incidentes) de edema pulmonar cardiogénico (EPC o TACO, *Transfusion Associated Circulatory Overload*), con una gravedad e imputabilidad mayor o igual a 2, lo cual representa una incidencia anual de 1 caso de EPC por 93.938 unidades transfundidas. Del total de casos, el 88,7% se asociaron a la transfusión de concentrados de hematíes, el 4,5 % a la transfusión de plaquetas, el 4,5% a la transfusión de plasma fresco congelado, el 1,7 % a la transfusión de multicomponentes y un único caso debido a la transfusión de una unidad de sangre total (0,6%). Los 5 casos de fallecimientos causados por EPC, durante los años 2006-2013, fueron ocasionados con la transfusión de hematíes, siendo la media de edad de los pacientes de 77 años. La incidencia de casos mortales de EPC en nuestro país, de acuerdo con los datos disponibles, es 1 caso por 3.306.620 unidades transfundidas. Si tenemos en cuenta que todos los casos mortales han estado relacionados con la transfusión de hematíes, la incidencia es de 1 caso mortal de EPC por 1.948.955 concentrados de hematíes administrados. La incidencia de casos de EPC en España es excesivamente baja” (Jimenez-Marco, 2015, p. 316).

Así mismo, Berro et al. (2016), lograron “identificar y conocer las características y la frecuencia de las reacciones adversas a la transfusión y desarrollar un sistema de hemovigilancia aplicable en nuestro hospital” (p. 270). Se realizó el seguimiento de todos los pacientes transfundidos con hemocomponentes en un hospital universitario durante 12 meses en un período de dos años (2014-2015). Se registraron las reacciones adversas a la transfusión, los incidentes y los casi incidentes. Durante el período de estudio se transfundieron en total 6.970 hemocomponentes en un total de 1.104 pacientes, correspondiendo a 3.504 unidades de SD, 2.063 unidades de CP, 1.175 unidades de PFC, 162 unidades de CRIO y 66 CPDU. Se registraron en total 58 reacciones adversas a la transfusión, correspondiendo a una tasa de 8,3 por 1.000 hemocomponentes

transfundidos. Del total de reacciones adversas encontradas, 25 corresponden a reacciones transfusionales febriles no hemolíticas, 14 a la aloinmunización (detección de un nuevo aloanticuerpo contra un grupo sanguíneo), 12 casos de reacción alérgica, 4 debidos a sobrecarga circulatoria asociada a la transfusión y se registró 1 caso de los siguientes: disnea asociada a la transfusión, lesión pulmonar asociada a la transfusión (clasificada como posible ya que existía una causa concomitante de lesión pulmonar) y sepsis transfusional. Asimismo, se detectaron dos casi incidentes y un error en la administración de hemocomponentes.

Finalmente, en Uruguay, como en muchos países de la región, por razones diversas, las reacciones adversas a la transfusión no son registradas por los sistemas oficiales de estadísticas en salud. La hemovigilancia constituye una poderosa herramienta para optimizar la seguridad transfusional por medio del cuidado y de la supervisión persistente a cada paso de la cadena transfusional (Berro et al., 2016).

Un estudio dirigido por Silva (2011) tuvo como uno de sus objetivos identificar las reacciones adversas de la donación y transfusión, la magnitud y características de dichos sucesos. Asimismo, se tomó en cuenta el uso terapéutico de la sangre y sus componentes, antes de la implementación del programa de servicios de salud de la provincia de Matanzas. Entre los años 2003 y 2009, en la provincia de Matanzas, se fijó un programa de hemovigilancia con el objetivo de mejorar la seguridad transfusional y mejorar el uso de la transfusión con fines terapéuticos, por medio de un estudio de investigación – acción. En sus conclusiones, se confirmó que antes del programa de hemovigilancia existían los siguientes escenarios: había una alta tasa de reacciones adversas de la transfusión y donación, había un alto nivel de omisión de comunicación de reacciones transfusionales. Además, dentro del uso de la sangre y sus componentes con fines terapéuticos, había una alta incidencia de contaminación de bacterias y se requería actualizar la capacitación en medicina transfusional en los médicos especialistas.

Por otro lado, se reiteró una vez más que el programa de hemovigilancia proporciona una mejora a la seguridad de la transfusión sanguínea y el uso de los componentes sanguíneos con fines terapéuticos. Esta optimización permitió reducir la tasa de reacciones adversas de la transfusión y donación, permitió disminuir los eventos graves y permitió aumentar el nivel de conocimientos de los especialistas en el campo de la medicina transfusional. Este último estudio contribuyó al aumento del porcentaje de profesionales y técnicos del programa de sangre. Hubo una mejora considerable en los

indicadores del manejo de la sangre de una forma apropiada y con fines terapéuticos, al igual que se logró un manejo adecuado de los concentrados de eritrocitos y de plasma (Silva, 2011).

2.2. Identificación de las reacciones adversas a las transfusiones sanguíneas

Allende (2013) realizó una investigación que tuvo como objetivo “determinar las reacciones adversas transfusionales existentes en la base de datos del Banco de Sangre del Hospital General de Ecatepec “Las Américas” desde el inicio de la fundación de este Banco hasta el 2014” (p. 4). Dicho estudio concluyó que las reacciones adversas transfusionales en el Banco de Sangre del Hospital General de Ecatepec en el periodo 2011 a 2014 solo representan el 0.05% y el porcentaje de estas reacciones postransfusionales fue mayor en hombres 55.55% que en mujeres 45.45%.

Otro estudio oportuno para el presente análisis fue el de Ramos (2010), dicha pesquisa tuvo como objetivo saber el grado de continuidad de los efectos adversos en las transfusiones sanguíneas realizadas a los pacientes dentro del Hospital Regional de Veracruz en el área de servicio de medicina interna. Los resultados indican que se registraron 178 pacientes transfundidos. De este total, 158 fueron transfundidos con paquete globular, 12 fueron transfundidos con concentrados plaquetarios, mientras que 8 fueron transfundidos con plasma fresco congelado. Asimismo, del total de pacientes, 151 no presentaron alguna reacción adversa, mientras que 27 sí presentaron alguna clase de evento adverso. Las más frecuentes fueron: incremento del pulso en 15 pacientes (55.5%), aumento de la temperatura (22.2%), hipotensión (14.8%) y urticaria en 2 (7.4%), las cuales se presentaron en todos los componentes. A modo de conclusión, el estudio refiere que el grado de continuidad de las reacciones adversas producto de la transfusión sanguínea es semejante a lo que queda registrado dentro de la literatura mundial. De acuerdo a lo estipulado en la literatura mundial, el grado de continuidad por componente transfundido llega a ser mayor en paquete globular debido a que dentro del conjunto de pacientes fue lo que más ha estado indicado. Sobre el tipo de reacciones transfusionales, las que prevalecen más son el aumento del pulso y la reacción febril no hemolítica, siendo todas estas reacciones leves, por lo que la transfusión sanguínea aún es un procedimiento seguro.

Otro estudio tuvo como objetivo determinar el grado de reiteración de las reacciones adversas en los pacientes que han sido transfundidos dentro del Hospital PNP Luis N. Sáenz de septiembre a diciembre del 2010 llegando a la siguiente conclusión: los resultados revelan que el 75% del total de efectos adversos fueron reacciones alérgicas, mientras que un 25% fueron reacciones febriles no hemolíticas. En el estudio realizado se hallaron 4 casos de reacciones adversas, de las cuales 2 han sido detectados mediante la supervisión a los pacientes receptores de hemoderivados a través de la entrevista al paciente. Esto es una evidencia de que no siempre se debe esperar que se comuniquen los casos de reacciones adversas mediante los servicios, sino que también tiene que haber una continua búsqueda por parte del personal del banco de sangre tanto en días laborables como en días festivos (Vásquez, 2012).

Por otra parte, se hallaron 3 reacciones alérgicas en pacientes a quienes se les ha prescrito seis o más unidades del hemocomponente que fue asignado y solamente una unidad fue la que originó la reacción. En base a ello, se descarta la falta de IgA como posible causa de la reacción adversa. Sin embargo, dentro del almacenamiento del plasma se acumularon alérgenos, lo cual indica que esto es la causa predominante de la reacción adversa. Dentro de este estudio, se detectó un resultado adverso en la única unidad que se ha transfundido a una paciente de sexo femenino. El resultado indica que la hemoglobina del paciente mostraba niveles muy bajos. Sin embargo, al momento de realizarse la consulta, expresaba no sentir malestar y que no evidenciaba signos de padecer anemia. Al final, el médico prescribió la transfusión al considerarlo una medida preventiva debido a que la paciente sería sometida a una cirugía menor. Esta situación evidencia que las reacciones adversas pueden ser generadas mediante transfusiones prescritas en base a valores de laboratorio. Esto pudo haberse evitado a través del uso de tratamientos alternativos a la transfusión (Vásquez, 2012).

Un estudio diferente tuvo como objetivo definir el aspecto del informe de reacciones transfusionales para implementar un sistema de hemovigilancia en base a los procesos de donación y transfusión (Martínez et al., 2015). Según sus resultados, han sido procesados un total de 4456 donantes de sangre siendo 83 (1.86%) de este total, mujeres. Un total de 216 personas fueron descartadas por dar positivo a la pesquisa inicial. Luego, fueron transfundidos un total de 25592 unidades de hemocomponentes en 13884 pacientes. Un total de 50 eventos adversos transfusionales fueron informados y todas han sido de etiología inmune. Se tomó en cuenta la probabilidad de que hubiese omisiones

cuando se notificaron las reacciones adversas transfusionales del tipo no inmune, y las reacciones transfusionales detectadas durante el proceso de donación. Como conclusión, el modelo de reporte de los eventos adversos transfusionales debe ser fortalecido. Principalmente el reporte debe abarcar a las reacciones tardías no inmunes y de manera particular debe abarcar a las reacciones de etiología infecciosa.

Según Gutiérrez-Camacho et al. (2007), la sangre forma un tejido alogénico de vida media corta, lo que conduce a riesgos inherentes de cualquier tejido que haya sido trasplantado. Por lo tanto, es muy importante establecer altas normas de seguridad y manejo ya que, si se comete un error, esto puede llevar a la muerte por fallas en la seguridad o negligencia en el manejo del tejido durante el trasplante. En este estudio se realizaron un total de 73512 transfusiones de concentrados eritrocitarios, de los cuales han sido reportados un total de 125 reacciones adversas. Durante el periodo estudiado, se estableció la tasa de reacción transfusional en 1.7 por cada 1000 transfusiones. La tasa de reacción ha mostrado un descenso al disminuir de 4.7 en el año 1999 a 0.5 en el año 2003, en ese último año se realizaron 34% más transfusiones que en 1999. Hubo 70.4% de reacciones agudas no hemolíticas y un 25.6% han sido alérgicas; esto conforma las tasas de 119.7 por 100000 y 44.9 por 100000 transfusiones respectivamente.

Luego, de un total de 125 casos, cuatro se deben al error humano para una tasa de 5.4 por 100000 transfusiones. Asimismo, 77 (61.6%) reacciones fueron presenciadas por personas de sexo femenino mientras que del sexo masculino hubo 48 (38.4%). Respecto a las edades, las personas que presentaron alguna reacción tienen entre 36 y 40 años. Por otra parte, la permanencia de eventos adversos transfusionales por los pabellones exponía en los primeros lugares a los servicios de oncología, ginecología y cirugía. De esta forma, debe notificarse cualquier evento adverso lo más rápido posible y que sea tratada de forma inmediata. Por eso es muy importante contar con la hemovigilancia en este procedimiento (Gutiérrez-Camacho et al., 2007).

Según Baptista (2013), se puede realizar cierta asociación entre la transfusión de sangre y los sucesos de la vida diaria, lo cual se muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1*Comparación de eventos de la vida cotidiana con la transfusión de sangre*

Tipo	Evento	Razón
Vida cotidiana	Muerte en accidente de automóvil	1 en 5000
	Muerte por ahogamiento	1 en 20000
	Muerte por envenenamiento	1 en 86000
	Muerte por accidente en avión	1 en 256000
	Muerte por electrocución	1 en 350000
Transfusión	Reacciones alérgicas no graves	1 en 50-380
	Febril, no hemolítica	1 en 50-1800
	Entrega incorrecta de la sangre	1 en 1000-2000
	Sobrecarga de volumen	1 en 500-1600
	Muerte por anestesia general	1 en 30000
	Muerte en cirugía	1 en 80000

Fuente: Baptista (2013).

En base a la tabla 2.1 se puede observar que las reacciones adversas son más comunes en la atención a la salud que en la vida cotidiana. En base a estos resultados, se ha logrado establecer iniciativas para unir fuerzas que permitan reducir los eventos adversos mediante una disminución considerable de los riesgos (Baptista, 2013).

2.3. Indicaciones de transfusión sanguínea

Según Estuco (2011) y su estudio realizado en el hospital Hipólito Unanue de Tacna entre octubre y diciembre del año 2010, un 71.1% de pacientes transfundidos son mujeres y su rango de edad oscila entre los 20 y 44 años. Estos pacientes provienen del servicio de Gineco-Obstetricia, siendo “O positivo” el tipo de sangre más transfundido. Respecto a la transfusión de paquete globular, se indica con mayor frecuencia el tratamiento quirúrgico (62.2%) y anemia crónica (18.9%).

2.4. Predicciones en transfusiones sanguíneas según variables

A continuación, se muestran estudios sobre predicciones de transfusiones sanguíneas.

Según una investigación realizada por Murphree et al. (2015), fueron transfundidos aproximadamente 21 millones de componentes sanguíneos en los Estados Unidos, de los cuales, dos reacciones adversas en particular representaron el 62% de las fatalidades relacionadas a la transfusión y que son:

- Lesión pulmonar aguda relacionada con transfusiones (TRALI en inglés)
- Sobrecarga circulatoria relacionada con transfusiones (TACO en inglés)

La transfusión de sangre es una práctica médica de rutina empleada con un estimado de 5 millones de pacientes que anualmente reciben sangre solo en los Estados Unidos. A pesar de las mejoras en la seguridad de las transfusiones aún hay poco, pero severo, riesgo de complicación. Dos reacciones adversas (TRALI y TACO) son especialmente problemáticas (Murphree et al., 2015).

Debido a esto, entre el 2009 y el 2013, se contabilizó desde un 30% a 45% de muertes relacionadas con TRALI (lesión pulmonar aguda relacionada con transfusiones), mientras que las relacionadas con TACO (sobrecarga circulatoria relacionada con transfusiones) desde un 13 a un 34% (Murphree et al., 2015).

Los dos años dedicados a la evaluación son significantes debido a dos mayores cambios en la adquisición de productos sanguíneos que iniciaron en el año 2005. El primer cambio fue en la adquisición de glóbulos rojos. De forma específica, se puso en práctica un proceso llamado leucorreducción. Con este proceso, los glóbulos blancos son removidos de los glóbulos rojos previos a la transfusión; y la evidencia sugiere que la leucorreducción puede estar asociada a la reducción de los índices de TACO. De esta forma el año de transfusión se vuelve un potencial predictor en cualquier modelo de aprendizaje entrenado en la data. El segundo mayor cambio en la adquisición de productos sanguíneos fue la implementación de políticas de donantes exclusivamente masculinos para los productos plasmáticos transfusibles. Este cambio ha estado asociado de forma consistente con la reducción de las tasas de TRALI, y una vez más se enfatiza la importancia potencial del año como una variable en nuestro algoritmo predictivo (Murphree et al., 2015).

En cuanto al método de predicción, usaron el “fluidRatio” como un predictor derivado del estudio realizado, y esta variable forma parte de la siguiente fórmula:

$$\text{FluidRatio} = \text{PreOperativeFluidBalance} / \text{EstimatedBloodVolume}$$

Según Martínez (2010), se consideran como variables de predicción la creatinina y hemoglobina preoperatorias, el peso, la edad, la inestabilidad del ángor, el sexo de la mujer y la cantidad de puentes establecidos en base a la coronariografía. Todas estas variables conforman el modelo SP sin CEC. Las variables mencionadas son susceptibles para medir el peligro de un paciente cuando es transfundido previo a una cirugía y se las clasifica en 3 factores que se relacionan con:

- Volumen sanguíneo bajo.
- Mayor comorbilidad (hemoglobina, sexo, peso).
- Mayor complejidad de procedimientos quirúrgicos.

El trabajo realizado confirma como un gran predictor al nivel preoperatorio de hemoglobina y que está relacionado de forma inversa al riesgo transfusional (Martínez, 2010).

2.5. Importancia de las redes neuronales en salud

La alta capacidad de predicción ha establecido a la red neuronal como un instrumento de alta potencia con el propósito de realizar una discriminación del donante y del receptor adecuados al momento de proyectar la información del trasplante renal infantil. Debido a su capacidad de predicción, las redes neuronales superan a la regresión logística y hay elevados niveles estadísticos al momento de hacer una comparación entre ambos. Además, al margen del tiempo de evolución, las redes neuronales son una opción confiable a la regresión logística en cuanto a la capacidad de predicción. Establecer la relevancia o sensibilidad de las variables involucradas en la evolución del trasplante es posible debido a la capacidad de las redes neuronales. Esto se añade al conocimiento que se tiene sobre el problema al igual que la experiencia médico-científica (Serrano, 2004)

Según Sprockel et al., (2017), resulta factible elaborar un mecanismo para determinar, a través de un sistema multiagente, el síndrome coronario agudo de forma automática en cuanto al diagnóstico del dolor torácico. Se utilizaron medios de ensamble producto de lo decidido por el grupo de redes neuronales artificiales, y que también presenta un desempeño que es superior a lo que decide una red de forma individual. Mediante subgrupo dentro de las redes especializadas, se aumenta considerablemente el rendimiento hasta que se lo califica como apto para llevar a cabo la implementación de un sistema de soporte a las decisiones clínicas.

Los autores anteriormente mencionados reportan que se puede entrenar una red neuronal por medio de parámetros de escala de clasificación de probabilidad de Braunwald para el diagnóstico del infarto agudo de miocardio (IAM). Todo este entrenamiento se lleva a cabo a través de un gran desempeño que es muy útil para los médicos de urgencias cuando deben tomar decisiones sobre cómo atender pacientes que consultan por dolor torácico (Sprockel et al., 2017)

Otro estudio menciona que, para el diagnóstico de la anemia ferropénica, se ha planteado una opción tecnológica computacional. Este planteamiento abarca el diagnóstico de la anemia megaloblástica y hemolítica. La estrategia radica en proponer las redes neuronales artificiales como un sistema tecnológico. Este modelo propuesto contiene 27 factores que forman parte de la capa de entrada, 40 y 27 neuronas que conforman las dos capas ocultas, y el diagnóstico que forma parte de la capa de salida. Al realizarse la validación (ver sección 5) se expone que hay una veracidad de 99% en los resultados que emitió el sistema diseñado. Esto genera la confianza necesaria del usuario para este sistema (Muñoz et al., 2012)

Así también, Gil y Rodríguez (2010) exponen que se empleó el lenguaje JAVA para el empleo de redes neuronales en la elaboración de un software de predicción. Además, se debe emplear “*neural network*” como herramienta que proporciona MATLAB ya que brinda la opción de elaborar una red que se pueda adaptar al desarrollo del problema.

2.6. Estructura de la red neuronal como herramienta

Según Carranza (2014), existe mucha eficiencia entre las redes neuronales al momento de realizar clasificaciones. Un ejemplo es el hecho de reconocer caracteres, y será posible cuando existan datos suficientes para llevar a cabo el entrenamiento, y, al mismo tiempo, los datos deben estar bien representados dentro de todo el conjunto universal de datos.

Según Yang et al. (2014), las redes neuronales han evolucionado con el transcurrir de las décadas en un potente sistema de computación, las cuales son capaces de procesar complejas entradas y salidas no lineales en las relaciones que se guardan en la data. El estudio inició con una red larga, luego se seleccionaron las neuronas ocultas más importantes de la estructura original usando un criterio de selección futura que minimiza el error de salida residual. Además, el algoritmo presentado no tiene constantes en el tipo de red. La eficacia de todo el enfoque propuesto se evalúa sobre la base de varios conjuntos de datos de referencia.

El algoritmo de redes neuronales es empleado para establecer el modelo potencial entre las muestras de entrada y salida observadas. Una de las redes neuronales comúnmente aplicadas es el Perceptron multicapa (MLP en inglés), con muchas capas de las neuronas de Perceptron. Las neuronas ocultas están conectadas completamente con las neuronas de entrada y de salida por los pesos de la red, los cuales son actualizados por un algoritmo de entrenamiento que reduce los errores entre las salidas de red real y deseada. Una variedad de algoritmos ha sido desarrollada para buscar una estructura de red óptima, los cuales pueden ser categorizados de la siguiente manera:

- Red de poda: basada en un análisis de relevancia de cada elemento
- Red de construcción: inicia con una pequeña red y va añadiendo neuronas ocultas durante el proceso de entrenamiento.
- Algoritmos evolucionarios: están basados en estrategia de búsqueda tales como algoritmos genéticos.

Dentro de este artículo, se da un enfoque principal en el algoritmo de red de poda. Todo este enfoque se da a través de tres pasos:

- Crear una gran arquitectura de redes neuronales y entrenarla con cualquier método de aprendizaje.
- Computar el significado de todos los elementos y eliminar los menos importantes.

- Readaptar la red de poda; si el cambio en las salidas entre la red original y la red de poda es lo suficientemente pequeña, volver al paso 2, de lo contrario, detenerse (Yang et al., 2014).

Según Yang et al. (2014), un algoritmo genético de *Backpropagation* ha sido propuesto para resolver el problema de que el modelo de predicción del espectro basado en redes neuronales siempre quedaba atrapado en una solución local óptima. El entrenamiento GA-BP está diseñado para contener dos etapas. En primer lugar, el entrenamiento GA se aplica para optimizar la población codificada a partir de los pesos y umbrales de la red neuronal. En segundo lugar, el rendimiento del entrenamiento GABP se compara con el entrenamiento original de BP. Se puede observar que la precisión de predicción del entrenamiento GA-BP mejoró un 50% en comparación con el entrenamiento BP. Los resultados de la simulación muestran que se debe elegir el método de entrenamiento de acuerdo con sus propias necesidades. La mejora de la precisión de predicción fomentará la aplicación de la predicción del espectro en las redes de radiocomunicaciones cognitivas, y puede ayudar a la detección del espectro a resolver el problema en cuanto a robustez y fiabilidad.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Aspectos normativos sobre el suministro de sangre humana

3.1.1. Ley N° 26454

Según la Ley N° 26454, se señala en el artículo 1 que es de interés nacional el proceso para la recolección, procesamiento de la sangre, almacenamiento, conservación y la transfusión de hemocomponentes (MINSa, 1995). Así mismo, según el Artículo 6:

Los establecimientos de salud, a través de sus centros de hemoterapia y de bancos de sangre, son los encargados de la recolección de la sangre humana para facilitar las transfusiones sanguíneas como terapias de prevención e investigación. Estos establecimientos cuentan con una autorización, y se encuentran encargadas de velar por la calidad del proceso de la cadena transfusional (MINSa, 1995, p. 2).

De forma conjunta, según el Artículo 7, se señala que:

“los establecimientos de salud, a través de su centro de hemoterapia en banco de sangre deben realizar con carácter obligatorio las pruebas necesarias de acuerdo a las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud. Estas pruebas son las pruebas pre-transfusionales y de compatibilidad. Asimismo, no puede ser entregado la bolsa de sangre si no cuenta con el sello nacional de calidad de sangre” (MINSa, 1995, p. 3).

3.1.2. Decreto supremo N° 03-95 –Ley N°26454

Según la norma de la Ley N° 26454, se señala en el artículo 13 que “Los Centros de Hemoterapia y Banco de sangre son establecimientos de salud que se encargan del proceso para donar, extracción de la sangre, preparación de hemocomponentes, conservación, almacenamiento y transfusión sanguínea al receptor” (MINSa, 1995, p. 4).

Según el Reglamento de la Ley N° 26454, se señala en el artículo 22 que el donar sangre es una acción voluntaria, solidaria y altruista que una persona, a título personal, decide donar gratuitamente sangre para las atenciones terapéuticas y de investigación. La donación de sangre no puede comercializarse (MINSA, 1995).

El programa nacional de hemoterapia y banco de sangre del MINSA tiene el compromiso de administrar el proceso de la cadena transfusional y promover el uso racional del mismo en forma voluntaria, altruista y fidelizada (MINSA, 1995)

3.2. Donación de sangre

Según la resolución 28.72 de la Asamblea Mundial De La Salud, se ha establecido sobre la donación sanguínea como un principio voluntario y sin remuneración. En varios países, ya se ha implementado esta política para la recolección total de sangre. Sin embargo, se emplean programas comerciales para producir derivados del plasma a través de la reserva del plasma y en el que se pagan a personas para recolectar plasma regularmente por plasmaféresis. Es muy seguro tener un sistema de donación sanguínea y de plasma voluntarios debido a que la permanencia de infecciones transfusionales de las donaciones de sangre realizadas de manera voluntaria y sin remuneración es menor frente a lo detectado entre las donaciones de personas remuneradas. Las donaciones remuneradas se deben diferir y autoexcluirse por ser consideradas no aptas para este proceso. Todo esto beneficia un mayor costo-efectivo de recursos limitados debido a que con menor cantidad de unidades estas se descartaron luego del tamizaje a causa de la presencia de marcadores infecciosos (OMS, 2001).

A fin de clarificar de forma precisa los conceptos respecto a la donación de sangre, se detallan los aspectos principales de su promoción, principios, clasificaciones y tipos.

Con el objetivo de fomentar la seguridad de la sangre en el mundo y reducir los riesgos transfusionales, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha elaborado las siguientes estrategias:

- La constitución de un servicio transfusional coordinado a nivel nacional con sistemas de calidad en todas las áreas.
- Recolectar sangre solamente de donantes voluntarios y no remunerados que son de poblaciones de bajo riesgo.

- El tamizaje de la donación de sangre proveniente de infecciones transfusionales tales como el VIH, la hepatitis, sífilis, entre otras infecciones. Se incluyen las buenas prácticas de laboratorio en todo lo relacionado al tipaje de la sangre, así como las pruebas de compatibilidad, la organización y provisión de componentes, y el desplazamiento de la sangre y productos sanguíneos (Gutiérrez, 2017; OMS, 2001).

3.2.1. Clasificación de tipos de donantes

Los donantes pueden clasificarse en 3 tipos: donantes de sangre voluntarios y no remunerados; donantes familiares o por reposición; y donantes profesionales o remunerados (Gutiérrez, 2017). Dicha tipología se detalla a continuación:

a) Donantes de sangre voluntarios y no remunerados

No reciben dinero o pago alguno los donantes de sangre que son voluntarios y no remunerados. Su mayor interés es brindar ayuda a receptores desconocidos y no beneficiarse personalmente. Las principales justificaciones por las que se promueve este tipo de donante son las siguientes:

- Existe una baja incidencia y duración de infecciones transfusionales de parte de los donantes voluntarios y no remunerados.
- Un donante voluntario y no remunerado no accede a un incentivo económico por ocultar información que los pudo exponer a infecciones producto de la transfusión sanguínea.
- Se contribuye a mantener de forma segura y suficiente las reservas de sangre cuando hay mayor disposición de los donantes voluntarios y no remunerados a donar sangre regularmente.
- En los donantes que son voluntarios y regulares existe un riesgo más bajo de prevalencia de infecciones transfusionales que en los donantes debutantes u ocasionales.

- No hay riesgo de padecer anemia debido a que la donación de sangre no implica la disminución de las reservas de hierro por parte de los donantes periódicos. Además, no hay en ellos motivaciones económicas.

Debido a que se han comprometido a donar sangre voluntariamente, los donantes regulares responden y asisten con frecuencia a los llamamientos para donar sangre en caso de emergencia.

b) Donantes familiares o por reposición

Se refiere a que la donación puede ser por sus propios integrantes de la familia y amigos del paciente. Esto se debe a la falta de un programa de donación voluntaria organizada de forma adecuada. Sin embargo, debido a los estudios realizados en varios países, se da a conocer que esta sangre no resulta adecuada en comparación con la donación de sangre voluntaria, y esto representa un enorme riesgo para que la reserva de sangre pueda estar bien segura. Sin embargo, al depender de este tipo de donantes, se presentan las siguientes desventajas:

- Es altamente probable que los miembros de familia oculten información sobre su estado de salud debido a la presión que tienen para donar sangre por reposición. Principalmente, el mayor riesgo es transmitir agentes infecciosos.
- Pueden existir donantes por reposición que acepten algún pago a cambio de donar su sangre debido a que los familiares no encuentran donantes aptos dentro de la misma familia del paciente.
- Hay poca disposición a difundir los motivos por los que los donantes, que han sido pagados por los familiares del paciente, sean no aptos para donar. El principal motivo sería la presión por parte de los familiares para llevar a cabo la transfusión de sangre incluso si la misma transfusión fuese innecesaria debido a que la familia creería que esa sangre solo debiera emplearse para su paciente que lo necesita.
- No se tratan adecuadamente las necesidades de sangre por parte de la comunidad debido a que, en el sistema de donación de sangre por reposición, no necesariamente se repone la sangre según el tipo o cantidad (Quizhpe, 2010).

c) Donantes profesionales o remunerados

Como el mismo nombre lo dice, al ser remunerados los donantes reciben dinero u otra retribución por la sangre que donan. Este interés se debe al hecho de que desean recibir una remuneración y no tanto por el deseo de ayudar a los demás. Generalmente, donan de forma regular e incluso tienen contratos con el banco de sangre para fijar una tasa para el suministro de sangre. En otras circunstancias, venden su sangre a varios bancos de sangre o incluso se pueden acercar a los familiares de pacientes para vender su sangre brindando servicios como donantes remunerados (OMS, 2001). Existe un riesgo muy alto hacia la seguridad de la reserva de sangre por parte de los donantes remunerados debido a las siguientes razones.

- Para una reserva sanguínea segura se requiere de un sistema de donación voluntaria y no remunerada de sangre, y pagar a donantes solo contribuye a su debilitamiento.
- Al ser donante remunerado hay una mayor incidencia de infecciones transmitidas por transfusión.
- Los donantes remunerados suelen mostrar problemas en su salud e incluso donan mayor cantidad de sangre de lo permitido. Por ello, existe mayor riesgo de que dentro de su misma salud haya efectos dañinos. Mientras, para los receptores, habría poco o nulo beneficio debido al estado de sangre que ha sido donado por el donante remunerado.
- Una familia de altos recursos podría solventar el pago a un donante remunerado. Sin embargo, si se tratase de una familia pobre, esta no tendría con qué pagar a un donante remunerado.
- Existen problemas de ética cuando se paga a donantes remunerados y eso preocupa a muchos países. Se pueden presentar efectos adversos debido a los abusos causados por la comercialización de los componentes sanguíneos. El manejo inadecuado de la recolección de sangre puede generar, como efectos, la transmisión de infecciones graves tanto a donantes como a receptores (Quizhpe, 2010).

3.3. Pruebas de determinación de estudios de la sangre

Existen diversas pruebas para la detección de infecciones transmisibles, grupos sanguíneos, compatibilidad e incompatibilidad y, en general, si la sangre es segura o no para los pacientes, comprenderlas es esencial para el análisis de las posibles reacciones adversas transfusionales, por ello se detallan a continuación:

a. El tamizaje para identificación de infecciones transmisibles

Estas pruebas son realizadas a las bolsas colectoras de sangre de los donantes para identificar los agentes infecciosos, es decir enfermedades trasmisibles. Las pruebas que se realizan son:

- Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH)
- Hepatitis B
- Hepatitis C
- Sífilis
- Enfermedad de Chagas
- Hepatitis Anticore
- HTVL1.

Si los resultados de estas pruebas de las 7 enfermedades infecciosas de la sangre del donante salen negativos, se constituye en donantes aptos. Por consiguiente, esta bolsa de sangre llega a ser fraccionada (preparada) para su uso terapéutico siguiendo todo un proceso de protocolos hasta colocar el sello de seguridad de la bolsa, el cual indica que la sangre está certificada para el uso terapéutico.

b. Determinación de grupos sanguíneos y factor Rh

La determinación de los grupos sanguíneos y el factor Rh son realizados para el donante y también para el paciente que recibe la transfusión sanguínea.

Definición de grupo sanguíneo:

Se define como grupo sanguíneo a cada tipo de sangre que se ha clasificado, ya que el suero y los eritrocitos de un donante de sangre deben ser compatibles con el suero y los eritrocitos de un receptor de sangre. La utilidad de estos grupos sanguíneos se ha ampliado a determinar la paternidad de un individuo y la identificación de criminales en criminología. La clasificación de los grupos sanguíneos es cuatro: A, B, O, AB. Estos grupos sanguíneos presentan distintas mezclas de dos componentes que se encuentran en el suero: dos aglutinógenos que existen en los glóbulos rojos y dos aglutininas (Custodio, 2009).

En resumen, en un grupo sanguíneo se agrupan aspectos de la sangre en referencia a si determinadas moléculas están presentes o están ausentes. Estas moléculas se denominan antígenos y se ubican en la superficie de los glóbulos rojos. Los grupos sanguíneos ABO y Rh son los que más se resaltan dado su relevancia al momento de realizar la transfusión (Custodio, 2009).

Definición de factor Rh:

Se define al factor Rh como un aglutinógeno que se halló en el año 1940 por Weiner y Landsteiner dentro de los glóbulos rojos de unos primates (*Macacus rhesus*). Este aglutinógeno se encuentra en el 85% de las personas, y que por esa circunstancia se denomina Rh positivos. Se pueden formar anticuerpos en el suero de quienes son Rh negativos al momento de que se transfunde sangre Rh positivo a Rh negativo. Además, este procedimiento puede generar la destrucción de glóbulos rojos de los donantes Rh +, lo que generaría reacciones adversas y la transfusión sería invalidada. Por otra parte, los recién nacidos pueden presentar enfermedades hemolíticas si se producen aglutininas debido a las diferencias en los grupos sanguíneos del feto y de la madre: Rh+ y Rh- respectivamente (Custodio, 2009).

c. Determinación de la prueba de compatibilidad

La prueba de compatibilidad consiste en practicar estudios *in vitro* mediante el uso de muestras de sangre por parte del donante y por parte del receptor para verificar si hay afinidad entre las células de uno y el suero del otro, con el fin de determinar si existe compatibilidad entre ambas muestras de sangre y así realizar la transfusión sanguínea (Sánchez et al., 2011).

Previo a una transfusión sanguínea debe realizarse la prueba de compatibilidad. Se tiene que realizar el tipo ABO/Rh del donante y del receptor para que se pueda elegir la unidad de sangre que sea compatible (Guevara et al., 2008). En la tabla 3.1 se muestra la compatibilidad de los grupos sanguíneos.

Tabla 3.1

Grupos sanguíneos del receptor y del donante

Grupo de sangre	Compatibilidad			
	1ª Opción	2ª Opción	3ª Opción	4ª Opción
AB**	AB	A	B	O
A	A	O		
B	B	O		
O*	O			

Fuente: Boza y Medal (2015)

*O negativo es el donante universal

**AB positivo es el receptor universal

Como se puede observar, dentro de la tabla 3.1 se tienen clasificados cuatro grupos de sangre. En el caso de la sangre AB, es compatible con los demás grupos sanguíneos por lo que hay cuatro opciones. Para el caso de la sangre tipo A y B, solo hay dos opciones de compatibilidad: Con su mismo grupo sanguíneo y con la sangre tipo O. Por último, solo hay una compatibilidad en la sangre O y esa es su mismo grupo sanguíneo. Por otra parte, la prueba cruzada mayor consiste en:

- Colocar el suero del receptor frente a los glóbulos rojos del donante que se obtuvieron de una bolsa de glóbulos rojos o sangre completa.
- Existe una fase térmica en el que se incubaba la sangre a 37 °C, se centrifuga y se lee la reacción para ver si existe o no aglutinación o hemólisis.
- Para que la prueba cruzada determine la compatibilidad de un grupo sanguíneo, se debe realizar un test de antiglobulina humana cuyo resultado debe ser negativo (aglutinación o hemólisis).
- Cuando se realiza la prueba, el principal objetivo es verificar si hay compatibilidad ABO entre el grupo sanguíneo del donante y del receptor.

También, se buscar corroborar si hay anticuerpos irregulares significativos clínicamente (Guevara et al., 2008).

Como se trata de una prueba de compatibilidad, el grupo ABO debe ser compatible con el receptor para que este reciba transfusiones de sangre completa y/o componentes sanguíneos. En el caso de los receptores Rh-, estos deben recibir transfusión de componentes Rh- (Guevara et al., 2008). Asimismo, como parte de la compatibilidad, se han listado una serie de recomendaciones por cada paciente según el grupo sanguíneo y según el factor Rh. Dichas recomendaciones se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Recomendaciones para la selección de concentración de glóbulos rojos de acuerdo al grupo y factor del paciente

Grupo	Recomendación
Paciente grupo O	Solo puede recibir O
Paciente grupo A	Puede recibir grupo A y grupo O
Paciente grupo B	Puede recibir grupo B y grupo O
Paciente grupo AB	Puede recibir grupo AB, grupo A, grupo B y grupo O
Paciente factor Rh positivo	Puede recibir CGR factor Rh positivo y negativo
Paciente factor Rh negativo	Solo puede recibir CGR factor Rh negativo

Fuente: Ministerio de Salud Pública de Ecuador (2013)

d. Determinación de sangre segura

Para determinar que la sangre es segura, las bolsas de sangre deben tener el sello de seguridad y evidenciar la trazabilidad de los hemocomponentes. Para ello todo hemocomponente debe contener el sello nacional de calidad de sangre.

Sello Nacional de Calidad de Sangre: es la certificación visible de carácter público que se debe adherir, bajo la responsabilidad del jefe del Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre Tipo II, únicamente a toda unidad de sangre o hemocomponente, que garantiza el cumplimiento de todas las pruebas de tamizaje establecidas por norma con resultados no reactivos (Directiva Sanitaria N° 067, 2015).

Trazabilidad: se define como la capacidad de rastrear cada unidad de sangre o hemocomponente desde el donante hasta el paciente. El término se utiliza para referirse al rastreo hacia adelante (rastreo anterógrado), hasta la unidad de sangre o hemocomponente que ya fue transfundida, como a la inversa (rastreo retrógrado), hasta la unidad extraída al donante (Directiva Sanitaria N° 067, 2015).

3.4. Definiciones conceptuales del proceso de transfusión sanguínea

Existen múltiples conceptos, criterios y consideraciones que se deben tener en cuenta durante el proceso de transfusión sanguínea, según expertos en el área (Muñiz-Días et al., 2015), los principales a considerar se encuentran definidos como parte del anexo 11.

3.5. Los riesgos de la transfusión sanguínea

En medicina se ha dado mucha importancia a la terapia transfusional ya que provee ayuda a pacientes que padecen de déficit de sangre o de falta de producción de células sanguíneas a causa de un agente patológico. Sin embargo, debe haber una dualidad riesgo-beneficio con el objetivo de proporcionar un servicio seguro y confiable. La transfusión sanguínea brinda muchos beneficios, pero el riesgo sigue latente porque entre una persona y otra hay diferencias genéticas y eso activa los sistemas de defensa contra lo que detectan como extraño dentro de sus organismos. Asimismo, otra razón por la que hay riesgo es que los virus, las bacterias o los parásitos contaminan la sangre del donante. El donante puede portar una infección y puede que no sea consciente de ello. A esto hay que agregar malas técnicas en la obtención de sangre o de sus componentes, errores o manipulación en la separación de muestras para determinar pruebas serológicas por parte del laboratorio. Frente a la situación descrita, queda en claro que al aplicar una transfusión sanguínea está presente el riesgo de que haya efectos nocivos que se denominan reacciones transfusionales, y que pueden ir de lo más leve hasta lo grave, y pueden llevar incluso hasta la muerte (Guevara, 2013; Luna-González, 2007).

Si las reacciones adversas se presentan en las primeras 24 horas se denominan reacciones inmediatas, y si ocurren luego de 24 horas se denominan reacciones tardías. Además, las reacciones adversas se dividen en inmunológicas y no inmunológicas (Guevara, 2013; Luna-González, 2007).

3.5.1. Clasificación de las reacciones adversas

Las reacciones adversas se clasifican en dos grandes categorías que son: inmunológicas y no inmunológicas.

a. Reacciones inmunológicas

Reacciones adversas inmunológicas inmediatas o agudas: son aquellas que aparecen durante el acto transfusional y postransfusional durante las 24 horas. Las reacciones adversas son las siguientes:

- Reacción hemolítica.
- Reacción febril no hemolítica.
- Reacción alérgica: anafiláctica, urticaria.
- Daño pulmonar agudo asociado a la transfusión (TRALI).

Reacciones adversas inmunológicas tardías:

- Aloinmunización contra eritrocitos, leucocitos, plaquetas y/o proteínas plasmáticas.
- Hemólisis.
- Enfermedad injerta contra huésped (EICH).
- Púrpura postransfusión.
- Inmunomodulación (TRIM) (Luna-González, 2007).

b. Reacciones no inmunológicas

Reacciones no inmunológicas inmediatas o agudas son aquellas que aparecen durante el acto transfusional y postransfusional durante las 24 horas, las reacciones adversas son las siguientes:

- Choque séptico
- Insuficiencia cardíaca congestiva
- Hemólisis no inmune: mecánica, térmica u osmótica
- Embolia: aérea o por partículas (pequeños coágulos)

- Hipotermia
- Desequilibrio electrolítico: hipomagnesemia, hipocalcemia, hiperpotasemia
- Coagulopatía hemodilucional (Guevara, 2013).

Reacciones no inmunológicas tardías tenemos las siguientes reacciones:

- Hemosiderosis
- Transmisión de enfermedades: virales, bacterianas y/o parasitarias (Guevara, 2013).

Para mayor conocimiento sobre las reacciones adversas agudas, en la tabla 3.3 se muestra un listado de signos y síntomas por cada reacción adversa.

Tabla 3.3

Reconocimiento de las reacciones adversas transfusionales agudas según signos y síntomas

Reacciones adversas agudas	Signos y síntomas
Alérgicas	Signos: ruborización, rash Síntomas: prurito
Reacciones no hemolíticas	Signos: cefálea Síntomas: fiebre > 38, escalofríos, ansiedad
Reacciones hemolíticas	Síntomas: opresión torácica, dolor lumbar Signos: fiebre > 38; náusea y vómito, hemorragia, hemoglobinuria (sangre en orina), disnea, hipotensión (< 70/40mmhg)
Contaminación bacteriana	Síntoma: escalofríos Signos: hipotensión, vómito, diarrea, fiebre (>38°C).
Sobrecarga circulatoria	Síntomas: hipertensión, congestión venosa, disnea, tos, crepitaciones pulmonares.

Fuente: Hamachila (2005)

Acerca de las reacciones adversas tardías, en la tabla 3.4 se realizó un listado de signos y síntomas por cada reacción adversa.

Tabla 3.4*Reconocimiento de las reacciones adversas tardías según signos y síntomas*

Reacciones Adversas	Signos	Síntomas	Causas
Reacciones hemolíticas	Fiebre Anemia	Ictericia Hemoglobinemia	Selección inadecuada de los glóbulos rojos compatibles
Púrpura post transfusión	Trombocitopenia aguda severa	Sangrado	Incompatibilidad del paciente
Infecciones	VIH-1, VIH-2, HTLV-I y HTLV-II, hepatitis B Y C, Sífilis, Enfermedad de Chagas, malaria, citomegalovirus.		Sangre contaminada del donante

3.6. Causas de las reacciones adversas en la transfusión sanguínea

Existen múltiples causas de las reacciones adversas transfusionales, las cuales pueden ser difíciles de identificar sin la información necesaria respecto a ellas y pueden deteriorar de forma significativa la vida de las personas, estas causas pueden ser:

a. Causas de la hemólisis aguda intravascular en la transfusión sanguínea

Las causas de la hemólisis aguda intravascular en la transfusión sanguínea son las siguientes:

- Son generadas mediante la infusión de glóbulos rojos incompatibles. Estos mismos glóbulos rojos incompatibles son hemolizados por los anticuerpos presentes en el plasma del paciente.
- Una reacción severa puede ocurrir incluso si se transfunden en bajos volúmenes (5-10 ml) de glóbulos rojos incompatibles. Cuando los volúmenes son mayores, el riesgo es mayor.
- Se genera por una transfusión de ABO que resulta incompatible. Esto se debe a equivocaciones al solicitar sangre mediante el formulario, fallo al tener sangre equivocada de un paciente dentro de un tubo de muestra pre-rotulado, marcar o

etiquetar de forma errónea el tubo con la muestra de sangre que se envía al banco de sangre, o revisiones inoportunas de la sangre antes de transfundir sangre al paciente.

- La hemólisis aguda intravascular puede ser causado cuando dentro del plasma del paciente existe reacción de los anticuerpos contra otros antígenos de grupos sanguíneos, como los sistemas Kidd, Kell o Duffy.
- En situaciones que se han suministrado menos de 10 ml, luego de unos minutos de haber realizado la transfusión, un paciente consciente presenta una reacción hemolítica severa, y se hacen presentes los síntomas y signos.
- Para llegar a una incompatibilidad en la transfusión, un paciente anestesiado o inconsciente tiene que presentar un cuadro de hipotensión y de sangrado incontrolable debido al CID (OMS, 2001).

En consecuencia, es fundamental supervisar al paciente al inicio de cada proceso transfusional y al inicio de cada unidad sanguínea.

b. Causas de la contaminación bacteriana y shock séptico

Esta infección perjudica hasta un 0.4% de los glóbulos rojos y de los concentrados de plaquetas, entre un 1 y un 2%. La sangre puede infectarse mediante alguna de las siguientes maneras:

- Mientras se recolecta la sangre, se pueden presentar microbios dentro de la piel del donante. En la sangre del donante, puede ocurrir la bacteriemia en el momento en que la sangre es recolectada.
- En medio del procesamiento de la sangre, puede haber un mal manejo de la sangre.
- Las bolsas de sangre pueden presentar desperfectos en su fabricación o algún daño.
- El plasma fresco congelado o crioprecipitado se descongela en agua a menudo infectada.

- Algunos contaminantes, como las pseudomonas, se incrementan a temperaturas entre 2 a 6°C para su subsistencia y reproducción en unidades de glóbulos rojos congeladas. Si están fuera del congelador, el riesgo de que desaparezcan es alto.
- Al haber mayor temperatura, los estafilococos se multiplican y se extienden en las concentraciones de plaquetas de 20°C a 24°C, lo cual recorta el tiempo para que sean reservados.
- Al inicio de la transfusión, generalmente se manifiestan los signos de forma rápida, pero sus efectos pueden aplazarse por muchas horas.
- Un duro efecto puede ser el inicio de la fiebre alta, la hipotensión y los escalofríos de manera súbita (OMS, 2001).

c. Causas de sobrecarga de volumen en las reacciones adversas de la transfusión sanguínea

El exceso de volumen se traduce en insuficiencia pulmonar y cardíaca. Las causas de esta sobrecarga son las siguientes:

- Cuando se transfunden demasiados fluidos.
- Una veloz transfusión.
- Afectación de la función renal.
- Pacientes con enfermedad cardiovascular subyacente, y anemia crónica severa, pueden presentar un excedente de volumen (OMS, 2001).

3.7. Evaluando la necesidad de transfusión sanguínea

La transfusión sanguínea es vital porque puede salvar vidas y porque puede prevenir considerablemente la morbilidad. Para llegar a esta afirmación, se debe llevar a cabo un minucioso examen de las indicaciones clínicas y de laboratorio para que esto sirva de base para que una persona esté decidida a transfundir sangre o productos sanguíneos. Además, la transfusión sanguínea es solo un elemento en el manejo del paciente. A continuación, se va a mostrar una síntesis de causas principales que son decisivos en el requerimiento de una transfusión sanguínea, junto con el tratamiento de la condición subyacente y de soporte del paciente (OMS, 2001).

3.7.1. Factores que determinan la necesidad de transfusión en el receptor

Los factores que determinan la necesidad de una transfusión sanguínea, están presentes en la tabla 3.5 que se muestra a continuación:

Tabla 3.5

Factores determinantes para la necesidad de una transfusión sanguínea

Factores	En qué situaciones
Pérdida de sangre	Hemorragia externa Úlcera péptica Várices Embarazo ectópico Hemorragia anteparto “Ruptura uterina”
Sangrado interno – traumático	Tórax Bazo Pelvis “Fémur”
Hemólisis	Malaria Sepsis Coagulación intravascular diseminada
Estado cardiorrespiratorio y oxigenación tisular	Frecuencia de pulso Presión arterial Frecuencia respiratoria Llenado capilar Decisiones clínicas en transfusión Pulsos periféricos Temperatura de las extremidades Disnea Insuficiencia cardíaca Angina Nivel de consciencia Flujo urinario
Evaluación de la anemia clínica	Lengua Palmas Ojos Uñas Laboratorio Hemoglobina o hematocrito

(continúa)

(continuación)

Factores	En qué situaciones
Tolerancia del paciente a la pérdida de sangre y/o anemia	Toxemia pre-eclámpsica
	Insuficiencia renal
	Enfermedad cardiorrespiratoria
	Enfermedad pulmonar crónica
	Infección aguda
	Diabetes
	Tratamiento con beta-bloqueadores
Previendo la necesidad de sangre	¿Se anticipa una cirugía o anestesia?
	¿Continúa el sangrado, ha cedido o es probable que recurra?
	¿Continúa la hemólisis?

Fuente: OMS (2001).

3.8. La hemovigilancia en el proceso de la transfusión sanguínea

El término de Hemovigilancia se deriva de la palabra griega “Haema”: sangre, y del latín “Vigilans”: vigilante. Es definida como la secuencia de pasos para la vigilancia de la sangre y que abarca la cadena de transfusión desde la recolección de sangre y sus componentes hasta la supervisión de los destinatarios, que son los pacientes. Por medio de la hemovigilancia, se tiene como intención recopilar y acceder a la información sobre las reacciones imprevistas o indeseables como resultado de la utilización terapéutica de los componentes sanguíneos para prevenir su ocurrencia y su recurrencia (Jain y Kaur, 2012; Linares, 2014). La hemovigilancia se inicia en Francia en 1994 con la instalación de sistemas de monitoreo por los comités de transfusión de sangre y el establecimiento de un sistema de vigilancia nacional (De Vries, 2009). Más tarde, en 1995 con el objetivo de mejorar la confianza del público en el suministro de sangre segura, el Consejo Europeo publicó una resolución y pronto el sistema de se vio regulado por las autoridades legales (Faber, 2004).

3.8.1. Proceso de la hemovigilancia de la transfusión sanguínea

El proceso incluye toda la cadena transfusional desde la colección de la sangre y sus componentes hasta el seguimiento de sus destinatarios (Linares, 2014). Es decir, el proceso comprende desde la donación, preparación de hemocomponentes hasta la transfusión sanguínea, tal y como se muestra en la figura 3.1:

Figura 3.1

Proceso de hemovigilancia



Fuente: Linares (2014)

3.8.2. Objetivos de la hemovigilancia de la transfusión sanguínea

Los objetivos de la hemovigilancia de la transfusión sanguínea son:

- Saber las reacciones adversas: Dificultades y sucesos de la transfusión.
- Asegurar la trazabilidad.
- Poder adaptar medidas correctivas.
- Instalar un veloz sistema de alerta.
- Aumentar la seguridad de transfusión sanguínea (Linares, 2014; Mejía, 2009).

3.8.3. El proceso del desarrollo de un sistema de hemovigilancia

El proceso del sistema de hemovigilancia consiste en lo siguiente:

- Dentro del banco de sangre y de los centros de hemoterapia, inspeccionar que los procesos efectuados se desarrollen correctamente.
- Consolidar la selección de los 7 marcadores institucionalizados y otros de acuerdo a los requerimientos epidemiológicos.
- Robustecer el seguimiento de donantes y de los receptores de sangre (Carrasco, 2017).

3.9. Etiquetado de las bolsas colectoras de sangre

Las bolsas colectoras de sangre son etiquetadas con información del donante y colocados los sellos de seguridad que son una evidencia de que es sangre certificada, pasó por todos los procesos de preparación y es segura para el uso terapéutico, según los estándares del procedimiento seguido en el Hospital Cayetano Heredia (HCH, 2014). Para etiquetar las bolsas colectoras de sangre se realizan múltiples pasos (Anexo 1). Dichos pasos son:

- El personal que extrae la sangre debe escribir el CODIGO NUMERICO ASIGNADO AL DONANTE con letra clara y visible, usando plumón indeleble, en el cuadrante superior derecho de la bolsa principal y satélites.
- Registrar las iniciales de la institución (HNCH), según el modelo (Ver Anexo 1).
- Registrar las iniciales del Hemocomponente correspondiente: GR (Glóbulos rojos), PFC (Plasma Fresco Congelado), PQ (Plaquetas), BC (Buffy Coat), CRIO (Crioprecipitado) según el modelo.
- Registrar en el área señalada la Fecha de Extracción y Fecha de Vencimiento.
- Escribir el Grupo Sanguíneo ABO y RH en el espacio que se ha determinado. Escribir: OP (Grupo O, Rh Positivo), A1P (Grupo A1 Rh Positivo), BP (Grupo B Rh Positivo), ON (Grupo O Rh negativo), AN (Grupo A, Rh Negativo), etc.
- Registrar las iniciales del donante en el lugar correspondiente.
- El personal del Área de Fraccionamiento registra el Volumen del Hemocomponente (mL) en el cuadrante inferior derecho de la bolsa.

- El personal del Área de Fraccionamiento colocará su código correspondiente en la parte inferior de la bolsa cuádruple.
- El personal encargado de colocar los Sellos de Calidad del PRONAHEBAS, colocara el sello, firma y el sello de Registro del CHBS. El sello de calidad se coloca previa revisión del resultado de Tamizaje en el Registro correspondiente.

3.10. Proceso de transfusión sanguínea

Las actividades que se desarrollan dentro del proceso de transfusión sanguínea se detallan a continuación:

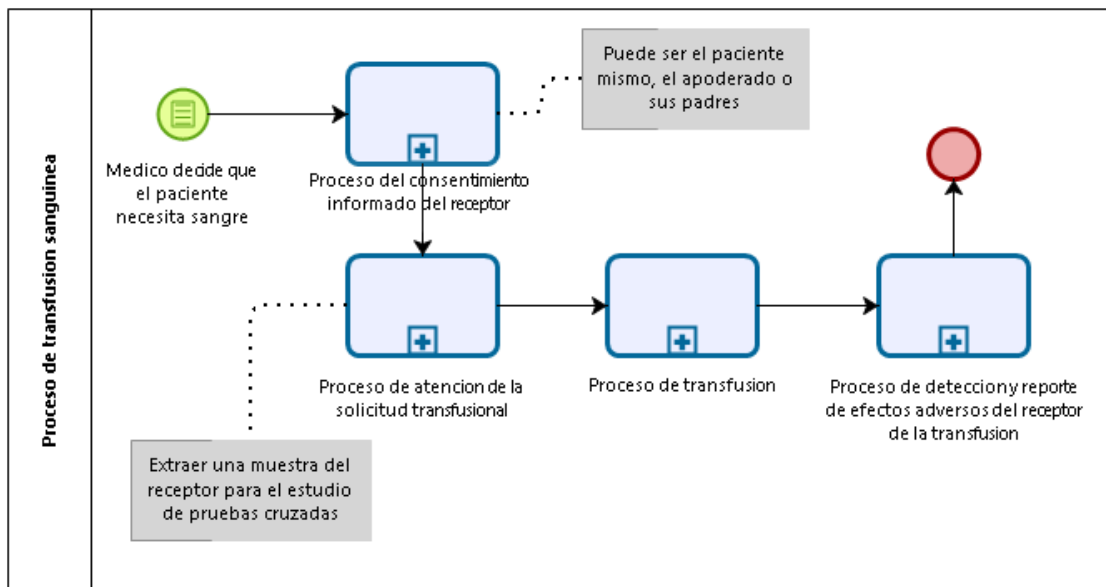
- Se inicia con la indicación médica de la necesidad de realizar transfusión sanguínea.
- Contar con el consentimiento informado del receptor, a quien se le debe informar sobre la necesidad de sangre para su cuerpo, absuelve sus preguntas y luego firma el consentimiento informado.
- La atención de la solicitud transfusional, se inicia con el pedido del médico, llenando un formato especial, luego el personal de banco de sangre verifica los datos del receptor, luego extrae una muestra del paciente para la realización de las pruebas de compatibilidad del receptor. Previo a la entrega de la unidad sanguínea se verifican los datos registrados. Esto significa revisar la correlación entre los datos de la solicitud de transfusión, la unidad que se escogió y la muestra del receptor para su análisis. Luego, se revisa el tipo de componente, grupo sanguíneo y factor Rh que señala la unidad que se ajuste a lo que se ha pedido. Al final, se identifica la unidad que deberá ser asignada al paciente y se realiza la entrega de la unidad asignada al personal del servicio de hospitalización.
- La transfusión propiamente dicha, el personal recibe la unidad de sangre, luego verifica los datos del receptor con los datos de la bolsa de sangre, si es correcto inicia la transfusión al paciente por un periodo de 30 a 40 minutos.
- El procedimiento de detección, se genera el reporte de las reacciones adversas del receptor de la transfusión, durante la administración se controla el proceso de transfusión, detecta la reacción, suspende el acto de transfusión, brinda soporte básico, comunica al médico del servicio de hospitalización , el médico lo evalúa,

luego reporta del evento adverso en la historia clínica y completa la ficha de eventos adversos generados por transfusión, y se manda al Banco de sangre y al Centro de Hemoterapia. Después, el médico del banco de sangre va al servicio donde sucedió la reacción adversa y revisa minuciosamente el caso desde el enfoque clínico y de laboratorio. Esto va a permitir al médico recomendar alguna terapia y/o medida que sea necesaria ante la reacción adversa. Al final, se anota el resultado de la evaluación dentro de la historia clínica y dentro del formulario de reporte de reacciones adversas por transfusión sanguínea.

Para entender mejor todo el proceso de transfusión sanguínea, se han realizado mapas de procesos que grafican el proceso de transfusión y cuáles son las etapas que lo conforman. En la figura 3.2, se muestra todo el proceso de transfusión sanguínea desde la decisión de la necesidad de transfusión de sangre para el receptor hasta el proceso de la identificación de las reacciones adversas.

Figura 3.2

Proceso integral de la transfusión sanguínea en el Hospital Público- 2017

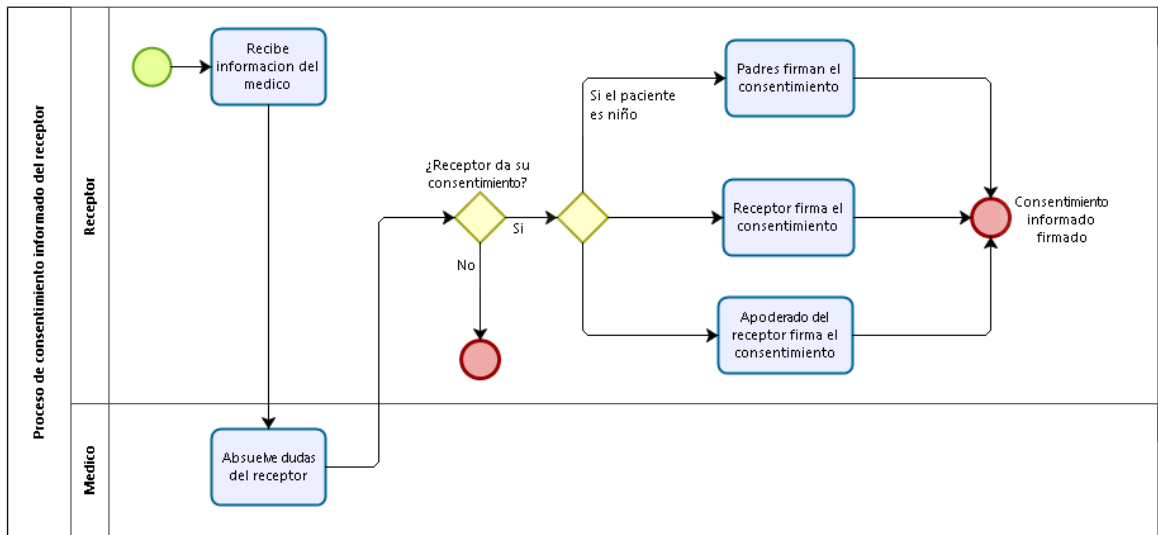


Fuente: Servicio del banco de sangre de un hospital público

Luego, en la figura 3.3 se muestra el primer subproceso para el inicio de la transfusión que se refiere al proceso del consentimiento informado del receptor que está diagramado de la siguiente forma:

Figura 3.3

Proceso del consentimiento informado del receptor - 2017

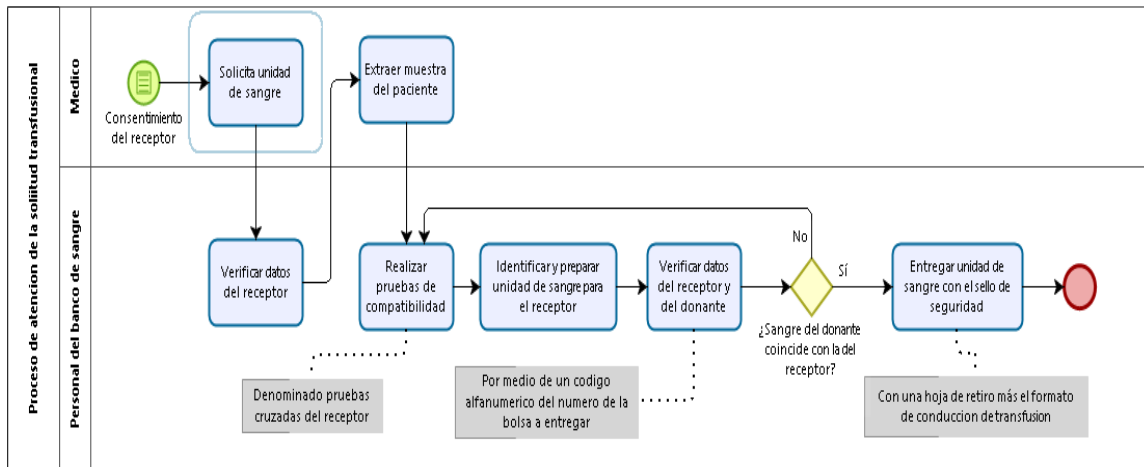


Fuente: Servicio del banco de sangre de un hospital público

La figura 3.4 presenta el segundo subproceso que es acerca de la atención de la solicitud transfusional que queda graficado de la siguiente manera:

Figura 3.4

Proceso de atención de la solicitud transfusional del paciente receptor 2017

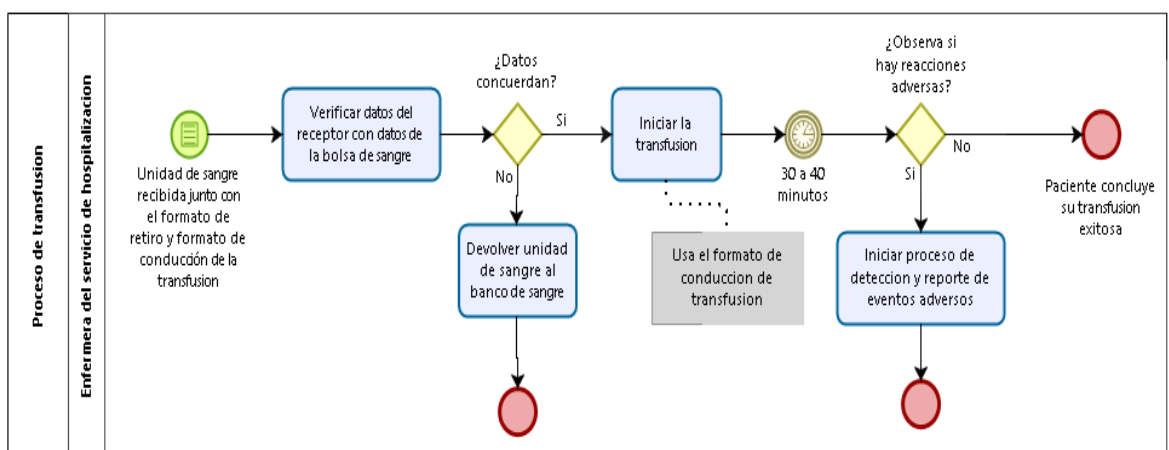


Fuente: Servicio del banco de sangre de un hospital público

En la figura 3.5 muestra el tercer subproceso, es sobre la transfusión propiamente dicha. Y este proceso queda graficado:

Figura 3.5

Proceso de transfusión

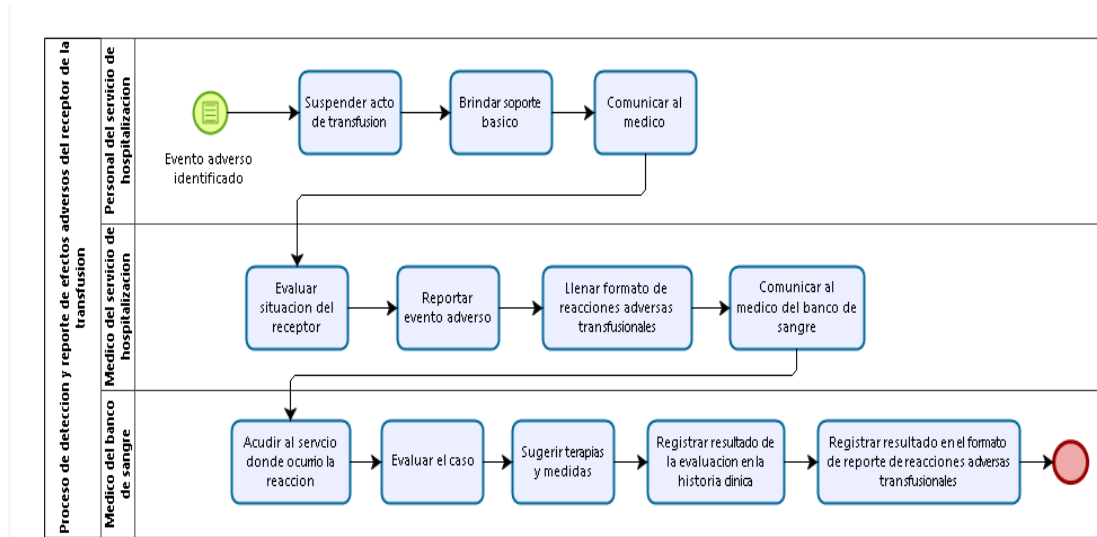


Fuente: Servicio del banco de sangre de un hospital público

Por último, en la figura 3.6 se muestra el subproceso de detección y reporte reacciones adversas, esto se da cuando hay alguna reacción durante la transfusión sanguínea.

Figura 3.6

Proceso de detección y reporte de reacciones adversas del receptor



Fuente: Servicio del banco de sangre de un hospital público

3.11. Redes neuronales

Dentro de un contexto histórico, se debe entender sobre cómo surge el concepto de cerebro y de pensamiento, que tienen relación con una red neuronal. Así, se afirma que Platón y Aristóteles dieron las primeras explicaciones teóricas, y que luego fueron respaldados por filósofos empiristas como René Descartes. Conforme transcurren los años, en el año 1936, Alan Turing llegó a ser el primero en realizar un estudio al cerebro como un modelo de visualización del mundo de la computación. Sin embargo, fueron Warren McCulloch y Walter Pitts quienes han inferido algunos conceptos sobre computación neuronal. Donald Hebb expuso algunos conceptos iniciales, pero Frank Rosenblatt inició el desarrollo de la red neuronal más antigua, denominada Perceptron, en el año 1957. Años después, Marcial Hoff y Bernard Widrow desarrollaron el modelo ADALINE (Jiménez, 2013).

Avalancha fue una red desarrollada por Stephen Grossberg en 1967. Sin embargo, el crecimiento de todas estas redes y modelos tuvo un declive hasta el año 1982. A partir de ese año, hubo avances en estudios e investigaciones. Marvin Minsky y Seymour Papert investigaron acerca de las redes. James Anderson comenzó a desarrollar el asociador lineal. Los avances se expandieron a otros países. En Japón, Kunihiko Fukushima y Teuvo Kohonen se enfocaron en el desarrollo de redes neuronales para reconocer patrones. Y en Estados Unidos, John Hopfield llevó a cabo investigaciones sobre redes neuronales (Jiménez, 2013).

El desarrollo de estudios de redes neuronales hizo posible la realización de congresos para tratar más a fondo este tema. Así, en el año 1985 se empezaron a llevar a cabo congresos como “*Neuronal Information Processing Systems*”, “*Neuronal Networks for Computing*”, entre otros congresos. En la actualidad, se valora mucho no solo realizar investigaciones sobre redes sino también publicarlos para mostrar sus avances en este tema a gente interesada. De esta manera, surgen revistas científicas como “*Transactions on Neural Networks*”, “*Neural Networks*”, entre otras revistas. Estas se encargan de publicar los últimos trabajos. La reanudación de investigaciones sobre redes neuronales no sería posible sin el apoyo de organismos como la Sociedad Europea de Redes Neuronales y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (Jiménez, 2013).

Es importante conocer que las redes neuronales aprenden a partir de la capacidad de aprendizaje del cerebro humano. El cerebro constituye una computadora excepcional porque ayuda a interpretar información inexacta sobre los sentidos a un ritmo bien rápido. Asimismo, aún es desconocido acerca de cómo el cerebro se prepara a sí mismo para el procesamiento de información, por lo que abundan teorías acerca de ello. Frente a ello, se ha tratado de crear redes neuronales artificiales para imitar el proceso de aprendizaje del cerebro. De esta manera, se buscaba deducir las características esenciales de las neuronas y sus interconexiones (Hinton, 1992).

El concepto y modelo de red neuronal se basa en el sistema y la actividad de los sistemas nerviosos, cuyo componente principal es la neurona. Una neurona, en el concepto general, se compone de un cuerpo celular con forma esférica, entre 5 y 10 micras de diámetro. De este cuerpo, sale el axón como una rama principal y las dendritas como las ramas cortas (Gutiérrez, 2015).

Para fijar un paralelismo entre la actividad sináptica y la actividad de las redes neuronales artificiales, hay que tener en cuenta lo siguiente: las entradas de la neurona lo conforman las señales que llegan a la sinapsis. Por medio de un parámetro, se simplifican las señales lo que genera un peso relacionado a la sinapsis. Puede haber una sinapsis con peso negativo si se inhibe a la neurona o una sinapsis con peso positivo si se excita a la neurona. Una vez simplificadas las señales que llegan a las entradas, estas se van a sumar. La neurona solo se va a activar si el resultado de la suma es mayor o igual que el umbral de la neurona. En base a la suma, se determina si se activa o no se activa la neurona, y no hay puntos intermedios. Según como esté funcionando el sistema nervioso, puede haber una alteración en la emisión de señales. Además, hay que señalar que las sinapsis tienen una debilidad: son vulnerables a la falta de oxígeno, a la aparición de anestésicos, entre otros. Debido a esa destreza en el ajuste de señales, se lo considera como un mecanismo de aprendizaje. Una red neuronal artificial busca reproducir tres características básicas de una red neuronal biológica:

- Procesamiento paralelo: Consiste en integrar y estudiar muchos datos al mismo tiempo.
- Memoria distribuida: Hay un fragmento de información necesaria en cada neurona que permite alcanzar en la salida una respuesta.
- Adaptabilidad: Se toma en cuenta la estimulación y la respuesta deseada para que la neurona pueda modificar sus enlaces. Esto fomenta el aprendizaje en las redes neuronales artificiales y generalizar desde un universo de datos de relación matemática desconocida (Jiménez, 2013).

A partir de un enfoque conceptual, la red neuronal se define como un sistema computacional paralelo vigoroso y que tiene la capacidad de solucionar situaciones muy complejas. Además, tiene una estructura cuyo funcionamiento reproduce el funcionamiento del cerebro humano, cuyas neuronas se interconectan para moldear una red compleja (Ayala et al., 2009). Para ello sigue modelos tales como:

El modelo matemático de las redes neuronales:

Las redes neuronales artificiales constituyen modelos matemáticos simples que implementan una función matemática “ f ” tal que: $f: X \rightarrow Y$. De esta función, “ X ” representa lo que entra de dato, mientras que “ Y ” es la respuesta que se espera. La

composición de la red radica en que la función f es la combinación de otras funciones con la que se forma un enlace de funciones que se interconectan para conformar una red matemática (Ayala et al., 2009).

El modelo neuronal:

La neurona es la unidad de proceso de información de la red.

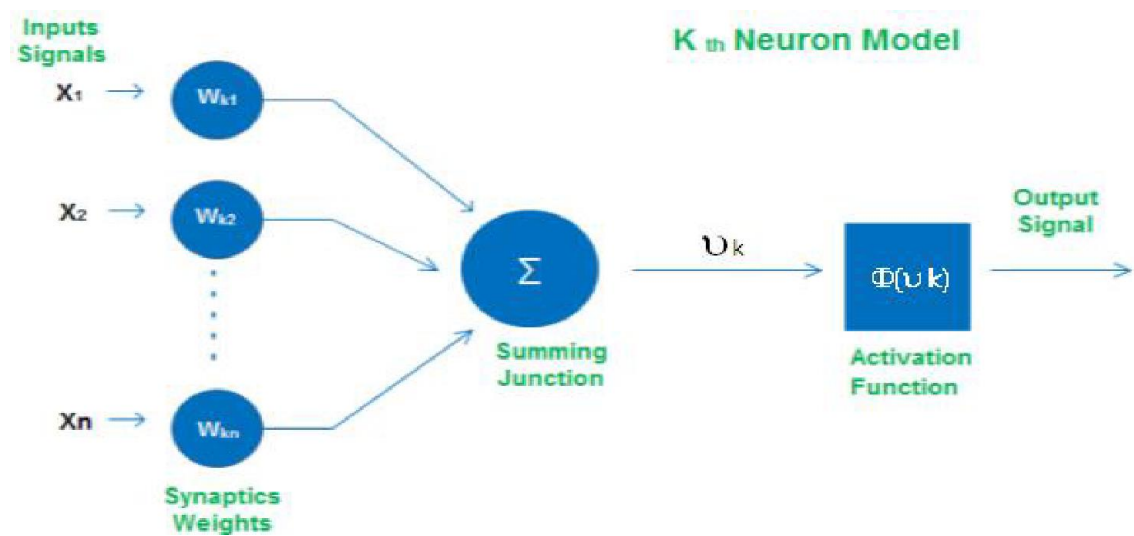
Se reconocen tres componentes a continuación:

- Un set de sinapsis: Lo conforman los enlaces que se interconectan entre sí y que cada enlace asigna un tamaño de fuerza a la señal recibida. Siendo x_j el sello o la pista que entra a la neurona k , dentro de la sinapsis j , es el peso w_{kj} que la neurona pone en la entrada de la sinapsis. La sinapsis será agitadora de ser positivo el estímulo, pero la sinapsis será retraída de ser negativo el estímulo.
- Un sumador: Se encarga de la suma de las señales que provienen de las sinapsis mezclandolas en un modo lineal.
- Una función de activación: Este componente se encarga de limitar la capacidad de la salida de la neurona. A través de este límite, se fija la salida de la neurona en el intervalo de valores desde 0 a 1 o desde -1 a 1 (Ayala et al., 2009).

Otro rasgo de la red neuronal es que controla el nivel de conexión que existe entre las neuronas mediante el cambio de cargas dentro de las sinapsis. En la figura 3.7 se puede observar los componentes de una red neuronal.

Figura 3.7

Modelo de red neuronal



Fuente: Ayala et al. (2009)

La estructura neuronal:

Se representa como un conjunto limitado de neuronas conectadas entre sí, y que realizan una función matemática definida debido a que ejecuta un seguimiento a los procesos elementales (PE) de parte de las neuronas. Estos procesos elementales se registran con números desde 1 a N. Luego, cada proceso elemental recibe las salidas de otras neuronas para acogerse como entradas para la función a implementar. Dentro de la función matemática, los procesos elementales se encargan de procesar la entrada y así deducir una salida como un único resultado al siguiente proceso elemental que está junto a él. Como consecuencia, se obtiene un sistema de proceso de alimentación hacia adelante (Ayala et al., 2009).

Las capas forman parte de la estructura de los procesos elementales. Cada capa es un conjunto de neuronas que distribuyen las mismas entradas y trasladan su salida al mismo destino que es la próxima neurona o capa del proceso elemental (PE). Dentro de una red neuronal, existen tres tipos de capas. En la figura 3.8 se muestran los tres tipos de capas, y dentro de cada nivel se realiza una función diferente:

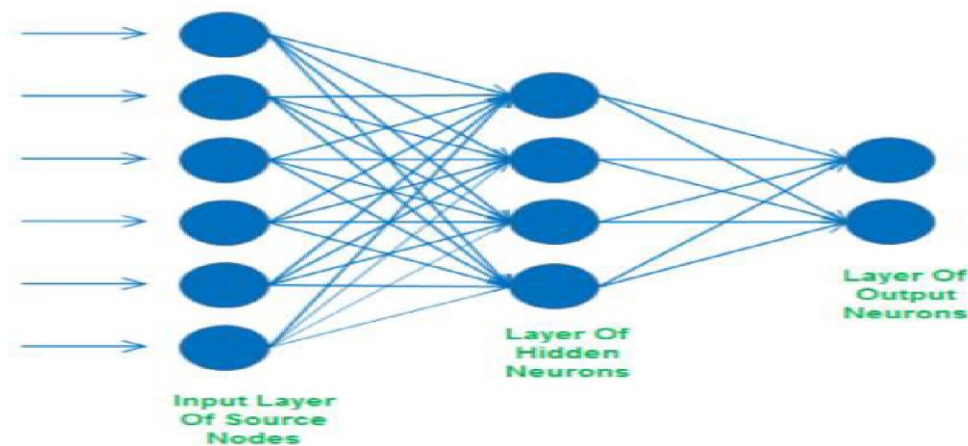
- Capa de ingreso o input: Constituye el primer nivel de la red y se encarga de la recepción de la información de las fuentes provenientes desde fuera de la red y

las traslada al siguiente nivel. En este primer nivel no se procesa aún la información.

- Capas ocultas: Los procesos elementales que tratan la información proveniente de las capas de entrada son los que identifican las capas ocultas. Gracias a una función matemática que opera en función de los datos ingresados, los procesos elementales se encargan de procesar la información. Solo se implementa una función matemática que es la función de activación de la neurona. De otro lado, se debe mencionar que una red neuronal puede contener más de una capa oculta. Estas ocultas pueden estar enlazadas de distintos modos, sea de forma secuencial o de forma paralela.
- Capas de salida u output: Es el tercer nivel de la red y se encarga de la recepción de las salidas que provienen de las capas ocultas y traslada la respuesta de la red al receptor externo (Ayala et al., 2009).

Figura 3.8

Estructura neuronal



Fuente: Ayala et al. (2009)

Las redes neuronales presentan tres cualidades muy fundamentales:

- Son sistemas paralelos de procesamiento distribuido
- Son sistemas que se adaptan
- Tienen capacidad de aprendizaje (Ayala et al., 2009).

Estas cualidades mencionadas dan una gran ventaja sobre los clásicos modelos como los econométricos.

Funciones matemáticas de la red neuronal:

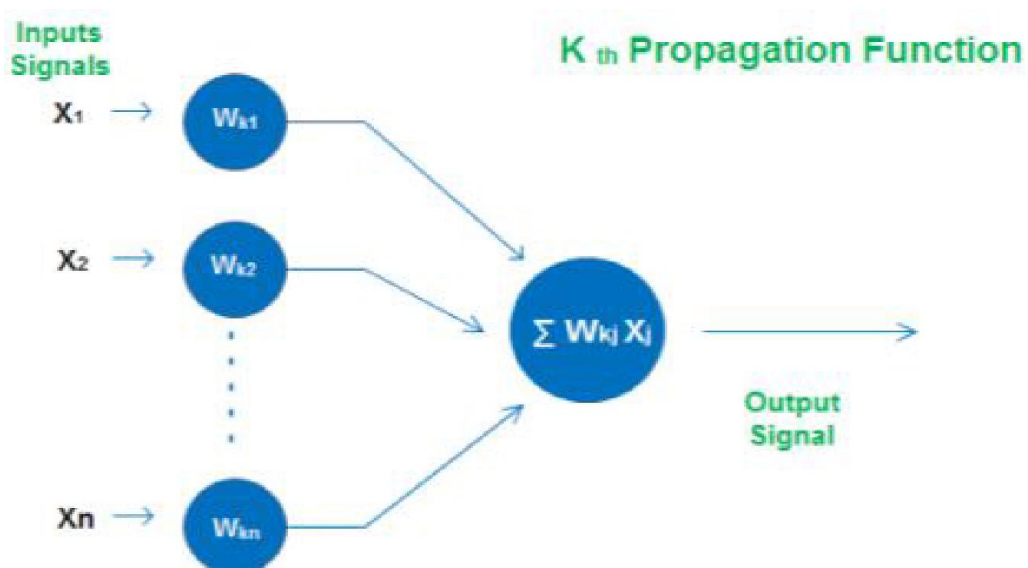
En cada proceso elemental (PE), hay una función de activación como función matemática. Esto es la base para el trabajo de las redes neuronales (Ayala et al., 2009). Hay numerosas funciones de activación de los procesos elementales, y las principales son:

- Función de propagación: Esta función está destinada hacia la capa de entrada (input). Para generar la salida en la neurona, cada input se multiplica por la potencia de la sinapsis o el peso de la neurona. Luego, se suma cada producto para obtener la salida de la red neuronal.

Si se busca una salida de excitación, el resultado debe ser positivo y si se busca una salida de inhibición, un resultado negativo. Al final, no se ha implementado una función de activación. En la figura 3.9, se ilustra la estructura de la función de propagación en la red neuronal.

Figura 3.9

Estructura neuronal de la función de propagación



Fuente: Ayala et al. (2009)

- Función de Activación: Se considera como la función más importante porque se encarga de computar y detectar los patrones de la red neuronal. A esta función también se le denomina función de transferencia.

La función de activación es también una función matemática que aplica hacia las entradas de la red y a las salidas de la misma, cuyos rangos de salida oscilan de 0 a 1 y oscilan entre -1 y 1. Para saber acerca del nivel de actividad de la neurona, se debe tener establecido el valor de salida. En caso de una plena actividad, la salida debe tener un valor 1 (+1), mientras que para que haya inactividad el valor debe ser 0 (-1). Hay que destacar que, mediante la función implementada, se va a identificar las neuronas.

Las funciones (de transferencia) más usadas son:

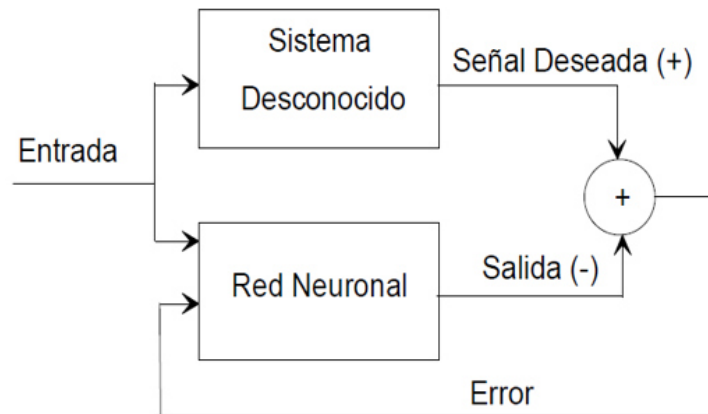
- Función *Step*: Esta función se emplea para tratar situaciones de clasificación. En esta función de activación, la salida puede ser 0 a 1, y eso va a estar subordinado al parámetro de la función, si resulta negativo o positivo.
- Función Lineal: Se emplea en diferentes tipos de redes, aunque con más frecuencia en la capa de salida. En esta función de activación, la entrada es igual a la salida.
- Función de logística o sigmoidea: En redes neuronales, es la más usada y es recomendable cuando se requiera predecir. El valor de su salida es entre 0 y 1.
- Función Tangente hiperbólica: Mayormente se usa en redes multicapa y los valores de salida oscilan entre -1 y 1, por eso su función es semejante a la función logística.
- Función de Gaussiana: Se aplica en redes neuronales cuya función tiene base radial, y esto se puede aplicar a problemas de predicción. El valor de salida oscila entre 0 y 1 (Jiménez, 2013).

Las redes neuronales pueden emplear un conjunto de sistemas en base a la aplicación a la que se destina el sistema. De esta manera, se tienen las siguientes estructuras:

Estructura directa:

Figura 3.10

Estructura neuronal directa



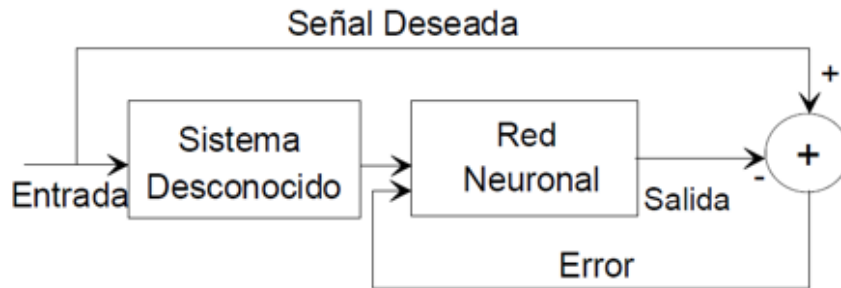
Fuente: Serrano et al. (2010)

En base a la figura 3.10, habrá un error mínimo cuando haya similitud de entradas entre el sistema desconocido y la red neuronal. En otras palabras, se obtendrá el mínimo error cuando sean iguales tanto la función de transferencia del sistema desconocido como de la red neuronal. Uno de los objetivos que tiene este sistema es modelar las funciones de transferencia de estructuras que se desconocen en un inicio pero que se puede dar un estímulo a través de una entrada establecida y así conocer su salida (Serrano et al., 2010).

- **Estructura inversa:**

Figura 3.11

Estructura neuronal inversa



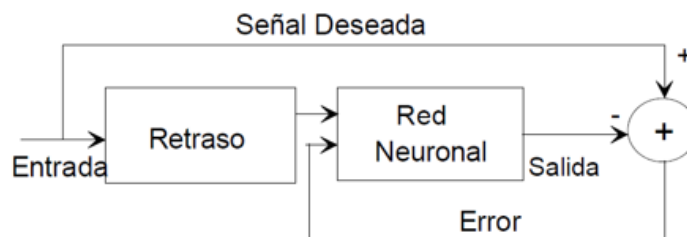
Fuente: Serrano et al. (2010)

Según la figura 3.11, la salida de la red neuronal se convierte en la entrada desconocida al sistema y, en base a esta condición, se obtendrá el error mínimo. En la estructura inversa, hay una relación inversa u opuesta entre el sistema desconocido y la función de transferencia de la red. Además, si dentro de la función de transferencia del sistema desconocido hay una estabilidad inversa, entonces habrá un correcto funcionamiento de parte del sistema (Serrano et al., 2010).

- **Estructura con retardo:**

Figura 3.12

Estructura neuronal con retardo



Fuente: Serrano et al. (2010)

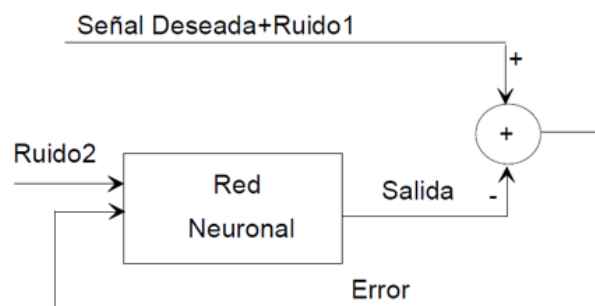
En base a la figura 3.16, se disminuyen las diferencias entre la señal deseada y la capa de salida de la red neuronal para llegar a un determinado resultado en conjunto con los valores de la señal. Se intenta, pues, modelizar la señal actual a partir de los valores anteriores a ésta. Este sistema se puede usar en problemas de predicción (a partir de las muestras pasadas se puede estimar la siguiente) y de control (si se conoce la evolución del sistema se puede alterar los parámetros de dicho sistema para cambiar dicha evolución) (Serrano et al., 2010).

- **Cancelador de ruido:**

Cuando se utiliza una red neuronal como un cancelador activo de ruido, se tiene en la figura 3.17 su estructura:

Figura 3.13

Estructura neuronal de un cancelador de ruido



Fuente: Serrano et al. (2010)

Dentro del dispositivo, el algoritmo de la red neuronal ejerce la función de cancelador activo del ruido. Este mismo algoritmo es el encargado de reducir el error cuadrático entre la salida de la red neuronal y la señal referida.

$$e^2(n) = (\text{señal deseada} + \text{ruido1} - \text{salida})^2$$

La condición del funcionamiento es la correlación entre el ruido que entra a la red neuronal y el que hay en la señal de la referencia (señal a limpiar). A nivel práctico este requerimiento es, la mayoría de las ocasiones, relativamente sencillo de cumplir. Pensemos, por ejemplo, en la cancelación de ruido en un teléfono móvil. Aquí la señal de referencia sería nuestra voz contaminada con el ruido ambiental (señal de entrada al micrófono del teléfono) y la entrada a la red neuronal sería la señal que se tomaría en otro punto cercano al teléfono. Es necesario tener como precaución situar este último sensor de tal forma que nuestra voz (la señal de interés a recuperar), no aparezca en la entrada de la red neuronal. De acuerdo con la expresión del error, este será mínimo si el output de la red neuronal es igual al ruido que aparece en la señal de la referencia, ya que no existe ninguna relación entre la señal deseada y el ruido de la entrada a la red. En el momento de conseguir la minimización la salida de la red neuronal será el ruido 1 y, por tanto, la señal de error será igual a la señal deseada, es decir obtendremos la señal limpia de ruido (Serrano et al., 2010).

3.11.1. Clasificación de las redes neuronales

Dentro de este capítulo, se clasifican las redes neuronales artificiales en base a la descripción que presentan los distintos tipos de redes neuronales. Muchas redes neuronales son muy habituales dentro de muchos simuladores software de sistemas de redes neuronales. Se debe considerar los aspectos que presenta el problema a resolver para poder elegir un tipo de red neuronal. Algunos tipos de redes neuronales se clasificaron en función de su aplicación: predicción, asociación, filtrado, clasificación, conceptualización y optimización. Se necesita que las redes de predicción, clasificación y asociación tengan un entrenamiento supervisado (Basogain, 2008).

Las redes neuronales se clasifican en aplicaciones de predicción, clasificación, asociación, conceptualización, filtrado y optimización. A continuación, en la tabla 3.6 se muestran las aplicaciones siguientes considerando el diseñador, el año, el tipo y las características:

Tabla 3.6*Clasificación de redes neuronales*

Nº	Nombre de red neuronal	Diseñador	Año	Tipo	Características
1	Adaline y Madaline	Bernard Wilson	1960	Predicción	Técnicas de Adaptación para el reconocimiento de Patrones
2	Adaptive Resonance Theory Networks (ART)	Carpenter, Grossberg	1960-86	Conceptualización	Reconocimiento de Patrones y Modelo del Sistema Neuronal. Concepto de Resonancia Adaptativa Solución a las limitaciones de su red predecesora el Perceptron
3	Back-Propagation	Rumelhart y Parker	1985	Clasificación	Inspirada en la red ART
4	Bi-Directional Associative Memory (BAM) Networks	Bart Kosko	1987	Asociación	Similar a la red Hopfield
5	The Boltzmann Machine	Ackley, Hinton y Sejnowski	1985	Asociación	Red Asociativa Lineal Adición de nuevas capas ocultas en cascada
6	Brain-State-in-a-Box	James Anderson	1970-86	Asociación	Clasificación Adaptativa de Patrones
7	Cascade-Correlation-Networks	Fahhman y Lebiere	1990	Asociación	Métodos Heurísticos para acelerar la convergencia
8	Counter-Propagation	Hecht-Nielsen	1987	Clasificación	Implementación
9	Delta-Bar-Delta (DBD) Networks	Jacobb	1988	Clasificación	Hardware de la función Sigmoid
10	Digital Neural Network Architecture (DNNA) Networks	Neural Semiconductor Inc.	1990	Predicción	

(continúa)

(continuación)

N°	Nombre de red neuronal	Diseñador	Año	Tipo	Características
11	Directed Random Search (DRS) Networks	Maytas y Solis	1965-81	Clasificación	Técnica de valores Random en el mecanismo de Ajuste de Pesos
12	Functional-link Networks (FLN)	Pao	1989	Clasificación	Versión mejorada de la red Backpropagation Clasificador de vectores binarios
13	Hamming Networks	Lippman	1987	Asociación	utilizando la distancia Hamming
14	Hopfield Networks	Hopfield	1982	Optimización	Concepto de la red en términos de energía
15	Learning Vector Quantization (LVQ) Networks	Kohonen	1988	Clasificación	Red Clasificadora
16	Perceptron Networks	Rosenblatt	1950	Predicción	Primer modelo de Sistema Neuronal Artificial
17	Probabilistic Neural Network (PNN)	Spetcht	1988	Asociación	Clasificación de patrones utilizando métodos estadísticos
18	Recirculation Networks	Hinton y McClelland	1988	Filtrado	Alternativa a la red Backpropagation
19	Self-Organizing Maps (SOM)	Kohonen	1979-82	Conceptualización	Aprendizaje sin supervisión
20	Spatio-Temporal- Pattern Recognition (SPR)	Grossberg	1960-70	Asociación	Red clasificatoria invariante en el espacio y tiempo

Fuente: Basogain (2008)

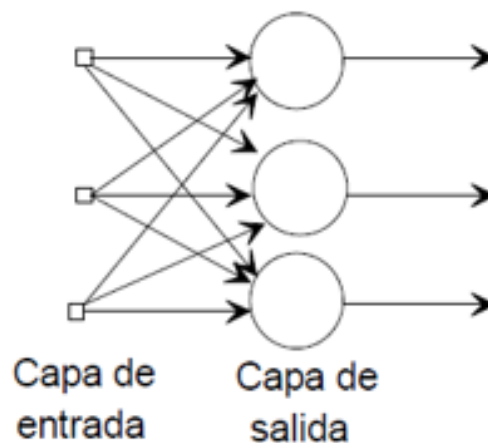
3.11.2. Arquitecturas neuronales

Según el número de capas:

- Redes neuronales monocapas: es la red neuronal más sencilla debido a que las neuronas que parten de la capa de entrada son trasladadas directamente hacia la capa de salida donde se ejecutan distintos cálculos. La capa de entrada no ejecuta ningún cálculo, y por eso se denomina red monocapa. Este tipo de red neuronal se aplica como una memoria asociativa (Soria & Blanco, 2007). En la figura 3.10, se ilustra la estructura de la red neuronal monocapa.

Figura 3.14

Arquitectura de la red neuronal monocapa

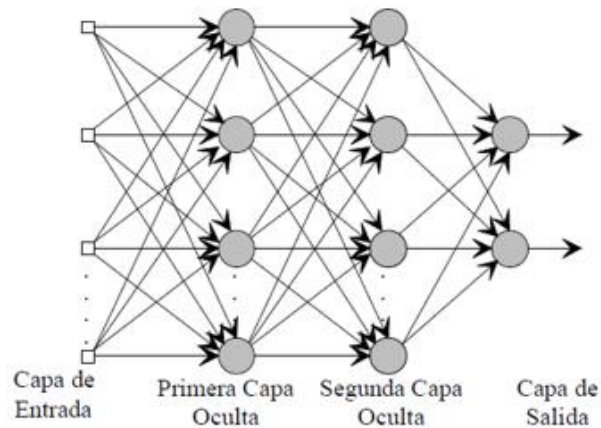


Fuente: Soria y Blanco (2007)

- Redes neuronales multicapa: se universaliza la red monocapa, lo que lleva a la formación de un grupo de capas denominadas capas intermedias o capas ocultas entre la entrada y la salida de la red neuronal (Soria & Blanco, 2010). En la figura 3.11 se ilustra la estructura de la red neuronal multicapa.

Figura 3.15

Arquitectura de la red neuronal multicapa



Fuente: Soria y Blanco (2007)

Para entender mejor cómo surge la tendencia por investigar acerca de redes multicapa hay que remontarse hacia el año 1962, cuando se realizaron trabajos de perceptrones realizados por Rosenblatt. En el caso del perceptrón simple, se tratan tareas de clasificación e implementación de funciones lógicas como la función OR, pero no se ha implementado una función de paridad como la función XOR. Asimismo, se detectaron que hay limitaciones en las redes que tienen una sola capa por lo que ha sido necesario implementar redes en las que se incrementaron la cantidad de capas. Este incremento consiste en introducir, entre la capa de entrada y salida, capas ocultas. Así, se convierten en aproximadores universales las redes multicapa y se implementa la función lógica XOR mediante la red perceptrón con dos capas (Muñoz, 2010).

Como el trabajo de investigación utiliza perceptrón multicapa, es muy importante mantener correctamente dilucidado este tópico, y uno de los detalles es el uso de capas intermedias o capas ocultas. Por ello, se formula una interrogante: ¿Cuál es el rol que desempeña la capa oculta? La función de la capa oculta es proyectar, dentro un cubo, los patrones de entrada. En este cubo, su tamaño está definido por el número de unidades de la capa oculta. Cuando se proyecta el cubo, hay una separación lineal en los patrones de entrada para que haya una correcta clasificación por parte de la unidad de salida (Muñoz, 2010).

Con una topología más compleja, el problema se enfoca en el desarrollo de un algoritmo de aprendizaje que permita determinar los pesos de la sinapsis y los pesos de los umbrales mediante unos patrones de entrenamiento que dan las entradas y las salidas deseadas para la red. En vista de esta situación, en el año 1986 se desarrolló un nuevo horizonte dentro de las redes neuronales con el hallazgo del algoritmo de retropropagación redescubierto por Rumerlhard, Hinton y Williams. Un método que resulta adecuado para entrenar la red multicapa es el algoritmo de *backpropagation* del error. Esto puso fin al abandono hacia el estudio de las redes neuronales que se impuso en 1969 con la publicación del libro “*Perceptrons*” de los autores Minsky y Papert, ya que estos indicaban que era imposible encontrar un algoritmo de aprendizaje con la capacidad de poner en funcionamiento cualquier tipo de funciones (Muñoz, 2010).

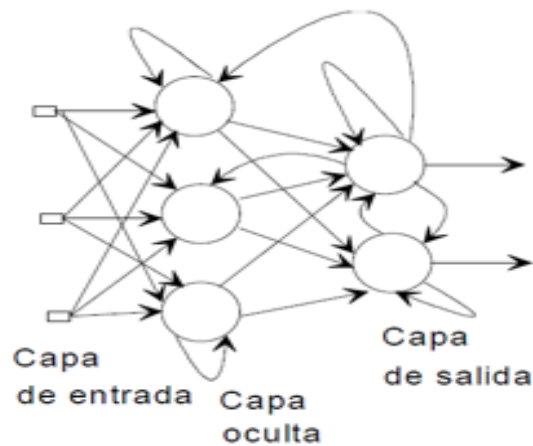
El perceptrón multicapa es una red de *feedforward* que se compone en tres capas: de entrada, de salida y ocultas. Habrá tantos componentes como sensores tenga la entrada para poder entender la relación que hay dentro de la red y le asignamos un valor N. En cuanto a la capa de salida, y en base a lo que se tenga en las salidas deseadas, se tendrá determinada cantidad de unidades de proceso como de componente y a esto le damos el valor de M. Sobre la cantidad de capas ocultas, su tamaño va a depender de la dificultad de la correspondencia a implementar (Muñoz, 2010).

Según el tipo de conexiones

- Redes neuronales no recurrentes: En este tipo de red, no es posible que la red se realimenta y las señales se producen en un solo sentido. Por lo tanto, este sistema no tiene una memoria establecida (Soria & Blanco, 2007).
- Redes neuronales recurrentes: La presencia de lazos o enlaces de realimentación son parte de su caracterización. Estos enlaces pueden ser entre neuronas que son de capas distintas, entre neuronas que forman parte de una sola capa o entre una misma neurona. Se puede estudiar la dinámica del sistema no lineal debido a que este sistema es reiterativo, lo cual lo hace adecuado para realizar el estudio (Soria & Blanco, 2007). La estructura de red recurrente queda representada en la figura 3.12.

Figura 3.16

Estructura de una red neuronal recurrente



Fuente: Soria y Blanco (2007)

Según el grado de conexión

- Redes neuronales totalmente conectadas: Como su mismo nombre lo indica, hay una total conexión entre las neuronas de una capa con las de la siguiente capa o con las de la capa anterior.
- Redes parcialmente conectadas: Al ser una conexión parcial, las neuronas de las distintas capas no están conectadas al 100% (Soria & Blanco, 2007).

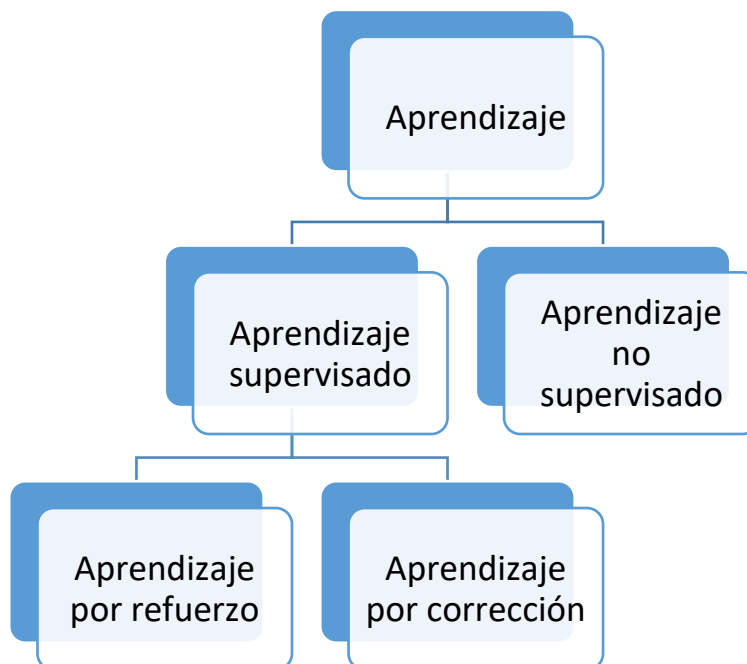
Se da un espacio para formar sistemas más grandes, dentro del nivel de mesoestructura, cuando hay conexión entre las mismas estructuras neuronales. Las estructuras jerárquicas y en paralelo son algunas de las formas en que es posible realizar la conexión. Dentro de la estructura en paralelo se realiza un “acuerdo” entre distintas redes para alcanzar la salida. En cuanto a la estructura jerárquica, hay que redes dependientes a otras y que actúan como componentes principales en la salida de la red (Soria & Blanco, 2007).

3.11.3. Métodos de aprendizaje

En una red neuronal es fundamental tener establecido un procedimiento por el que las uniones del dispositivo cambian para generar la salida deseada (algoritmo de aprendizaje). Los métodos de aprendizaje se pueden dividir en las siguientes categorías según se muestra en la figura 3.13 (Serrano et al., 2010).

Figura 3.17

Mapa conceptual sobre los métodos de aprendizaje



Fuente: Serrano et al. (2010)

La primera gran división en los métodos de aprendizaje es entre algoritmos supervisados y no supervisados (Serrano et al., 2010).

En los algoritmos no supervisados se desconoce la señal deseada que debe proporcionar la red neuronal. La red se estructura por sus propios medios dando lugar a distintas señales de entrada. A través de técnicas de *clustering* o agrupamiento, se otorga un método de clasificación por parte de los sistemas. El aprendizaje supervisado trata a las señales que están presentes para proveer salidas hacia la red. Se define la diferencia entre la red y la señal deseada luego de visualizar de la red su salida. Después, en base al error obtenido, se modifican los pesos de la red Este aprendizaje admite dos variantes:

- Aprendizaje por refuerzo
- Aprendizaje por corrección

En el caso del aprendizaje por refuerzo, la salida que se obtiene es de tipo booleana (verdadero o falso) y se tiene conocimiento de esta variante de aprendizaje si la señal deseada se relaciona con lo que va a salir de la red. Luego, en el caso del aprendizaje por corrección, se define el tamaño en el cambio de pesos para que así se tenga conocimiento de la magnitud del error (Serrano et al., 2010).

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La propuesta de solución para el problema descrito, se abordó en base a los momentos de la investigación que comprende:

- **Planificación:** Es la primera parte de la investigación que consiste en buscar, de forma preliminar, fuentes de información que permitan conocer antecedentes del tema a investigar para poder enunciar el problema, sustentarlo y establecer la viabilidad. Posterior a ello, se elaboraron los objetivos y, luego, se desarrolló el marco teórico que ayuda a la sustentación del estudio de acuerdo con las variables.
- **Operatividad metodológica:** En este momento se procedió a establecer la determinación de la población objetivo, el análisis de las variables, los criterios incluyentes y excluyentes, la identificación de instrumentos que se usaron en el estudio. En el aspecto metodológico, se diseñó una red neuronal artificial que buscó predecir las reacciones adversas a las transfusiones sanguíneas, considerando el uso de un algoritmo de aprendizaje adecuado para la red, en la que permitió identificar las variables de entrada, las mismas que fueron integradas con un lenguaje de interfaz al interior de la red neuronal, que permitió tener una salida deseada.
- **Análisis de la información:** En esta etapa se analizó la información otorgada por el establecimiento público para construir la red neuronal. Con esos datos brindados por el establecimiento se consiguió entrenar a la red con datos históricos. Luego, se identificó la configuración de la red más adecuada con el menor error posible. Para implementar las redes neuronales artificiales, se usó un lenguaje de programación basado en RStudio.
- En una primera etapa del estudio con 120 registros de transfusiones sanguíneas, se hizo una normalización de los datos con la herramienta Excel.
- Se realizó, en el programa RStudio, el entrenamiento de la red neuronal para su respectivo diseño en base a las variables seleccionadas.

- En una segunda etapa, se empleó una población de 844 registros de transfusiones sanguíneas tomados de un periodo determinado (febrero y marzo 2018). Se registraron en una base de datos en Excel. Los datos de algunas variables fueron categorizados. Asimismo, todos los datos debían tener un valor numérico para proceder a la validación de datos en el TANAGRA, así como a la realización de la red neuronal en RStudio.

4.1. Método de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

Es exploratoria porque está orientada a la predicción para identificar las reacciones adversas postransfusión sanguínea.

4.1.2. Diseño de la investigación

En primer lugar, el estudio es no experimental porque, según Hernández-Sampieri et al. (2014), no se realiza manipulación de variables, es transversal porque recopila datos de un momento dado y es exploratorio porque permite identificar la predicción de las reacciones adversas.

4.1.3. Variables de investigación

La variable independiente fue características de los pacientes transfundidos en un hospital público y tuvo componentes cuantitativos y cualitativos de acuerdo a sus dimensiones. La unidad de medición fue el número de características sanguíneas en las transfusiones que aparecen en el registro de transfusión.

La variable dependiente la constituyeron las reacciones adversas transfusionales y por sus dimensiones corresponde a una variable cualitativa nominal. La unidad de medición fue el número de reacciones adversas identificadas a través de la predicción con las redes neuronales. En la tabla 4.1 se muestra el listado de variables en el cual están incluidos sus características, indicadores, entre otros atributos.

Las variables a utilizarse para el estudio fueron las siguientes: Número de bolsas, edad, sexo, peso, hemoglobina, hematocrito, diagnóstico, servicios, grupo sanguíneo del receptor, grupo sanguíneo del donante, HIV, HB, Anti-HB, Anti-HCV, HTLV, sífilis, chagas, fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobinuria, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito y escalofríos. El sustento de las primeras 17 variables se encuentra en las tablas 5.3 y 5.4 del capítulo V. En cuanto a las últimas 10 variables, el sustento se muestra en la tabla 5.2 del capítulo V.

4.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 4.1

Listado de variables

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Características de las variables	Escala	
Características transfusionales del donante	Es la persona que dona sangre voluntariamente para fines terapéuticos.	Bolsa colectora del donante de sangre.	Registro de volumen: 230 a 350 ° de cm3.	Cualitativa nominal	0: No tiene registro del volumen 1: Sí tiene registro del volumen	
			Identificación del código del donante en la bolsa colectora	Cualitativa nominal	0: no tiene el código 1: sí tiene el código	
			Grupo sanguíneo del donante.	Cualitativa nominal	0: AB (+) (-) 1. A1 (+) (-) 2. Grupo B (+) (-) 3. Grupo O (+) (-)	
			Glóbulos rojos (donante)	Hemoglobina, hematocrito	Cualitativa nominal	0: <=12,5 g/Dl <=38% 1: >=12,5 g/dL >=38%
			Sello de seguridad de la bolsa de sangre del donante	Pruebas antiinfecciosas negativas	Cualitativa nominal	0: positivo en VIH, Sífilis Hepatitis B Hepatitis C, Hepatitis AntiCore, Chagas, HTLV1 1: negativo en VIH, Sífilis, Hepatitis B, Hepatitis C, Hepatitis AntiCore, Chagas, HTLV1,

(continúa)

(continuación)

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Características de las variables	Escala
Características transfusionales del receptor	Es la persona que recibe sangre de cualquier tipo según prescripción médica. Para proceder a la transfusión sanguínea el receptor se tiene que hacer la prueba de compatibilidad o pruebas cruzadas que son estudios practicados empleando muestras del donante y del receptor, para determinar si existe compatibilidad entre ambos.	Hemogramas	Grupo sanguíneo	Cualitativa nominal	0: AB (+) (-) 1. A1 (+) (-) 2. Grupo B (+) (-) 3. Grupo O (+) (-)
			Hemoglobina	Cualitativa nominal	0: > 8 g/dL 1: <= 8 g/dL (Necesita transfusión de sangre)
			Hematocrito	Cualitativa nominal	0: > 21% 1: <= 21% (Necesita transfusión sanguínea)
		Pruebas cruzadas: es una serie de pruebas que busca identificar la compatibilidad de la sangre del donante y del receptor	Resultados de compatibilidad: compatible es cuando no hay aglutinación, y hay aglutinación si hay incompatibilidad	Cualitativa nominal	0: no compatible, 1: sí es compatible

(continúa)

(continuación)

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Características de las variables	Escala
Características transfusionales del receptor	Es la persona que recibe sangre de cualquier tipo según prescripción médica. Para proceder a la transfusión sanguínea el receptor se tiene que hacer la prueba de compatibilidad o pruebas cruzadas que son estudios practicados empleando muestras del donante y del receptor, para determinar si existe compatibilidad entre ambos.	Datos generales	Edad	Cuantitativa discreta	Periodo de primera infancia (desde el nacimiento hasta los 3 años) Periodo preescolar (3 a 6 años) Periodo Escolar (6 a 12 años) Periodo de la adolescencia (12 a 18 años) Periodo de juventud (19 a 25 años) Periodo de adultez (26 a 65 años) Periodo de vejez (a partir de 65 años)
			Situaciones de necesidad de transfusión no sanguínea (Diagnósticos)	Cualitativa nominal	0: Quemados 1: Hemorragia 2: Accidentes de tránsito 3: Cáncer 4: Anemias 5: Cirugías
			Servicios	Cualitativa nominal	(0) Cuidados intensivos (1) Emergencia (2) Ginecobstetricia (3) Cirugías (4) Medicina
			Sexo	Cualitativa nominal	0: Femenino 1: Masculino

(continúa)

(continuación)

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Características de las variables	Escala
Reacciones adversas	Es la respuesta nociva e inesperada que presenta el paciente frente a la transfusión sanguínea.	Reacciones adversas agudas de la transfusión sanguínea	Signos	Cualitativa nominal	Fiebre, Cianosis, Urticaria, Hemoglobinuria, Edema facial
	Las reacciones adversas agudas son aquellas que aparecen las primeras 24 horas. Estas serán consideradas las agudas.		Síntomas	Cualitativa nominal	Náuseas, Dolor lumbar, Dolor torácico, Prurito, Escalofríos

Nota: La transfusión sanguínea es un tratamiento terapéutico que se brinda al paciente para reponer el déficit de hemocomponentes a través del incremento de la masa eritrocítica, y, con ello, el transporte de oxígeno. Al mismo tiempo, restaura y conserva el volumen temático.

4.1.5. Población

Características de la población: como universo se consideró al total de registros de los receptores que recibieron transfusión sanguínea en un periodo determinado (febrero y marzo 2018), siendo una población de 844 transfusiones sanguíneas. Es importante mencionar que el uso de los registros de datos está autorizado por el banco de sangre para llevar a cabo el estudio con los registros de datos provistos y de manera anonimizada para que no se comprometa la privacidad de las personas (Anexo 9).

4.1.6. Selección de la población objetivo

Se consideraron todos los registros de los pacientes receptores que recibieron transfusión de glóbulos rojos, pacientes que recibieron una o más transfusiones. Se consideró la edad según las etapas de edad establecidas.

Criterios excluyentes: en este estudio, se han excluido los registros de los pacientes receptores que hayan recibido transfusión de hemocomponentes tales como plaquetas y plasma.

4.1.7. Recolección de datos

La recolección de datos se efectuó mediante fuentes secundarias, es decir, a través de los registros de los pacientes que se encontraban en el historial de banco de sangre en forma física. Se procedió a digitar todos los registros comprendidos en el periodo enero-febrero.

Como complemento a la recolección de datos, se conversó con el jefe del servicio del banco de sangre con la finalidad de tener un conocimiento del proceso de la transfusión sanguínea. No se utilizó ningún instrumento ni cuestionario para el recojo de datos. Los documentos consultados como parte del registro fueron:

- Formato de selección del postulante (Anexo 10).
- Identificación de la bolsa de sangre del donante (Anexo 10).
- Formato de solicitud transfusional y de prueba cruzada de receptor (Anexo 10).
- Formato de conducción de transfusión de paquetes globulares (glóbulos rojos) del receptor (Anexo 10).

- Formato de identificación de reacción adversa transfusional del receptor (Anexo 10).

También, se solicitó información del número de receptores que han recibido transfusión sanguínea en un periodo determinado (de febrero y marzo del 2018).

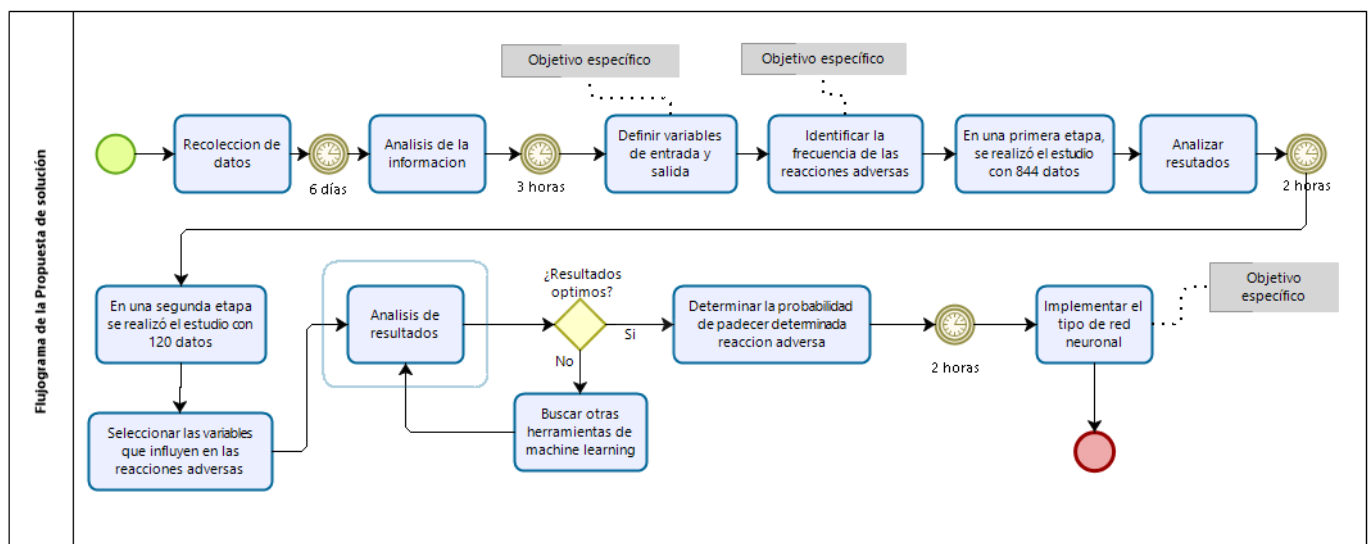
4.2. Alcance

Este estudio buscó predecir las reacciones adversas presentadas en los receptores que reciben transfusiones sanguíneas (glóbulos rojos). Para ello se consideró las reacciones adversas agudas que ocurran las 24 horas después de la transfusión. Para ello, se diseñó el patrón de reconocimiento a través de las redes neuronales con el objetivo de predecir comportamientos adversos. Dentro de la investigación en mención, se dispuso la obtención de la base de los datos relacionados a la cantidad de receptores que recibieron transfusión sanguínea considerando 17 variables de entrada y 10 variables de salida.

Para entender todo lo que abarca la propuesta, en la figura 4.1, se presenta un flujograma que muestra cómo se lleva a cabo el desarrollo de la propuesta de solución.

Figura 4.1

Flujograma de la propuesta de solución



4.3. Análisis por componentes (PCA)

Como parte del trabajo, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA). Este análisis forma parte de la etapa del desarrollo de la solución y tiene como propósito determinar si determinada variable de entrada es necesaria. Se incluye este análisis con la idea de que ayude a cumplir el segundo objetivo específico: seleccionar las variables que influyen en las reacciones adversas. Como parte de este análisis, se creó un campo llamado “Índice crítico de reacciones adversas”. Ello se realizó para determinar cuándo es crítico el estado de salud de las personas que están padeciendo reacciones adversas post-transfusionales.

Para determinar cuándo es crítico, de las diez reacciones adversas que se han establecido para el presente trabajo, el paciente debe tener alguna de las siguientes reacciones adversas: dolor torácico, fiebre, náuseas, cianosis. Si el paciente presenta alguna de estas reacciones, se estableció el número 1 para el nuevo campo y número 0 de ser lo contrario.

Como parte del análisis de componentes, se han excluido siete variables, tomando como base el criterio de exclusión. Estas variables tienen carácter definitivo en la evaluación de sangre, por lo que no se consideraron para la prueba: VIH, HB, Anti-HB, Anti-HCV, HTLV, Sífilis, Chagas. Las variables que forman parte del análisis de componentes principales (PCA) son las siguientes: número de bolsas, sexo, edad, peso, diagnóstico, servicio, hemoglobina, hematocrito, GS Receptor, GS Donante, fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobinuria, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito, escalofríos, índice crítico de reacciones adversas.

En esta primera parte se realizó un entrenamiento. El análisis por componentes se realizó en el programa R, consistió en 21 variables y la población total fue de 844 datos. Se hizo la lectura de los datos en R. Se generó la matriz de covarianza en base a los 844 datos; en base a la matriz de covarianza obtenida se obtuvieron los componentes principales, asimismo, se obtuvieron los componentes principales de la matriz de correlación, se realizó la importación de todos los datos en RStudio, luego se procedió a escalar los datos, posteriormente se realizó el análisis por componentes principales (Anexo 7).

Adicionalmente, se logró visualizar la proporción de varianza por cada uno de los componentes; después, se calculó la desviación estándar por cada uno de los

componentes. En los resultados que se muestran en el Anexo 7 se visualiza que los 10 primeros componentes presentan un valor de desviación estándar mayor a uno. A continuación, se calculó la varianza por cada una de las variables. Los resultados muestran, además, que los primeros diez componentes presentan un valor de varianza mayor a uno. Debido a lo mencionado, solo se conservan los 10 primeros componentes. Posteriormente, se tuvo que hallar la mayor variabilidad en estos componentes. Se almacenan los 10 primeros componentes en unas variables. Una vez obtenida la variabilidad anteriormente mencionada, los objetos se guardan en una variable (Anexo 7).

A forma de consecución, se procedió a realizar pruebas dentro del programa R. Para dichas pruebas la cantidad de datos se redujo de 844 a 120 datos. Luego, se siguió trabajando con las 21 variables. Se mantuvieron las variables que fueron excluidas, aplicando el criterio de exclusión: número de bolsas, sexo, edad, peso, diagnóstico, servicio, hemoglobina, hematocrito, GS Receptor, GS Donante, fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobina, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito, escalofríos e índice crítico de reacciones adversas.

Dentro del programa R, se realizó la lectura de datos del archivo de texto. Luego, se obtuvo la matriz de covarianza, en base a dicha matriz, se buscó la obtención de los componentes principales. El valor de la desviación estándar en los primeros seis componentes fue mayor a uno. Finalmente, se obtuvieron los componentes principales desde la matriz de correlación (Ver Anexo 8).

CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo, se va a proceder con las pruebas que buscan corroborar la utilidad de la propuesta de solución que se ha planteado en la presente investigación. Primero, se va a mostrar en tablas cuáles son las variables que conforman la entrada y cuáles conforman la salida de la red neuronal con la codificación que se ha asignado a cada variable para el registro de datos. Después, en otra tabla se define el sustento por el que dichas variables han sido consideradas para el estudio. Para obtener mayores resultados, se han decidido realizar las pruebas mediante etapas. En una primera etapa, que consiste en un entrenamiento, se han empleado 844 registros, mientras que, en una segunda etapa, de pruebas, se han empleado 120 registros. En cada etapa, se procedió a diseñar la red neuronal para cada una de las reacciones adversas.

Por último, sobre el uso de herramientas de validación, se empleó el *cross-validation* como herramienta para comprobar la calidad de los datos que se ingresaron al programa. En cuanto a la cantidad de datos que ingresan al programa, se empleó la prueba de estrés para medir el rendimiento del programa.

Para la construcción de la red neuronal base, se determinaron las variables de entrada y salida que se muestran en las tablas 5.1 y 5.2 respectivamente.

Tabla 5.1

Variables de entrada para las redes neuronales artificiales y sus códigos asignados

Variables de entrada	Naturaleza de la variable	Codificación
	Correspondiente al receptor	
Número de bolsas	Variable cualitativa nominal	0: Recibe una unidad (bolsa) 1: Recibe más de una unidad (bolsa)
Edad	Variable cualitativa ordinal	0: 0-27 años 1: 28-45 años 2: 46-67 años 3: 68-105 años

(continúa)

(continuación)

Variables de entrada	Naturaleza de la variable	Codificación
Correspondiente al receptor		
Sexo	Variable cualitativa nominal	0: Femenino 1: Masculino
Peso	Variable cualitativa nominal	0: 0-60 kg 1: 61-115 kg
Hemoglobina del receptor	Variable cualitativa nominal	1: < = 8 g/Dl (Necesita transfusión de sangre)
Hematocrito del receptor	Variable cualitativa nominal	1: < = 21% (Necesita transfusión sanguínea)
Diagnóstico	Variable cualitativa nominal	0: Quemados 1: Hemorragia 2: Accidentes de tránsito 3: Cáncer 4: Anemias 5: Cirugías
Servicios	Variable cualitativa nominal	0: Cuidados intensivos 1: Emergencia 2: Ginecobstetricia 3: Cirugías 4: Medicina
Grupo sanguíneo del receptor	Variable cualitativa nominal	0: AB (+) 1 AB (-) 2. A1 (+) 3 A1 (-) 4. Grupo B (+) 5. Grupo B (-) 6. Grupo O (+) 7. Grupo O (-)
Correspondiente al donante		
Grupo sanguíneo del donante	Variable cualitativa nominal	0: AB (+) 1: AB (-) 2: A1 (+) 3: A1 (-) 4: Grupo B (+) 5: Grupo B (-) 6: Grupo O (+) 7: Grupo O (-)

Tabla 5.2*Variables de salida para las redes neuronales artificiales*

Signos	
Fiebre	0: No le va a dar el signo
Cianosis	1: Sí le va a dar el signo
Urticaria	
Hemoglobinuria	
Edema Facial	
Síntomas	
Náuseas	0: No le va a dar el síntoma
Dolor Lumbar	1: Sí le va a dar el síntoma
Dolor Torácico	
Prurito	
Escalofríos	

Para la realización de la prueba de concepto se utilizó la red neuronal multicapa backpropagation. El diseño de la red neuronal se abordó a través de siguiente metodología:

- 1) Seleccionar las variables de entrada de mayor relevancia para entrenar la red que a continuación se detalla:

Las variables de entrada seleccionadas se sustentan según estudios de investigación y opinión de expertos en el tema, tal es así que en el proceso de transfusión sanguínea para este estudio se ha seleccionado la transfusión de glóbulos rojos ya que constituyen el 59% de toda la transfusión de hemocomponentes y constituyen un riesgo elevado en la presencia de reacciones adversas. A continuación, en las tablas 5.3 y 5.4 se explican las variables.

Tabla 5.3*Variables relevantes relacionadas al receptor*

Variable	Sustento
Número de bolsas (Frecuencia)	Mientras mayor número de transfusiones reciba el paciente, tiene una mayor probabilidad o riesgo de presentar reacciones adversas.

(continúa)

(continuación)

Variable	Sustento
Edad	Son variables generales que nos permiten identificar en qué grupo etáreo se presenta la probabilidad de reacciones adversas.
Sexo	Son variables que nos permiten identificar en qué sexo se presenta la probabilidad de reacciones adversas.
Peso	Es una variable relevante que permite determinar la cantidad de sangre que necesita el paciente.
Hemoglobina	Es una variable que determina los valores que permite conocer si el paciente necesita o no transfusión de glóbulos rojos.
Hematocrito	Es una variable que determina los valores que permite conocer si el paciente necesita o no transfusión de glóbulos rojos.
Diagnóstico	Es una variable que permite conocer qué tipo de enfermedades y procedimientos necesita la transfusión de glóbulos rojos.
Servicios	Es una variable general que permite identificar en qué servicios ocurren con frecuencia los eventos de las reacciones adversas.
Grupo sanguíneo del receptor	Es una variable relevante para todo proceso de transfusión sanguínea en los glóbulos rojos.

Tabla 5.4

Variables relevantes relacionadas al donante

Variable	Sustento
Grupo sanguíneo del donante	Se emplea para la transfusión sanguínea en los glóbulos rojos que permite realizar la compatibilidad entre el receptor y el donante
HIV	Se evalúa si la sangre del donante tiene VIH.
HB	Se evalúa si la sangre del donante tiene Hepatitis B.
Anti-HB	Se evalúa si la sangre del donante tiene Anti-Hepatitis B.
Anti-HCV	Se evalúa si la sangre del donante tiene Antivirus-Hepatitis C).
HTLV	Se evalúa si la sangre del donante tiene enfermedades de transmisión sexual.
Sifilis	Se evalúa si la sangre del donante tiene sífilis.
Chagas	Se evalúa si la sangre del donante tiene Chagas.

Las variables no consideradas fueron:

- Las plaquetas, el plasma y el crioprecipitado porque no forman parte de la transfusión de los glóbulos rojos. En el caso de las plaquetas, es para ayudar en la coagulación. En el caso del plasma y crioprecipitados, se usa cuando hay pérdida de proteínas, líquidos.
- En el caso de la temperatura, el pulso, son datos generales que solicita el banco de sangre para una idea de cómo está el paciente para realizar la prueba de compatibilidad.
- En el caso del tiempo de sangría, el TP y el TTP, son variables que se utilizan cuando se solicita una transfusión de plaquetas.

- 2) La validación de las variables se llevó a cabo por juicio de expertos por parte del jefe del banco de sangre. Él pudo revisar y dar su aprobación a las variables con las que se hace el estudio por lo que las variables actuales son confiables para llevar a cabo la predicción.
- 3) Se seleccionó las variables de salida, traducidas en los signos y síntomas que son: Fiebre, cianosis, urticaria, hemoglobinuria, edema facial, náuseas, dolor lumbar, dolor torácico, prurito y escalofríos. Estas variables fueron seleccionadas debido a que son las más frecuentes y el establecimiento público trata de identificarlos.
- 4) Se utilizó la red neuronal Backpropagation, por ser una red multicapa que consta de tres capas que son la de entrada, oculta y la capa de salida. Dentro del entrenamiento se trabajó con una cantidad de 844 datos y se estuvo trabajando con 21 variables en total. Para la parte de las pruebas, la cantidad se redujo a 120 datos y se va a seguir trabajando con 21 variables en total. Hay que mencionar que, dentro de las 21 variables, hay una variable denominada Índice Crítico de Reacciones adversas. Mediante esta variable se va a determinar a partir de qué número de enfermedades que padezca el paciente, su situación va a ser crítica.
- 5) En la primera etapa, en el caso del programa R, se emplearon 844 datos para la prueba de concepto. Para enriquecer más la red neuronal, no solamente se tomaron en consideración los datos de los receptores, también se están tomando en cuenta los datos de los donantes, ya que de estos donantes se extrae la sangre que será almacenada en bolsas y que será transfundidas a pacientes receptores según su grupo sanguíneo y en el momento en que sea necesario. Esto además

ayuda a la red neuronal en cuanto a generación de resultados. Posteriormente, se hará lo mismo con 120 registros.

- 6) Previo a la realización de la red neuronal, se realizó un análisis por componentes (PCA). Como parte de ese análisis, se creó una nueva variable: índice crítico de reacciones adversas. Asimismo, se aplicó el criterio de exclusión para excluir siete variables: VIH, HB, Anti-HB, Anti-HCV, HTLV, Sífilis y Chagas. Estas siete variables tienen carácter definitivo en la evaluación de la sangre por lo que no se están tomando en cuenta para la prueba. Los datos del donante que se usaron en la red neuronal son los resultados de las pruebas infecciosas: G.S (Grupo Sanguíneo), HIV, HB, Anti-HB, Anti-HCV, HTLV, Sífilis y Chagas. Como se había explicado, los resultados de estas pruebas solamente arrojan 2 opciones: positivo y negativo. Sin embargo, para llegar a esa dicotomía, se obtiene un resultado cuantitativo que indica si el resultado es no reactivo (negativo). Ese resultado cuantitativo debe estar dentro de un rango permitido para confirmar el resultado negativo de la infección. El rango está establecido entre 0.000 y 0.800; sin embargo, según normas del Hospital Público, ese rango queda establecido entre 0.000 y 0.700. De esta manera, si el resultado de una prueba infecciosa es mayor a 0.700, la sangre tendrá un resultado positivo frente a esa infección lo que significa que esa sangre está contaminada y que, por tanto, tendrá que ser descartada.
- 7) Previo a la creación de las redes neuronales, dentro del programa R, antes del inicio de la codificación, se instalaron los paquetes de la librería que se usaron para la creación de la red neuronal. Estos paquetes son: MASS, neuralnet y caret (Ver anexo 2).

Luego de haber hecho la instalación correspondiente de los paquetes, se abrieron cada una de esas librerías (Ver anexo 3).

En una primera etapa, como parte del entrenamiento, se emplearon 844 datos y se han empleado 21 variables. Luego, en una segunda etapa, para la parte de las pruebas, se emplearon 120 datos y 21 variables.

En la primera etapa, para efectos de la prueba de concepto realizada, se consideraron 4 reacciones adversas. Se emplearon dos signos: Fiebre y urticaria, y dos síntomas: Prurito y Escalofríos. Como se van a trabajar con 4 reacciones adversas, se crearon 4 redes neuronales distintas para medir qué probabilidad existe de padecer la

reacción adversa luego de la transfusión sanguínea. Para determinar la probabilidad de padecer o no una reacción adversa, se tiene como base los registros de las transfusiones. Además, se importaron cuatro documentos distintos al RStudio y estos documentos fueron ubicados en un mismo directorio. En una segunda etapa, se utilizaron las 10 reacciones adversas para que sean procesadas dentro del RStudio. Además, se emplearon los 844 datos para el estudio.

El primer evento adverso, como ejemplo, fue la Fiebre. Se importó su archivo correspondiente en formato csv (Ver anexo 4).

Se digitaron una serie de códigos correspondientes a la estructura de la red y otras funciones como histograma, dimensión, resumen de variables, normalización de la data, modelo de datos para el entrenamiento y para la evaluación (Ver anexo 4).

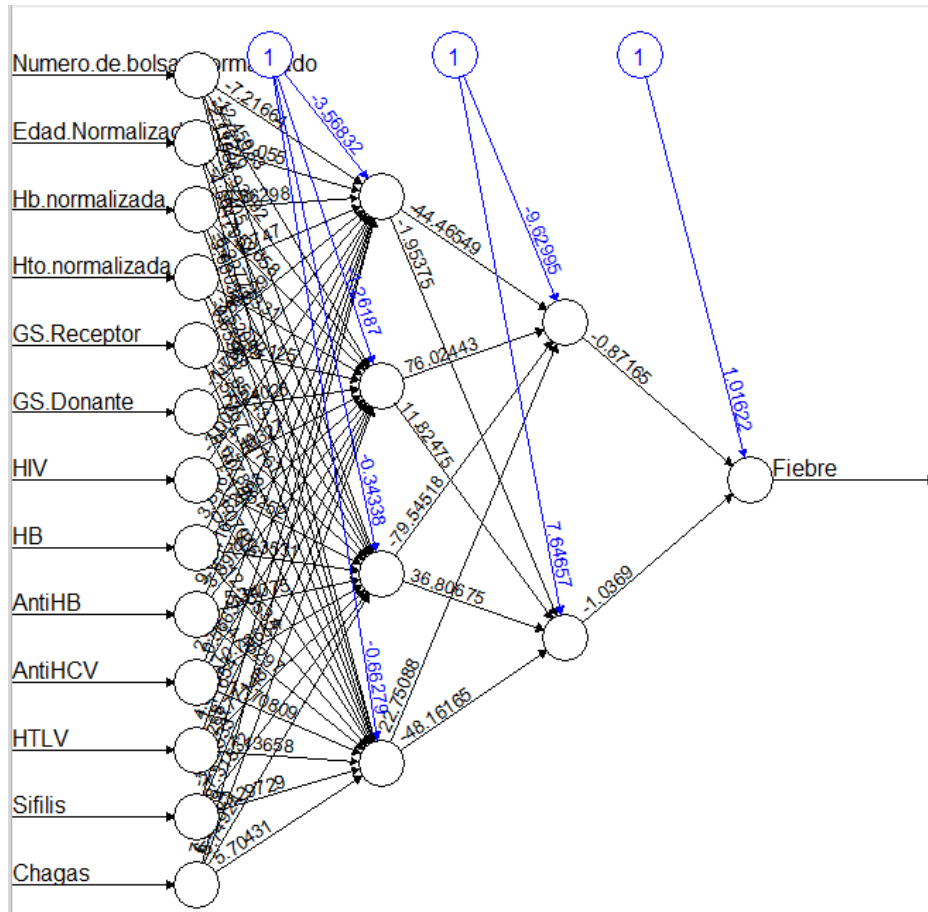
Luego de codificar todo lo necesario para la composición de la red neuronal, se codificó la configuración necesaria para juntar los componentes, formar la red neuronal y desplegarlo posteriormente (Ver anexo 4).

- 8) Una vez validado los datos para identificar el margen de error y haber colocado los códigos respectivos se procedió a la creación de la red neuronal.

En el caso del efecto adverso fiebre, en la figura 5.1 se muestra el siguiente diseño de red neuronal:

Figura 5.1

Red neuronal con fiebre como efecto adverso

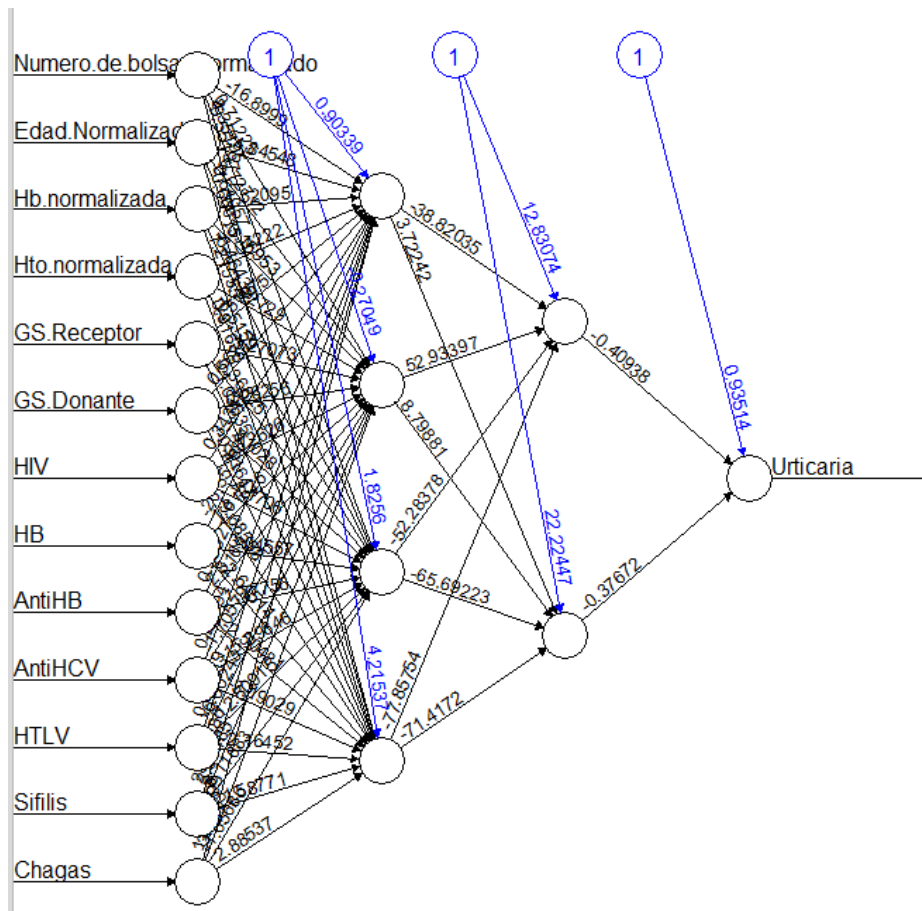


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de 1,01; lo cual indica que es probable que va a presentar la reacción adversa de fiebre en la transfusión sanguínea del receptor.

Pasando al caso del efecto adverso urticaria, en la figura 5.2 se tiene la siguiente red neuronal.

Figura 5.2.

Red neuronal con urticaria como efecto adverso

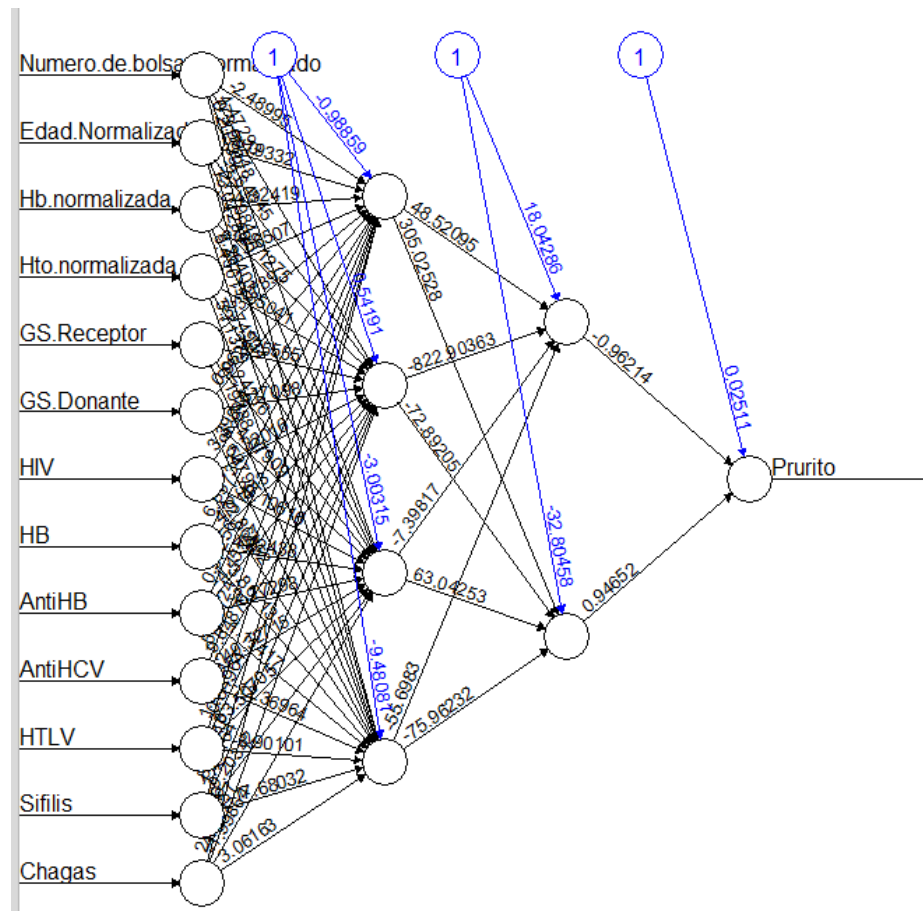


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de 0,93; lo cual indica que es probable que va a presentar la reacción adversa de urticaria en la transfusión sanguínea del receptor.

En el caso del efecto adverso prurito, en la figura 5.3 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.3

Red neuronal con prurito como efecto adverso

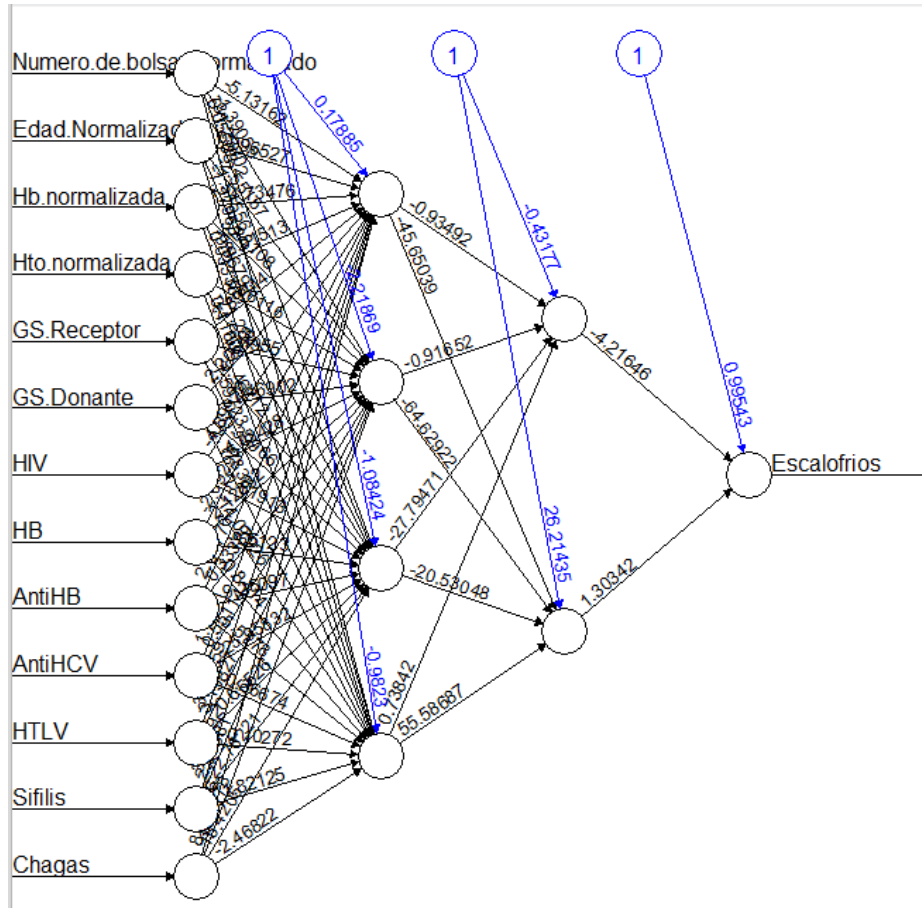


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de 0,025; lo cual indica que no es probable que va a presentar la reacción adversa de prurito en la transfusión sanguínea del receptor

Por último, en el efecto adverso escalofríos, en la figura 5.4 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.4

Red neuronal con escalofríos como efecto adverso

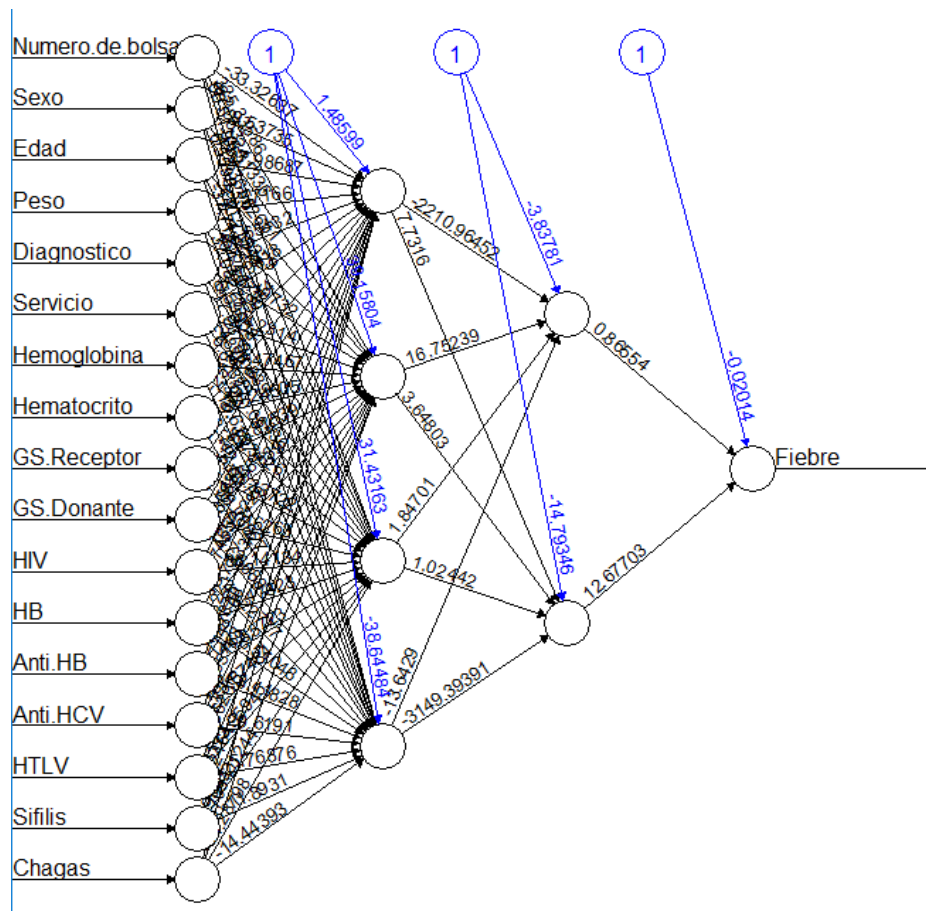


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de 0,99; lo cual indica que es probable que va a presentar la reacción adversa de escalofríos en la transfusión sanguínea del receptor.

Posteriormente, en una segunda etapa, vamos a diseñar las redes neuronales tomando como base los 844 datos y el hecho de que se han añadido cuatro variables a la capa de entrada: Sexo, peso, diagnóstico y servicio con la finalidad de obtener un mejor rendimiento. Se comenzó usando al signo fiebre para el diseño de la red neuronal, el cual se muestra en la figura 5.5 que se tiene a continuación.

Figura 5.5

Red neuronal con fiebre como reacción adversa con 844 datos

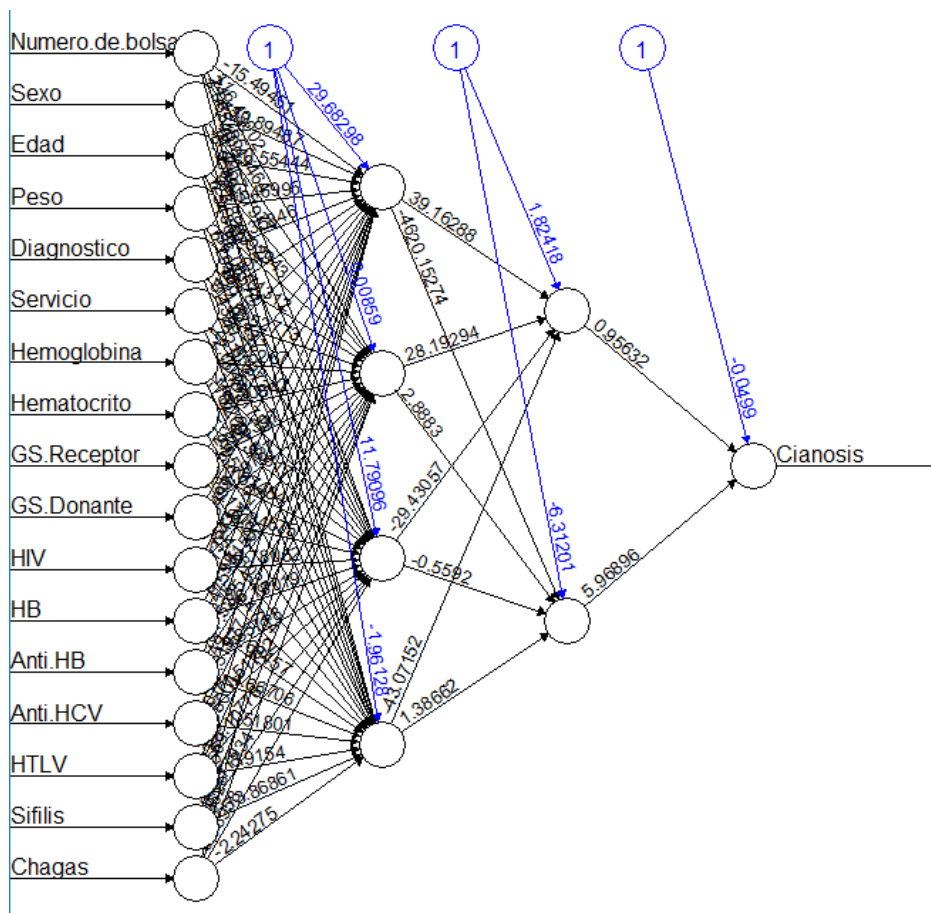


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de -0.02, lo cual indica que es muy poco probable que vaya a presentar la reacción adversa fiebre luego de la transfusión sanguínea

Para la reacción adversa cianosis, en la figura 5.6 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.6

Red neuronal con cianosis como reacción adversa con 844 datos

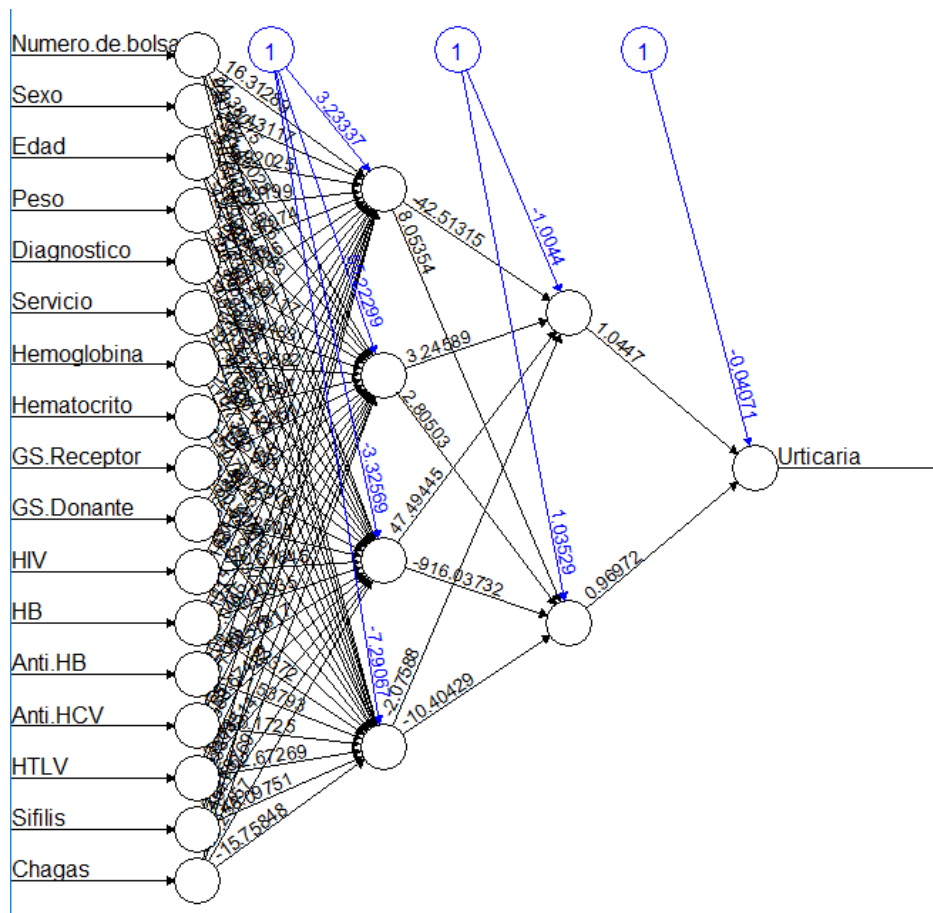


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de -0.04, lo cual indica que es muy poco probable que vaya a presentar la reacción adversa cianosis luego de la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa urticaria, en la figura 5.7 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.7

Red neuronal con urticaria como reacción adversa con 844 datos

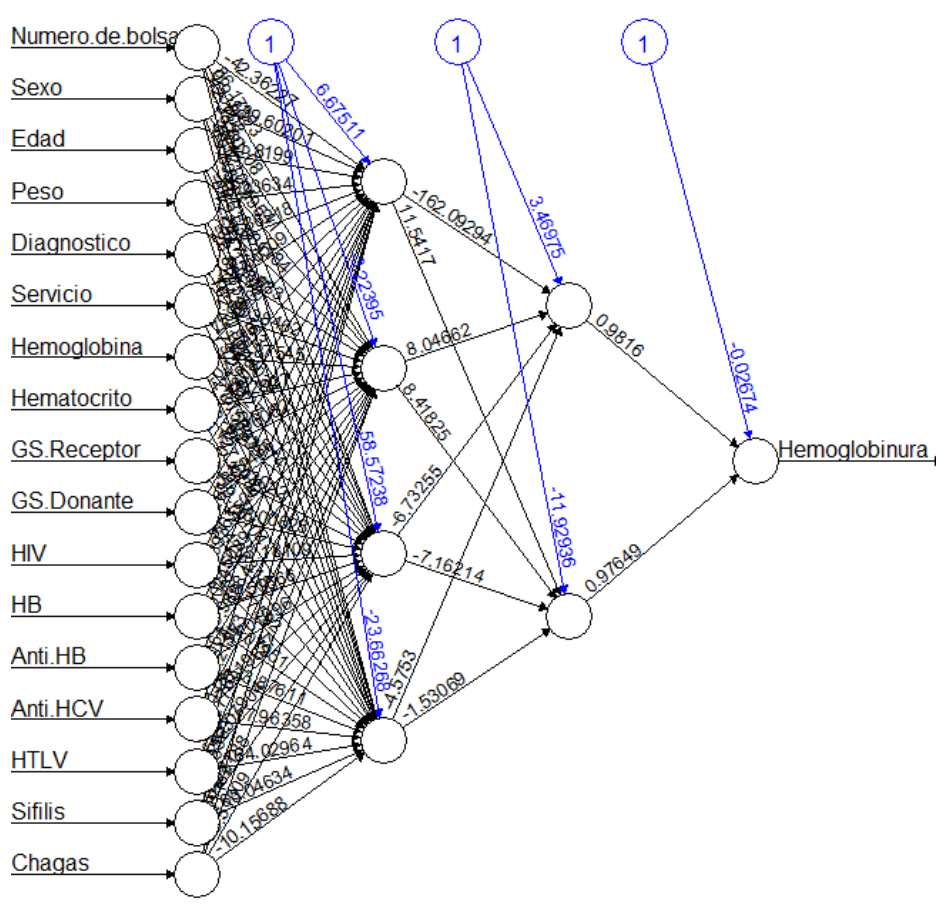


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de -0.04, lo cual indica también que es muy poco probable que vaya a presentar la reacción adversa urticaria luego de la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa hemoglobinuria, en la figura 5.8 se presenta la siguiente la red neuronal.

Figura 5.8

Red neuronal con hemoglobinura como reacción adversa con 844 datos

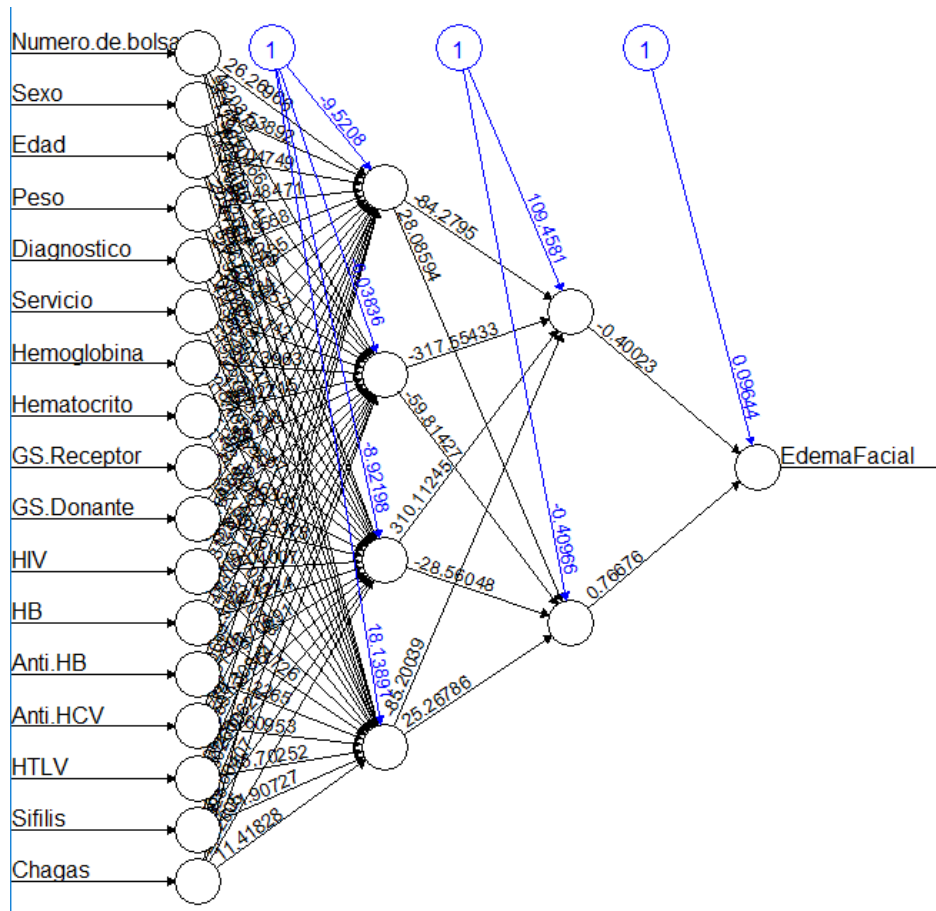


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de -0.02. Esto indica que es muy poco probable que vaya a presentar hemoglobinura luego de la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa edema facial, en la figura 5.9 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.9

Red neuronal con edema facial como reacción adversa con 844 datos

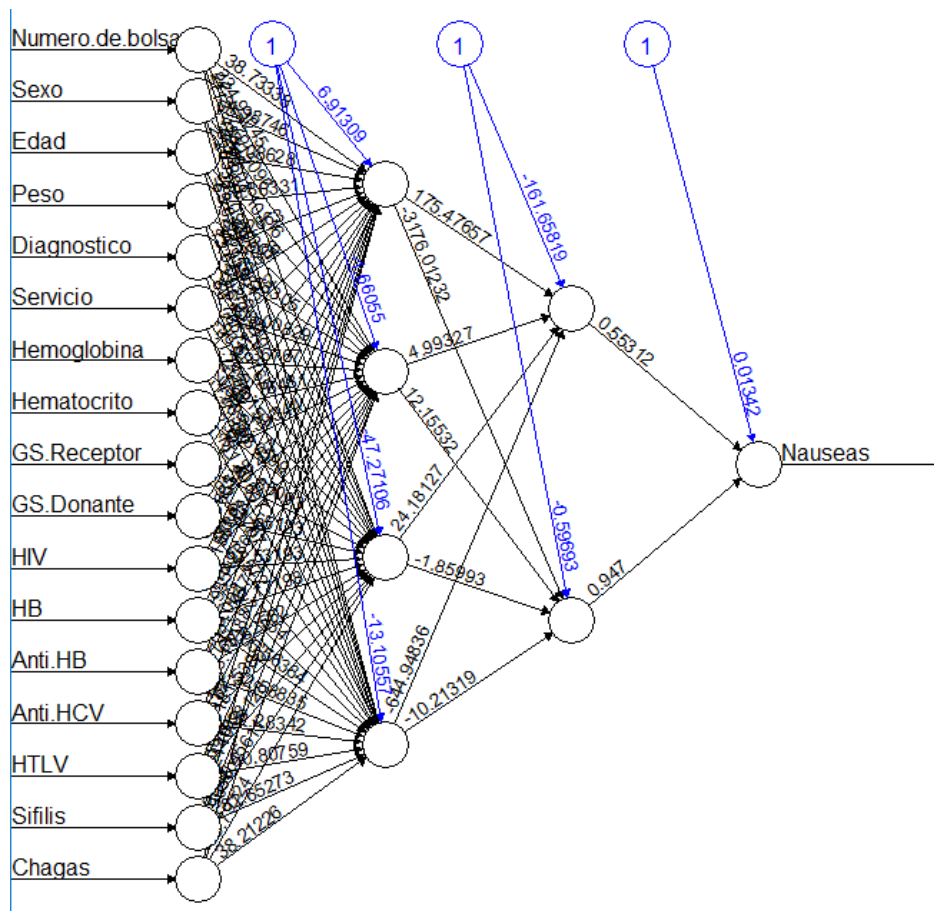


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, la red neuronal tiene un valor de 0.09, lo cual significa que hay pocas probabilidades de que vaya a presentar edema facial luego de haberse realizado la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa náuseas, en la figura 5.10 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.10

Red neuronal con náuseas como reacción adversa con 844 datos

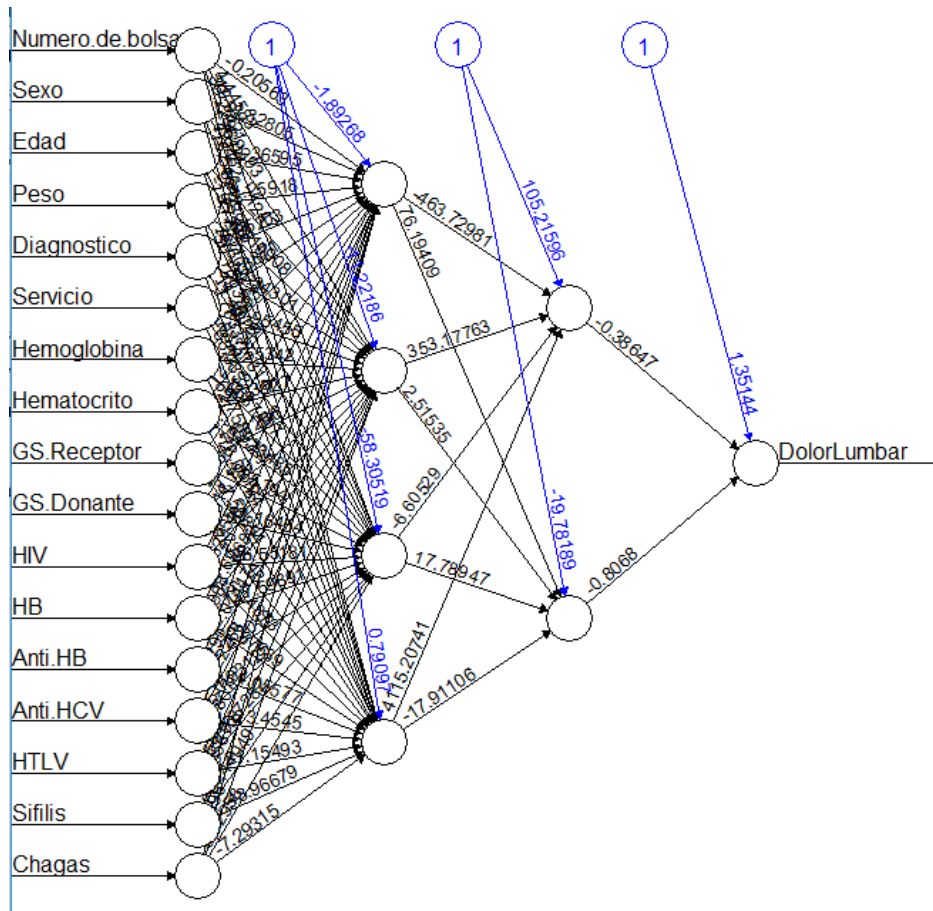


En relación al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el valor de la red neuronal es de 0.01, lo cual significa que hay pocas probabilidades de que vaya a presentar náuseas luego de haberse realizado la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa dolor lumbar, en la figura 5.11 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.11

Red neuronal con dolor lumbar como reacción adversa con 844 datos

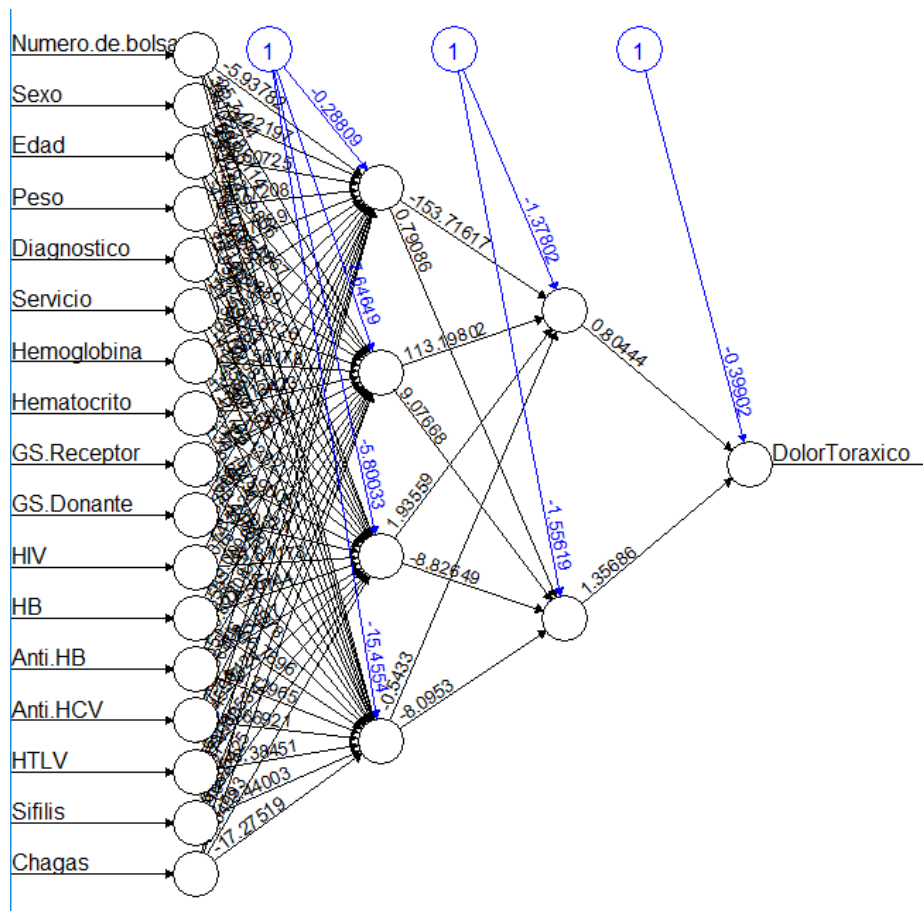


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el valor de la red neuronal es de 1.35, lo cual significa que hay muchas probabilidades de que vaya a presentar dolor lumbar luego de haberse realizado la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa dolor torácico, en la figura 5.12 se presenta la siguiente red neuronal.

Figura 5.12

Red neuronal con dolor torácico como reacción adversa con 844 datos

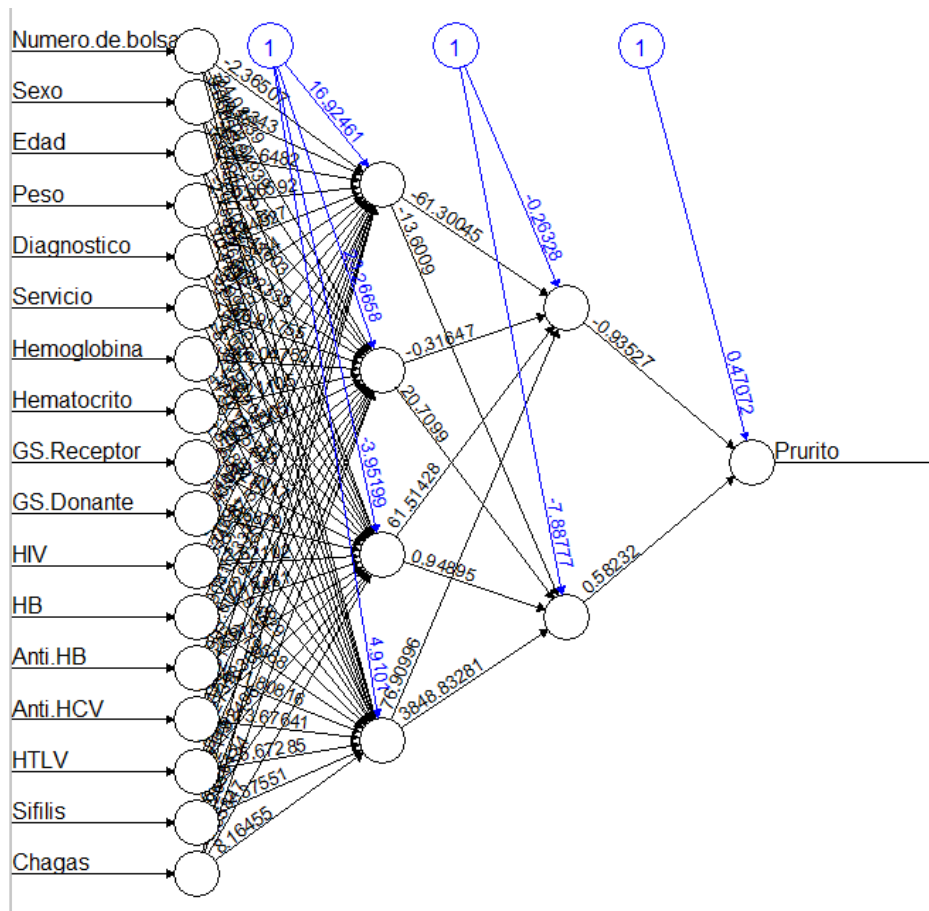


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el valor de la red neuronal es de -0.39, lo cual indica que hay escasa probabilidad de que vaya a presentar Dolor torácico luego de haberse realizado la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa prurito, en la figura 5.13 se muestra la siguiente red neuronal.

Figura 5.13

Red neuronal con prurito como reacción adversa con 844 datos

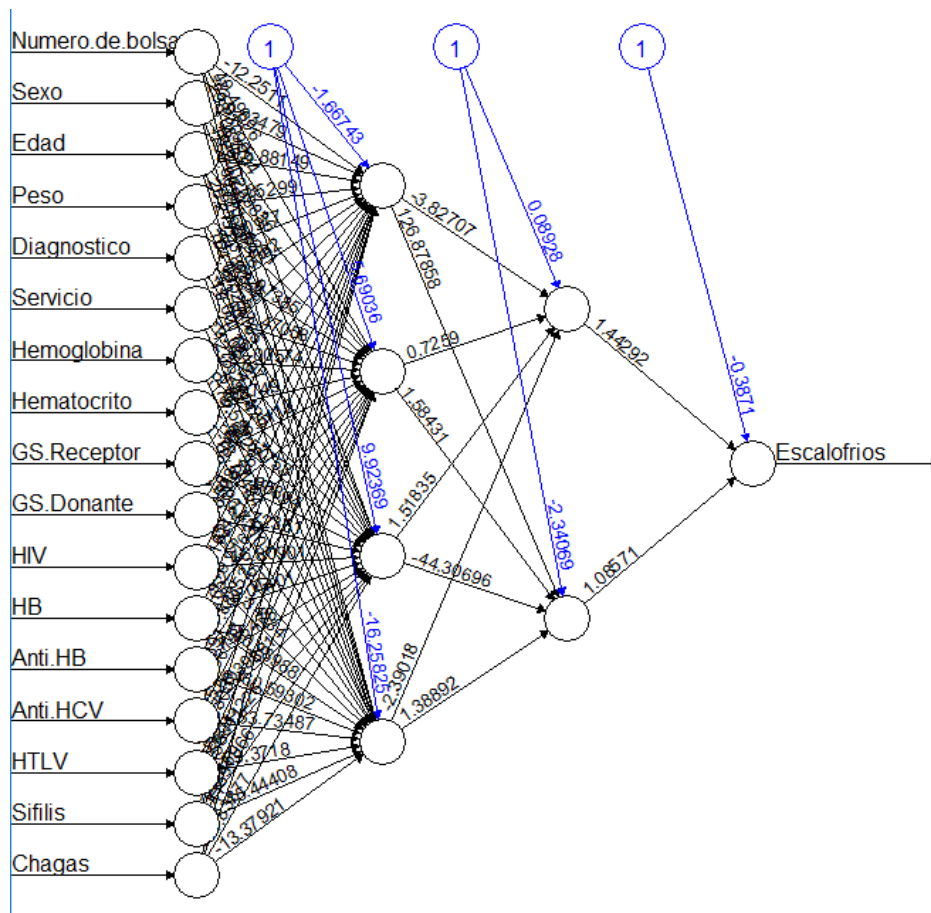


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el valor de la red neuronal es de 0.47. Esto indica que es muy probable que no vaya a presentar prurito luego de haberse realizado la transfusión sanguínea.

Para la reacción adversa de escalofríos, en la figura 5.14 se tiene la siguiente red neuronal.

Figura 5.14

Red neuronal con escalofríos como reacción adversa con 844 datos

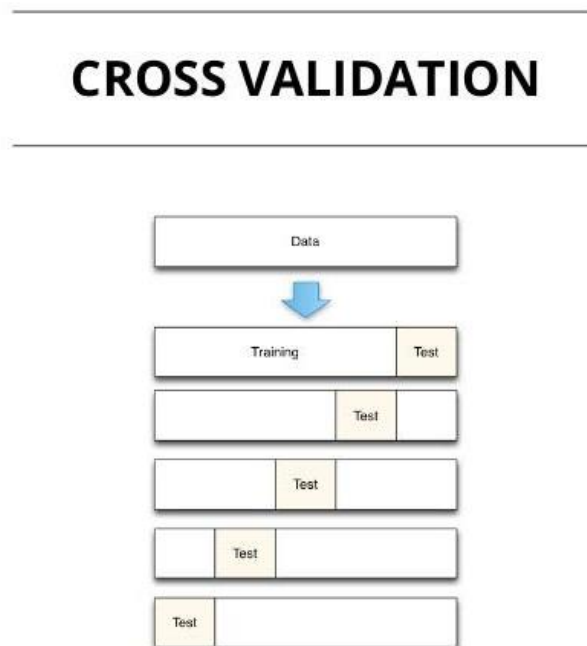


En base al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el valor de la red neuronal es de -0.38. Esto indica que es muy poco probable que vaya a presentar escalofríos luego de la realización de la transfusión sanguínea.

Para validar los resultados obtenidos, se plantea el uso del *cross-validation*. El *cross-validation* constituye una forma práctica y confiable de probar el poder de predicción de los métodos. Esto es necesario para cualquier técnica de *machine learning*. En una red neuronal se va a requerir de un conjunto de datos para entrenamiento, para pruebas y para validación para comprobar la optimización.

Figura 5.15

Diagrama de cross-validation



De acuerdo a la Figura 5.15, nos muestra la idea de cómo estaría aplicando este método de validación. Una parte de la población de datos es usada para la evaluación y una parte para el entrenamiento. La idea de aplicar cross-validation en este trabajo es que, al momento de obtener los resultados de las redes neuronales, estos datos sean totalmente confiables para las necesidades del banco de sangre de contar con información sobre las reacciones adversas.

Dentro de la población de 844 registros con los que se ha venido realizando la validación, se ejecutó la aplicación para probar su efectividad. Dentro del programa realizado, las variables que son tomadas en cuenta son las siguientes:

- Número de bolsas
- Sexo
- Edad
- Peso
- Diagnóstico
- Servicio
- Hemoglobina
- Hematocrito
- GS Donante
- GS Receptor
- Fiebre
- Cianosis
- Urticaria
- Hemoglobinuria
- Edema facial
- Náuseas
- Dolor lumbar
- Dolor torácico
- Prurito
- Escalofríos

- Índice crítico de reacciones adversas

Al tener definidas las variables que conforman la entrada de la red neuronal, se debe evaluar el programa tanto por la calidad de datos como por la cantidad de datos. Con esto se busca cumplir el objetivo específico “Identificar la frecuencia de las reacciones adversas inmediatas post-transfusión sanguínea”.

Sobre la calidad de datos, se empleó el *cross-validation* como parte de este estudio. Por medio de esta herramienta se planteó validar la solidez del conjunto de datos que se ingresó a la red. Puede ingresarse una, o dos, o más veces; pero en esta sección de pruebas solo se va a tomar en cuenta la calidad de los datos que se tienen registrados en la base de datos. Como parte del *cross-validation*, se importó la herramienta del *cross-validation* que proviene de la librería de *machine learning* de software libre *scikit learn* (*sklearn* de forma resumida). Es importante contar con esta herramienta porque el programa no va a llevar a cabo la validación sin la herramienta que le den soporte. Luego, para utilizar el *cross-validation*, se debe llamar a la función de ayuda `cross_val_score`. Dentro de esta función, se invoca a la red neuronal multicapa, que en este caso lo hemos denominado “mlp”. Además, dentro de la función se llama al conjunto de datos que serán parte del entrenamiento, que en este caso serían las 21 variables de entrada y que están agrupadas en una variable denominada “X”. Luego, se incluye en esta misma función a otro conjunto de datos que serán parte del *cross-validation*, y que será agrupada en una variable denominada “y”. Para estimar la precisión dentro del *cross-validation*, se debe ajustar el modelo y se ha establecido 10 cálculos de puntuación como parte de la herramienta de validación, ya que, dentro del total de datos, una parte fue entrenamiento (*training*) y otra parte fue para evaluación (*testing*). Los resultados del *cross-validation* para medir la calidad de los datos están representados de la siguiente manera.

Tabla 5.5

Resultados del cross-validation

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.483333	0.5593
0.55	0.4915
0.5932	0.5084
0.4745	0.5
0.5593	0.5344
Exactitud	0.53

Luego de realizar este cálculo, se realiza la medición de la exactitud (*accuracy*) de los resultados del *cross-validation*. Para ello, se calcula el promedio de los resultados, y su desviación estándar. Según los resultados de la tabla 5.5, se obtuvo un promedio de 0.53 de exactitud (Para ver el algoritmo usado para lo del *cross-validation* ver Anexo 6).

Aunque se ve que los valores obtenidos oscilan entre el 0.5 y el 0.6, es un indicador de que los resultados resultan confiables. No en un alto porcentaje de confiabilidad, pero en un porcentaje superior que resultaría apto para el programa que busca realizar la predicción de reacciones adversas.

Luego, se realiza el *cross-validation*, pero con otra sección de datos. De la misma forma, se invoca a la red multicapa y para estimar la precisión, se ajusta el modelo y se establecen 10 cálculos de puntuación dentro de la herramienta de validación. Se reitera que una parte de los datos fue para entrenamiento (*training*) y otra parte fue para evaluación (*testing*). Además, se calculó la exactitud de los resultados del *cross-validation* mediante el cálculo del promedio de resultados y de su desviación estándar. Todo este procedimiento se realizó nueve veces con la idea de contar con distintas secciones de datos empleadas tanto para entrenamiento como para evaluación. Además, se considera importante hacer varias pruebas para dar muestra de lo útiles que son los datos con los que se piensa ingresar en el programa. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 5.6; 5.7; 5.8; 5.9; 5.10; 5.11; 5.12; 5.13 y 5.14.

Tabla 5.6*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5	0.4746
0.5333	0.5424
0.5333	0.6207
0.4746	0.5345
0.4915	0.4828
Exactitud	0.52

Tabla 5.7*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5167	0.5085
0.6167	0.4746
0.4746	0.5424
0.5932	0.5172
0.5085	0.5345
Exactitud	0.53

Tabla 5.8*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.4667	0.661
0.5333	0.4483
0.45	0.4655
0.4833	0.5172
0.5932	0.5345
Exactitud	0.52

Tabla 5.9*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.53	0.5085
0.5	0.5424
0.5833	0.6034
0.5085	0.5
0.4407	0.5
Exactitud	0.52

Tabla 5.10*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5667	0.5763
0.4833	0.5345
0.5667	0.5517
0.6	0.5345
0.4746	0.4483
Exactitud	0.53

Tabla 5.11*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.55	0.5424
0.4333	0.5172
0.55	0.5345
0.5	0.5
0.5254	0.4828
Exactitud	0.51

Tabla 5.12*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.4833	0.5424
0.5667	0.5254
0.4833	0.5862
0.4746	0.5517
0.5763	0.6379
Exactitud	0.54

Tabla 5.13*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5	0.5254
0.5424	0.5763
0.5085	0.5593
0.4746	0.4746
0.5254	0.5345
Exactitud	0.52

Tabla 5.14*Resultados del cross-validation*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5166	0.4915
0.5254	0.5932
0.5423	0.4745
0.5423	0.4745
0.5254	0.4828
Exactitud	0.52

Luego de realizar las pruebas correspondientes con el *cross-validation*, y luego de analizar los resultados, se puede afirmar que los datos presentan un grado de calidad aceptable. Los resultados superan la media de exactitud (0.50), y aunque no presentan niveles altos, el valor indica que los datos están debidamente bien representados para ser ingresados al programa.

Hasta este momento, se ha visto demostrado que el uso de la red neuronal resulta apto para llevar a cabo el programa con el que se desea predecir las reacciones adversas. Sin embargo, como no todo estudio es perfecto, siempre hay el deseo de buscar propuestas a futuro y así mejorar lo que hay actualmente. Por eso, aparte de lo realizado en la red neuronal, se va a proceder a realizar la validación en otra herramienta de *machine learning*. En este caso, usa un árbol de clasificación y *cross-validation* para comprobar la calidad de los datos si se usan en esta herramienta. Con esto, se busca cumplir uno de los objetivos específicos: “Identificar la frecuencia de las reacciones adversas inmediatas post-transfusión sanguínea”.

El universo de datos es el mismo, por lo que se emplearon los 844 datos para la validación. Se van a definir dos variables: “x” e “y”, con el propósito de definir los bloques de datos que serán usados para la evaluación y el entrenamiento. Al igual que con redes neuronales, el total de datos se dividió en 10 bloques, de los cuales una parte fue para entrenamiento y otra parte para evaluación. Asimismo, debido a que se realizan las pruebas considerando las 10 reacciones adversas, se llevaron a cabo 10 pruebas usando el *cross-validation*. Cada reacción adversa, cuya cantidad de datos fue agrupada en una variable para hacer la respectiva validación.

Tabla 5.15

Resultados del cross-validation (Fiebre)

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5	0.5882
0.5294	0.5294
0.5294	0.4118
0.6471	0.4375
0.2941	0.5625
Exactitud	53.84
Precisión	0.5384

Tabla 5.16*Resultados del cross-validation (Cianosis)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.8333	0.9412
0.8889	0.9412
0.9412	0.9375
0.9412	0.8125
0.9412	0.9375
Exactitud	44.97
Precisión	0.4497

Tabla 5.17*Resultados del cross-validation (Urticaria)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5556	0.5882
0.5556	0.6471
0.6471	0.8125
0.6471	0.6875
0.7059	0.75
Exactitud	54.44
Precisión	0.5444

Tabla 5.18*Resultados del cross-validation (Hemoglobinuria)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.8333	0.7059
0.7778	0.875
0.8333	0.875
0.8824	0.875
0.8824	0.875
Exactitud	47.92
Precisión	0.4792

Tabla 5.19*Resultados del cross-validation (Edema Facial)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.8333	0.7059
0.7222	0.75
0.5	0.75
0.6471	0.5
0.7647	0.5625
Exactitud	54.44
Precisión	0.5444

Tabla 5.20*Resultados del cross-validation (Nauseas)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.8333	0.8235
0.8333	0.8824
0.7059	0.75
0.8235	0.8125
0.8235	0.8125
Exactitud	50.88
Precisión	0.5088

Tabla 5.21*Resultados del cross-validation (Dolor Lumbar)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.5882	0.5294
0.5294	0.5882
0.5294	0.4706
0.6471	0.5882
0.4706	0.5625
Exactitud	47.34
Precisión	0.4734

Tabla 5.22*Resultados del cross-validation (Dolor Torácico)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.7778	0.8824
0.6667	0.8235
0.7648	0.8125
0.8235	0.8125
0.8824	0.8125
Exactitud	58.58
Precisión	0.5858

Tabla 5.23*Resultados del cross-validation (Prurito)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.6668	0.8235
0.8235	0.8235
0.8235	0.8235
0.8235	0.5
0.8235	0.75
Exactitud	53.25
Precisión	0.5325

Tabla 5.24*Resultados del cross-validation (Escalofríos)*

Cantidad de datos	Tiempo de espera
0.6111	0.6471
0.4706	0.4118
0.7647	0.6471
0.5294	0.3125
0.2535	0.625
Exactitud	46.15
Precisión	0.4615

Conclusiones de la validación

En base a los resultados obtenidos en las tablas 5.15; 5.16; 5.17; 5.18; 5.19; 5.20; 5.21; 5.22; 5.23 y 5.24, se llega a la conclusión de que la herramienta de red neuronal sí resulta apta para llevar a cabo la validación. Asimismo, al compararlo con otra herramienta de machine learning como el árbol de clasificación, se comprueba que la red neuronal no es inferior hacia otra herramienta. Esto último se puede interpretar como una proposición a futuro en el que se puede investigar el uso de otra herramienta de *machine learning* con el propósito de llevar a cabo una predicción como la que se está estudiando en este trabajo.

Es importante reiterar que al querer proponer la red neuronal como solución no significa haber cerrado las puertas al uso de otras herramientas de *machine learning*. Se considera que esta investigación puede ser el punto de partida para abrir las investigaciones hacia estas otras herramientas como el árbol de clasificación para enriquecer mejor el estudio sobre la necesidad de predicción teniendo siempre en cuenta una cantidad determinada de variables que puedan servir de punto de partida para llegar a resultados esperados.

Pruebas de desempeño

Luego de realizar la parte de la validación de la calidad de los datos con los que ingresan al programa, ahora corresponde estudiar la parte cuantitativa. Se debe comprobar qué cantidad de datos puede soportar el programa con tal de que pueda emitir resultados. No se desea averiguar qué es lo que sale de resultados, sino cómo está rindiendo el programa para que pueda emitir los resultados. Para ello, se realizan pruebas de complejidad.

Como parte de la medición del desempeño, un factor importante es qué tanto se demora en dar la respuesta si al conjunto de datos se duplica o triplica. Conviene preguntarse si eso afecta al tiempo de emisión de respuesta del programa para dar la predicción adecuada. Es por eso que, como parte de las pruebas de complejidad, se realiza una prueba de estrés con el propósito de medir el rendimiento del programa. A diferencia del *cross-validation*, aquí se mide el funcionamiento del programa mediante la cantidad de datos que se ingresen y no por la calidad, debido a que el *cross-validation* se encarga de la calidad de la información con la que se ingresa al programa para llevar a cabo la predicción.

Dentro de las pruebas de estrés se ha considerado hacer una comparación de rendimientos tomando en cuenta la cantidad de datos. Actualmente se tiene 844 datos con los que estado llevando a cabo el estudio. Por ello, se parte de esta cantidad para un primer análisis dentro de la prueba de estrés. En un segundo estudio, se aumenta la cantidad a 3000 datos. Luego, en un tercer estudio, se aumenta la cantidad a 6000 datos. Esto permite medir al máximo el programa diseñado y ver si está apto para soportar semejante tamaño de datos que el sistema debe procesar. Los resultados de la prueba de estrés se muestran en la tabla 5.25.

Tabla 5.25

Resultados de prueba de estrés

Cantidad de datos	Tiempo de respuesta
844	10 s
3000	22s
6000	29 s

CONCLUSIONES

En base a las pruebas ejecutadas, y de lo que se pudo llevar a cabo, se llega a la conclusión de que la red neuronal resulta ser apta para llevar a cabo la validación. Con un valor superior a 0.50 en la probabilidad de padecer alguna de las 10 reacciones adversas, se garantiza la calidad de los datos con los que se piensa ingresar al programa. Asimismo, los intervalos dentro del *cross-validation* muestran una tendencia favorable hacia esta herramienta de *machine learning*.

De otro lado, se ha comprobado con éxito el uso de otra herramienta, cuyos resultados también muestran una tendencia favorable, lo que garantiza la misma calidad que en el *machine learning*. Esto puede ser un indicador de que un futuro pueda adoptarse, además de la red neuronal, un árbol de clasificación como herramienta de predicción.

En lo que respecta a los objetivos del trabajo de investigación, se considera que la propuesta ha emitido resultados con los que indica si la probabilidad de padecer o no es alta o baja. Los valores pueden oscilar entre -0.5 hasta más de 1. Sin embargo, se puede considerar también que el funcionamiento del sistema puede ser mejor si se trabajase con otras herramientas de *machine learning*. El haber empleado red neuronal como solución no es razón para cerrar la alternativa a otras herramientas como el árbol de clasificación.

En relación al objetivo específico “Identificar la frecuencia de las reacciones adversas inmediatas post-transfusión sanguínea”, se ha cumplido con dar la información necesaria para que haya un mejor conocimiento sobre reacciones adversas y sobre su importancia en el funcionamiento de la solución.

Sobre el objetivo específico “Seleccionar las variables que influyen en las reacciones adversas observadas en el proceso de la transfusión sanguínea del receptor y del donante”, el estudio ha cumplido con indicar que, con más de un 70% de precisión y menos de un 20% en el ratio de error, las variables que se eligieron para llevar a cabo el estudio han sido las adecuadas. Este mismo resultado se obtuvo en la segunda etapa del estudio, cuando se agregaron 4 variables de entrada más.

En cuanto al objetivo específico “Implementar el tipo de red neuronal aplicable al problema propuesto a fin de predecir las reacciones adversas post-transfusión sanguínea”, el programa ha mostrado una interfaz sencilla en la que se ingresan los datos y en los que, al procesarlos, se emite la probabilidad de que se vaya o no a padecer determinada reacción adversa.

En términos generales, del estudio llevado a cabo, se concluye que el presente trabajo de investigación ha mostrado a fondo la importancia de contar con un sistema de predicción, ya que a los médicos que trabajan en el hospital en el área de donación de sangre esto les serviría de mucha ayuda para poder conocer mejor el estado de salud de sus pacientes cuando son transfundidos con sangre. Según el jefe del banco de sangre, contar con la herramienta que se ha querido plantear en este trabajo sería de gran ayuda para el personal y proporciona un mejor servicio dando beneficios tanto al paciente como a los médicos que los atienden.

Por último, se considera que el plantear el uso de otras herramientas abriría futuras investigaciones y daría espacio y mayor cobertura a temas de mucha importancia a nivel mundial, como la donación de sangre y la implicancia de la tecnología para dar un mejor servicio hacia los pacientes.

REFERENCIAS

- Allende, L. (2016). *Reacciones adversas a la transfusión sanguínea* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Tecámac]. https://www.researchgate.net/profile/Luis_Allende3/publication/304463041_REACCIONES_ADVERSAS_A_LA_TRANSFUSION_SANGUINEA/links/5770818708ae842225aa48b1/REACCIONES-ADVERSAS-A-LA-TRANSFUSION-SANGUINEA.pdf
- Ayala, L., Letelier, S., & Zagal, P. (2009). *Modelo de Redes Neuronales para la Predicción de la Variación del Valor de la Acción de First Solar* [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. <http://docplayer.es/2219993-Modelo-de-redes-neuronales-para-la-prediccion-de-la-variacion-del-valor-de-la-accion-de-first-solar.html>
- Ballester, J. M., Alfonso, M. E., Ballester, L., Bencomo, A. A., Cortina, L., & Macías, C. (2004). *Procederes de bancos de sangre y servicios de transfusiones*. Instituto de Hematología e Inmunología, Organización Panamericana de la Salud.
- Baptista, H. (2013). Efectos nocivos agudos de las transfusiones. Propuestas para el Sistema de Hemovigilancia en México. *Gaceta Médica de México*, 149(1), 94-101.
- Basogain, X. (2008). *Redes neuronales artificiales y sus aplicaciones*. Open Course Ware. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/9047/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf
- Berro, M., Insagaray, J., Barindelli, P., Sosa, E., Marcalain, V., Gonzalez, J., Lamela, N., Fraga, M., Rivas, G., Lemos, F., & Rodríguez, I. (2016). Implementación de un sistema de hemovigilancia en el Hospital de Clínicas de Uruguay. *Revista Médica Uruguaya*, 32(4), 268-273.
- Boza, M. D. C., & Medal, S. N. (2015). *Indicaciones de hemocomponentes en pacientes del servicio de ginecología del Hospital Alemán Nicaragüense de Julio 2013*

a Diciembre 2013 [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/1536/>

Carranza, S. (2014). *Implementación de un sistema de información para el reconocimiento de caracteres basado en la red neuronal perceptron* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5956/CARRANZA_SAMMY_IMPLEMENTACION_SISTEMA_DE_INFORMACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrasco, M. A. (2017). *Implantación de un sistema de información web basado en Workflow para mejorar la gestión de los centros de hemoterapia y bancos de sangre tipo I: el caso Hospital de Chancay* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/6604>

Cobos, M. (2015). *Uso apropiado de la sangre y sus componentes en los pacientes de la Unidad de Terapia Intensiva y Servicio de Cirugía General del Hospital Provincial Isidro Ayora de Loja, en el periodo comprendido de febrero a julio del 2014, en relación a las guías internacionales de transfusiones sanguíneas* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18938>

Custodio, J. (2009). *Principales métodos de diagnóstico inmunológico-Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo* (Código de Páctica 062ac03464). <https://es.slideshare.net/jcustodio91/guia-i-principales-mtodos-de-diagnostico-inmunolgico>

De Vries, R. R. P. (2009). Haemovigilance: recent achievements and developments in the near future. *ISBT Science Series*, 4(1), 60-62.

Directiva Sanitaria N° 067, Directiva sanitaria para el uso y control del sello nacional de calidad de sangre, Ministerio de Salud, Lima, Perú, 29 de diciembre de 2015.

Estuco, L. M. (2011). *Criterios utilizados para indicación de transfusión de paquetes globulares en pacientes del hospital Hipólito Unanue de Tacna, durante el periodo de octubre - diciembre 2016* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://redi.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/359>

- Faber, J. C. (2004). The European Blood Directive: a new era of blood regulation has begun. *Transfusion medicine*, 14(4), 257-273.
- Gil, E., & Rodríguez, E. (2010). *Sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos basado en redes neuronales* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3222>
- Guevara, A. (2013). *Microbiología y Parasitología General para Enfermería*. <https://es.scribd.com/document/227787617/Microbiologia-Enfermeria-2013>
- Guevara, A. V., Franco, R., Orellana, E., Marroquin, S., & Castillo, J. A. (2008). *Guía de práctica clínica para el buen uso de la sangre, sus Componentes y derivados – EL Salvador. Ministerio de Salud y asistencia Social y Organización Panamericana de la Salud*. http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/guia/Guia_buen_uso_sangre_y_derivados.pdf
- Gutiérrez, A. (2017). Banco de sangre (Funciones). <http://docplayer.es/27820300-Banco-de-sangre-funciones.html>
- Gutiérrez, F. (2015). *Estudio hidroquímico y valoración nutricional de las aguas minerales naturales de España* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=46867>
- Gutiérrez-Camacho, P. J., García-García, J. J., Zarazúa-Turrubiate, P., & Rojo, J. (2007). Reacciones transfusionales en el Hospital General de México. Revisión retrospectiva de cinco años. *Revista Médica del Hospital General de Mexico*, 70(2), 67-72.
- Hamachila, A. (2005). *Reacciones Adversas Transfusionales: Estado del conocimiento y estrategia para el mejor desempeño Profesional y Técnico* [Tesis de licenciatura, Universidad Central Marta Abreu de las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/590>
- Hospital Cayetano Heredia (2014). *Guía técnica de procedimientos operativos estándar del Centro De Hemoterapia y Banco De Sangre Tipo II del Hospital Cayetano Heredia*.

http://www.hospitalcayetano.gob.pe/transparencia/images/stories/resoluciones/RD/RD2015/rd_062_2015.pdf

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mc Graw-Hill Education.

Hinton, G. (1992). *How Neural Networks Learn from Experience*.
https://www.academia.edu/631731/How_neural_networks_learn_from_experience

Jain, A., & Kaur, R. (2012). Hemovigilance and blood safety. *Asian journal of transfusion science*, 6(2), 137-138.

Jiménez, J. M. (2013). *Pronóstico de demanda de llamadas en los call center, utilizando redes neuronales artificiales* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura].
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1745>

Jiménez-Marco T. (2015, 11-15 de junio). *Impacto de la hemovigilancia en la seguridad y en la calidad de la transfusión sanguínea en España. Medidas adoptadas, resultados y retos pendientes*. Trabajo presentado en el Primer Congreso Hispano-Portugués de Medicina Transfusional Y Terapia Celular - 26 Congreso Anual de la SETS. <http://www.sets.es/index.php/cursos/biblioteca-virtual/congresos-1/congreso-2015/406-libro-congreso-2015/file>

Knowles S, & Cohen H. (2011). *The 2010 Annual SHOT Report*.
<https://www.shotuk.org/shot-reports/report-and-summary-2010-2/>

Ley N° 26454, Plataforma digital única del Estado Peruano, Lima, Perú, 25 de mayo de 1995.

Linares, V. (2014). *Hemovigilancia: reacciones adversas a la transfusión en el Instituto Nacional De Cancerología* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma De México].
<http://incan-mexico.org/incan/docs/tesis/2014/altaespecialidad/Tesis%20MT%20Linares.pdf>

Luna-González, J. (2007). La reacción transfusional. *Gaceta Médica de México*, 143(2), 33-37.

Martínez, A. (2010). *Modelo predictivo de transfusión sanguínea en cirugía de revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea* [Tesis doctoral,

- Universidad Autónoma de Barcelona]. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/127242> Martínez Martínez, A., Rivero Jiménez, R. A., y Fernandez Delgado, N. (Julio de 2015). <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubheminhem/rch-2015/rch153g.pdf>
- Martínez, A., Rivero, R. A., & Fernández, N. (2015). Efectos adversos en la cadena transfusional en el Instituto de Hematología e Inmunología. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 31(3), 288-300.
- Mejía, A. M. (2009). Importancia clínica de la hemovigilancia. La gestión en la seguridad transfusional y la hemovigilancia. *Revista Mexicana de Medicina Transfusional*, 2(1), 90-94. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=21936>
- Ministerio de Salud del Perú (2007). *Lineamientos de política del PRONAHEBAS*. http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1087_DGSP264.pdf
- Ministerio de Salud Pública de Ecuador (2013). *Guía de Práctica Clínica (GPC): Transfusión de sangre y sus componentes, Programa Nacional de Sangre y Dirección Nacional de Normatización, Quito, Ecuador* (1ra ed.). <http://salud.gob.ec>
- Muñoz, E., Espinoza, J., & Rivera, L. (2012). Un sistema basado en redes neuronales artificiales para diagnóstico de anemia ferropénica. *Revista De Investigación De Sistemas E Informática*, 9(1), 35-43.
- Muñoz, J. (02 de junio de 2018). *Inteligencia computacional inspirada en la vida*. SPICUM. <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4686/LECCION%20INAUGURAL%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, R., & Rodríguez, M. (2015). Conocimientos y actitudes de adultos no donantes de la ciudad de Madrid, España, sobre la donación de sangre. *Revista Uruguaya de Enfermería*, 10(2) 1-11.
- Murphree, D. H., Clifford, L., Lin, Y., Madde, N., Ngufor, C., Upadhyaya, S., Pathak, J. & Kor, D. J. (2015, 21-23 de octubre,). *Predicting Adverse Reactions to Blood Transfusion*. Trabajo presentado en la 2015 International Conference on

Healthcare Informatics. Recuperado de
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7349678/authors#authors>

Organización Mundial de la Salud (2001). *El Uso Clínico de la Sangre en Medicina General Obstetricia Pediatría y Neonatología Cirugía y Anestesia Trauma y Quemaduras*. Biblioteca de la OMS.
https://www.who.int/bloodsafety/clinical_use/en/Manual_S.pdf?ua=1

Quizhpe, D. I. (2010). *Evaluación del suministro de sangre y hemoderivados, en el banco de sangre de la ciudad De Loja en el año 2008* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/7774>

Ramos, M. D. (2010). *Frecuencia de reacciones transfusionales en el servicio de medicina interna del Hospital Regional de Alta Especialidad de Veracruz* [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana].
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/36134/1/ramosriveramariadolores.pdf>

Sánchez, J., García, R. M., & Rosiles, R. (2012). Procedimiento de hemovigilancia en la práctica clínica complementaria de médicos residentes en Patología Clínica. *Revista Latinoamericana De Patología Clínica*, 59(4), 212-221.

Serrano, A. (2004). *Aplicación de las redes neuronales artificiales a la predicción del resultado a corto, medio y largo plazo del trasplante renal pediátrico* [Tesis doctoral, Universitat de València]. <https://core.ac.uk/reader/70999344>

Serrano, A., Soria, E., & Martín, J. (2010). Redes neuronales artificiales. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Curso de Doctorado*, 15-19.

Silva, H. M. (2011). *Programa de hemovigilancia para los servicios de salud de la provincia de Matanzas* [Tesis doctoral, Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas].
<http://tesis.sld.cu/index.php?P=FullRecordyID=375yReturnText=Search+Result+syReturnTo=index.php%3FP%3DAdvancedSearch%26Q%3DY%26FK%3DSilva%2BBallester%26RP%3D5%26SR%3D0%26ST%3DQuick>

Soria, E., & Blanco, A. (2007). *Redes Neuronales Artificiales*. Recuperado de 2016, de http://www.acta.es/medios/articulos/informatica_y_computacion/019023.pdf

- Sprockel, J. J., Diaztagle, J. J., & González, E. (2017). Diagnóstico automático del síndrome coronario agudo utilizando un sistema multiagente basado en redes neuronales. *Revista colombiana de cardiología*, 24(3), 255-260.
- Vásquez, I. (2012). *Reacciones y efectos adversos en pacientes transfundidos en el Hospital PNP Luis N. Sáenz de Setiembre a Diciembre del 2010* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor De San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3212>
- Yang, J., Ma, J., Berryman, M., & Pérez, P. (2014, 6-11 de julio). *A structure optimization algorithm of neural networks for large-scale data sets*. Trabajo presentado en la 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE) (pp. 956-961). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6891662>

ANEXOS

Anexo 1: Codificación de la bolsa cuádruple y modelo de etiquetado de las bolsas colectoras de sangre

The diagram shows a TERUMO blood collection bag label with various fields and callouts. A yellow box on the left contains the text "SELLO NACIONAL DE CALIDAD DE SANGRE". Callouts on the right identify specific fields: "Iniciales de la" (initials of the person), "Nº de" (number), "Grupo" (group), "Iniciales del donante" (donor initials), "Iniciales del Hemocompon" (hemocomponent initials), "Registro de Volumen del" (volume record), "Fecha de caducidad" (expiration date), "Código de la persona que realizo el fraccionamiento" (fractionation code), and "Código de Barras de la" (barcode code). The label itself contains the following information: "TERUMO BOLSA CUÁDRUPLE CPD-OPTISOL, 450 ml", "BOLSA PARA FRACCIONAR SANGRE CON SOLUCIÓN CPD-OPTISOL", "CE 0120", "GR 5418", "OP", "V.R.A", "300", "11.10.11", "21.11.11", "14-01-2014", "Hospital Nacional Cayetano Heredia", "20115418", "DONANTE", "PG", "12", "1TPOBB3265", and "(000)15".

SELLO NACIONAL DE CALIDAD DE SANGRE

Iniciales de la

Nº de

Grupo

Iniciales del donante

Iniciales del Hemocompon

Registro de Volumen del

Fecha de caducidad

Código de la persona que realizo el fraccionamiento

Código de Barras de la

Anexo 2: Paquetes

Install Packages

Install from: [? Configuring Repositories](#)
Repository (CRAN, CRANextra) ▾

Packages (separate multiple with space or comma):
MASS

Install to Library:
C:/Users/LUIS DIEGO/Documents/R/win-library/3.4 [Default] ▾

Install dependencies

Install **Cancel**

Install Packages

Install from: [? Configuring Repositories](#)
Repository (CRAN, CRANextra) ▾

Packages (separate multiple with space or comma):
neuralnet

Install to Library:
C:/Users/LUIS DIEGO/Documents/R/win-library/3.4 [Default] ▾

Install dependencies

Install **Cancel**

Install Packages

Install from: [? Configuring Repositories](#)
Repository (CRAN, CRANextra) ▾

Packages (separate multiple with space or comma):
caret

Install to Library:
C:/Users/LUIS DIEGO/Documents/R/win-library/3.4 [Default] ▾

Install dependencies

Install **Cancel**

Anexo 3: Librerías

```
1 library(MASS)
2 library(neuralnet)
3 library(caret)
```

Anexo 4: Codificación de la estructura de red

```
prueba <- read.csv("DatosReceptoresDonantes(Fiebre1).csv")

#Structure of the data
str(prueba)

#Histogram
hist(prueba$Fiebre)

#Check the dimension of this data frame
dim(prueba)

#Check first 3 rows
head(prueba,3)

#Check the summary of each variables
#This will give min and max value for each of the variable
apply(prueba,2,range)

#Normalizar la data en el intervalo [0,1]
#Normalización es necesario de manera que cada variable está a escala apropiadamen
#y ninguna de sus variables sobredominada
#Función escala dará promedio =0 y desviación estándar=1 para cada variable

maxvalue <- apply(prueba, 2, max)
minvalue <- apply(prueba, 2, min)

prueba <- as.data.frame(scale(prueba,center = minvalue, scale = maxvalue - minvalu

#Lets create the train and test data set
ind <- sample(1:nrow(prueba),120)
trainDF <- prueba[ind,]
testDF <- prueba[-ind,]

#Lets take some configuration for neural network

allvars <- colnames(prueba)
predictorVars <- allvars[!allvars%in%"Escalofrios"]
predictorVars <- paste(predictorVars,collapse = "+")
form = as.formula(paste("Escalofrios~",predictorVars,collapse = "+"))

neuralModel <- neuralnet(formula =form,hidden = c(4,2), linear.output = T,
                        data = trainDF)

#Plot the neural net
plot(neuralModel)
```

Anexo 5: Cantidad de transfusiones de hemocomponentes por año

	Año 2016	Año 2017	Primer trimestre del 2018
Glóbulos rojos	6741 (51.6%)	7188 (53.8%)	1751 (58.9%)
Plaquetas	2491	2796	453
Plasma	3720	3303	743
Crioprecipitado	113	67	21
TOTAL	13065	13354	2968

Fuente – Estadística informática de un hospital público

Anexo 6: Algoritmo usado para cross-validation

```
[96] from sklearn import cross_validation
```

Haz doble clic (o pulsa Intro) para editar

```
[97] scores = cross_validation.cross_val_score(mlp, X, y, cv=10)
```

```
[98] scores
```

```
↳ array([0.48333333, 0.55          , 0.59322034, 0.47457627, 0.55932203,
         0.55932203, 0.49152542, 0.50847458, 0.5          , 0.53448276])
```

```
[99] print("Accuracy: %0.2f (+/- %0.2f)" % (scores.mean(), scores.std() / 2)).
```

```
↳ Accuracy: 0.53 (+/- 0.02)
```



```
> summary(cp_datos <- princomp(datos, cor = FALSE))
Importance of components:
      Comp.1      Comp.2      Comp.3      Comp.4      Comp.5      Comp.6      Comp.7      Comp.8
Standard deviation 23.6346707 14.0550317 6.25769718 1.801003958 1.44921434 0.946711492 0.89829877 0.6031457719
Proportion of Variance 0.6934735 0.2452418 0.04861383 0.004026801 0.00260733 0.001112669 0.00100178 0.0004516223
Cumulative Proportion 0.6934735 0.9387153 0.98732914 0.991355945 0.99396328 0.995075945 0.99607772 0.9965293469
      Comp.9      Comp.10      Comp.11      Comp.12      Comp.13      Comp.14      Comp.15
Standard deviation 0.5448552919 0.5253930449 0.5191247013 0.5073287809 0.5055146485 0.4998871542 0.4913201223
Proportion of Variance 0.0003685472 0.0003426884 0.0003345601 0.0003195286 0.0003172475 0.0003102235 0.0002996815
Cumulative Proportion 0.9968978941 0.9972405825 0.9975751427 0.9978946713 0.9982119188 0.9985221424 0.9988218238
      Comp.16      Comp.17      Comp.18      Comp.19      Comp.20      Comp.21
Standard deviation 0.4763601827 0.4691299727 0.4638516309 0.4546237576 2.072214e-01 1.929901e-01
Proportion of Variance 0.0002817096 0.0002732229 0.0002671093 0.0002565872 5.330891e-05 4.623819e-05
Cumulative Proportion 0.9991035335 0.9993767564 0.9996438657 0.9999004529 9.999538e-01 1.000000e+00
```

```
> summary(cp_datos_cor <- princomp(datos, cor = TRUE))
Importance of components:
      Comp.1      Comp.2      Comp.3      Comp.4      Comp.5      Comp.6      Comp.7      Comp.8      Comp.9
Standard deviation 1.461540 1.36608643 1.24304049 1.15828275 1.10410567 1.07463166 1.04998706 1.04156284 1.02094452
Proportion of Variance 0.101719 0.08886629 0.07357855 0.06388662 0.05804997 0.05499206 0.05249871 0.05165967 0.04963465
Cumulative Proportion 0.101719 0.19058529 0.26416384 0.32805046 0.38610043 0.44109248 0.49359119 0.54525086 0.59488552
      Comp.10      Comp.11      Comp.12      Comp.13      Comp.14      Comp.15      Comp.16      Comp.17      Comp.18
Standard deviation 1.00663719 0.99878194 0.9751114 0.96700551 0.94414053 0.93236117 0.8938502 0.84438219 0.80609586
Proportion of Variance 0.04825326 0.04750311 0.0452782 0.04452856 0.04244768 0.04139511 0.0380461 0.03395149 0.03094241
Cumulative Proportion 0.64313878 0.69064189 0.7359201 0.78044864 0.82289632 0.86429144 0.9023375 0.93628903 0.96723143
      Comp.19      Comp.20      Comp.21
Standard deviation 0.69361542 0.448294054 0.0779101652
Proportion of Variance 0.02290964 0.009569884 0.0002890473
Cumulative Proportion 0.99014107 0.999710953 1.0000000000
```

```
#Escalar los datos
scaledatos = scale(datos)
```

```
#Análisis de componentes principales
pca = prcomp(scaledatos)
```

```
> summary(pca)
Importance of components:
      PC1      PC2      PC3      PC4      PC5      PC6      PC7      PC8      PC9
Standard deviation 1.4615 1.36609 1.24304 1.15828 1.10411 1.07463 1.0500 1.04156 1.02094
Proportion of Variance 0.1017 0.08887 0.07358 0.06389 0.05805 0.05499 0.0525 0.05166 0.04963
Cumulative Proportion 0.1017 0.19059 0.26416 0.32805 0.38610 0.44109 0.4936 0.54525 0.59489
      PC10      PC11      PC12      PC13      PC14      PC15      PC16      PC17      PC18
Standard deviation 1.00664 0.9988 0.97511 0.96701 0.94414 0.9324 0.89385 0.84438 0.80610
Proportion of Variance 0.04825 0.0475 0.04528 0.04453 0.04245 0.0414 0.03805 0.03395 0.03094
Cumulative Proportion 0.64314 0.6906 0.73592 0.78045 0.82290 0.8643 0.90234 0.93629 0.96723
      PC19      PC20      PC21
Standard deviation 0.69362 0.44829 0.07791
Proportion of Variance 0.02291 0.00957 0.00029
Cumulative Proportion 0.99014 0.99971 1.00000
```

```
> desv_estandar = pca[[1]]
> desv_estandar
[1] 1.46153992 1.36608643 1.24304049 1.15828275 1.10410567 1.07463166 1.04998706 1.04156284
[9] 1.02094452 1.00663719 0.99878194 0.97511137 0.96700551 0.94414053 0.93236117 0.89385017
[17] 0.84438219 0.80609586 0.69361542 0.44829405 0.07791017
```

```
> varianza = desv_estandar^2
> varianza
[1] 2.136098924 1.866192122 1.545149654 1.341618923 1.219049329 1.154833206 1.102472819
[8] 1.084853154 1.042327709 1.013318437 0.997565354 0.950842177 0.935099658 0.891401347
[15] 0.869297345 0.798968122 0.712981287 0.649790528 0.481102351 0.200967559 0.006069994
```



```

> CP1 = pca[[2]][,1]
> CP1
      Numero.de.bo1sas      Sexo
-0.068624440      0.134761588
      Edad      Peso
  0.133935037      0.125793462
  Diagnostico      Servicio
-0.189491622      0.142249086
  Hemoglobina      Hematocrito
-0.651476162      -0.651671926
  GS.Receptor      GS.Donante
-0.091088076      -0.107196063
  Fiebre      Cianosis
  0.002690264      0.078566767
  Urticaria      Hemoglobinura
  0.070641140      0.038906150
  Edema.facial      Nauseas
  0.005949408      0.028085202
  Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
  0.014324279      -0.018179465
      Prurito      Escalofrios
  0.007584909      -0.024915617
Indice.critico.de.reacciones.adversas
  0.060149879

```

```

> CP2 = pca[[2]][,2]
> CP2
      Numero.de.bo1sas      Sexo
  0.038246184      0.011171227
      Edad      Peso
-0.011114404      0.041196764
  Diagnostico      Servicio
  0.025481178      -0.170373572
  Hemoglobina      Hematocrito
  0.066758473      0.063789610
  GS.Receptor      GS.Donante
-0.668359549      -0.662799791
  Fiebre      Cianosis
-0.095790134      -0.014802481
  Urticaria      Hemoglobinura
-0.081666362      -0.008033837
  Edema.facial      Nauseas
-0.028021371      -0.119142938
  Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
  0.021551927      0.089251759
      Prurito      Escalofrios
-0.144110923      0.064594863
Indice.critico.de.reacciones.adversas
-0.088890802

```

```

> CP3 = pca[[2]][,3]
> CP3
      Numero.de.bo1sas      Sexo
-0.009759360      0.201238937
      Edad      Peso
  0.056398703      0.027670671
  Diagnostico      Servicio
-0.035593048      0.137697376
  Hemoglobina      Hematocrito
-0.012263151      -0.013654618
  GS.Receptor      GS.Donante
  0.062645966      0.066791945
  Fiebre      Cianosis
-0.390547000      -0.344637061
  Urticaria      Hemoglobinura
  0.098064195      0.055637380
  Edema.facial      Nauseas
-0.059586970      -0.226766607
  Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
-0.375118813      -0.002199020
      Prurito      Escalofrios
-0.009046537      -0.077015909
Indice.critico.de.reacciones.adversas
-0.663921306

```

```

> CP4 = pca[[2]][,4]
> CP4
      Numero.de.bolsas      Sexo
0.154857194      0.006143977
      Edad      Peso
0.654175616      0.615695514
      Diagnostico      Servicio
0.151729140      0.223826448
      Hemoglobina      Hematocrito
0.135068859      0.140630060
      GS.Receptor      GS.Donante
-0.010286100      -0.016443332
      Fiebre      Cianosis
0.043793503      0.042050965
      Urticaria      Hemoglobinura
0.079446064      0.087338489
      Edema.facial      Nauseas
0.100539921      0.092829904
      Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
-0.086131673      0.064812403
      Prurito      Escalofrios
-0.033326740      -0.004805414
Indice.critico.de.reacciones.adversas
0.091288574

```

```

> CP5 = pca[[2]][,5]
> CP5
      Numero.de.bolsas      Sexo
-0.657380816      0.146461506
      Edad      Peso
0.068756387      -0.115013699
      Diagnostico      Servicio
-0.252685488      0.383018375
      Hemoglobina      Hematocrito
0.162421394      0.161633702
      GS.Receptor      GS.Donante
-0.115439737      -0.077581385
      Fiebre      Cianosis
0.129421730      0.208795398
      Urticaria      Hemoglobinura
0.015070439      0.030063628
      Edema.facial      Nauseas
-0.054723303      0.010894813
      Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
-0.114416084      0.027439033
      Prurito      Escalofrios
0.007752653      -0.405478515
Indice.critico.de.reacciones.adversas
0.055971869

```

```

> CP6 = pca[[2]][,6]
> CP6
      Numero.de.bolsas      Sexo
0.1407037665      0.1035843814
      Edad      Peso
0.0006148173      -0.0018022641
      Diagnostico      Servicio
-0.2508868660      -0.3035388226
      Hemoglobina      Hematocrito
0.0593433669      0.0562031241
      GS.Receptor      GS.Donante
-0.0624797573      -0.0873844121
      Fiebre      Cianosis
-0.1976048622      -0.1606908679
      Urticaria      Hemoglobinura
0.2344337580      0.3445847617
      Edema.facial      Nauseas
-0.0496055432      0.5415991677
      Dolor.lumbar      Dolor.toraxico
-0.0336117442      -0.2391106132
      Prurito      Escalofrios
0.3052122666      -0.3174311833
Indice.critico.de.reacciones.adversas
0.0979321869

```

```
> CP7 = pca[[2]][,7]
> CP7
```

Numero.de.bolsas	Sexo
-0.095363758	-0.251522718
Edad	Peso
-0.037145866	-0.112137840
Diagnostico	Servicio
0.063242523	0.010395834
Hemoglobina	Hematocrito
-0.002256834	-0.003114745
GS.Receptor	GS.Donante
-0.035312576	-0.048120214
Fiebre	Cianosis
-0.268988727	0.270175655
Urticaria	Hemoglobinura
0.404337988	-0.018304009
Edema.facial	Nauseas
0.679752369	-0.067578183
Dolor.lumbar	Dolor.toraxico
-0.079969544	0.165158472
Prurito	Escalofrios
0.297528977	0.086404901
Indice.critico.de.reacciones.adversas	
-0.023161193	

```
> CP8 = pca[[2]][,8]
> CP8
```

Numero.de.bolsas	Sexo
0.05540832	-0.30134990
Edad	Peso
-0.11210049	0.14141074
Diagnostico	Servicio
-0.14504015	-0.22965601
Hemoglobina	Hematocrito
-0.02925726	-0.01978830
GS.Receptor	GS.Donante
0.04398991	0.05961193
Fiebre	Cianosis
-0.02265105	0.43889109
Urticaria	Hemoglobinura
-0.16233450	0.20132946
Edema.facial	Nauseas
0.05863738	-0.03424112
Dolor.lumbar	Dolor.toraxico
-0.50601539	-0.28760599
Prurito	Escalofrios
-0.42262997	-0.09873472
Indice.critico.de.reacciones.adversas	
-0.03565296	

```
> CP9 = pca[[2]][,9]
> CP9
```

Numero.de.bolsas	Sexo
0.162118101	-0.061579236
Edad	Peso
-0.067072302	-0.052558813
Diagnostico	Servicio
-0.287027747	0.113190132
Hemoglobina	Hematocrito
0.012032893	0.013868947
GS.Receptor	GS.Donante
0.038383099	0.067047723
Fiebre	Cianosis
-0.058634072	-0.000727237
Urticaria	Hemoglobinura
-0.271620121	0.579499613
Edema.facial	Nauseas
0.030927844	-0.028340116
Dolor.lumbar	Dolor.toraxico
0.066896272	0.662579547
Prurito	Escalofrios
-0.036292503	0.028704911
Indice.critico.de.reacciones.adversas	
0.027175553	

```
> CP10 = pca[[2]][,10]
> CP10
```

Numero.de.bolsas	Sexo
-0.01833386	-0.47233431
Edad	Peso
0.07210623	0.06193222
Diagnostico	Servicio
-0.37731296	0.12956990
Hemoglobina	Hematocrito
0.01914698	0.01602178
GS.Receptor	GS.Donante
-0.03608578	-0.01277967
Fiebre	Cianosis
-0.19192906	0.06452078
Urticaria	Hemoglobinura
-0.10462516	-0.39843153
Edema.facial	Nauseas
-0.36095764	0.26790555
Dolor.lumbar	Dolor.toraxico
-0.14502777	0.12751780
Prurito	Escalofrios
0.27185198	0.27687601
Indice.critico.de.reacciones.adversas	
-0.07531097	

```
> Comp_prin = cbind(CP1, CP2, CP3, CP4, CP5, CP6, CP7, CP8, CP9, CP10)
> Comp_prin
```

	CP1	CP2	CP3	CP4
Numero.de.bolsas	-0.068624440	0.038246184	-0.009759360	0.154857194
Sexo	0.134761588	0.011171227	0.201238937	0.006143977
Edad	0.133935037	-0.011114404	0.056398703	0.654175616
Peso	0.125793462	0.041196764	0.027670671	0.615695514
Diagnostico	-0.189491622	0.025481178	-0.035593048	0.151729140
Servicio	0.142249086	-0.170373572	0.137697376	0.223826448
Hemoglobina	-0.651476162	0.066758473	-0.012263151	0.135068859
Hematocrito	-0.651671926	0.063789610	-0.013654618	0.140630060
GS.Receptor	-0.091088076	-0.668359549	0.062645966	-0.010286100
GS.Donante	-0.107196063	-0.662799791	0.066791945	-0.016443332
Fiebre	0.002690264	-0.095790134	-0.390547000	0.043793503
Cianosis	0.078566767	-0.014802481	-0.344637061	0.042050965
Urticaria	0.070641140	-0.081666362	0.098064195	0.079446064
Hemoglobinura	0.038906150	-0.008033837	0.055637380	0.087338489
Edema.facial	0.005949408	-0.028021371	-0.059586970	0.100539921
Nauseas	0.028085202	-0.119142938	-0.226766607	0.092829904
Dolor.lumbar	0.014324279	0.021551927	-0.375118813	-0.086131673
Dolor.toraxico	-0.018179465	0.089251759	-0.002199020	0.064812403
Prurito	0.007584909	-0.144110923	-0.009046537	-0.033326740
Escalofrios	-0.024915617	0.064594863	-0.077015909	-0.004805414
Indice.critico.de.reacciones.adversas	0.060149879	-0.088890802	-0.663921306	0.091288574

	CP5	CP6	CP7	CP8
Numero.de.bolsas	-0.657380816	0.1407037665	-0.095363758	0.05540832
Sexo	0.146461506	0.1035843814	-0.251522718	-0.30134990
Edad	0.068756387	0.0006148173	-0.037145866	-0.11210049
Peso	-0.115013699	-0.0018022641	-0.112137840	0.14141074
Diagnostico	-0.252685488	-0.2508868660	0.063242523	-0.14504015
Servicio	0.383018375	-0.3035388226	0.010395834	-0.22965601
Hemoglobina	0.162421394	0.0593433669	-0.002256834	-0.02925726
Hematocrito	0.161633702	0.0562031241	-0.003114745	-0.01978830
GS.Receptor	-0.115439737	-0.0624797573	-0.035312576	0.04398991
GS.Donante	-0.077581385	-0.0873844121	-0.048120214	0.05961193
Fiebre	0.129421730	-0.1976048622	-0.268988727	-0.02265105
Cianosis	0.208795398	-0.1606908679	0.270175655	0.43889109
Urticaria	0.015070439	0.2344337580	0.404337988	-0.16233450
Hemoglobinura	0.030063628	0.3445847617	-0.018304009	0.20132946
Edema.facial	-0.054723303	-0.0496055432	0.679752369	0.05863738
Nauseas	0.010894813	0.5415991677	-0.067578183	-0.03424112
Dolor.lumbar	-0.114416084	-0.0336117442	-0.079969544	-0.50601539
Dolor.toraxico	0.027439033	-0.2391106132	0.165158472	-0.28760599
Prurito	0.007752653	0.3052122666	0.297528977	-0.42262997
Escalofrios	-0.405478515	-0.3174311833	0.086404901	-0.09873472
Indice.critico.de.reacciones.adversas	0.055971869	0.0979321869	-0.023161193	-0.03565296

	CP9	CP10
Numero.de.bolsas	0.162118101	-0.01833386
Sexo	-0.061579236	-0.47233431
Edad	-0.067072302	0.07210623
Peso	-0.052558813	0.06193222
Diagnostico	-0.287027747	-0.37731296
Servicio	0.113190132	0.12956990
Hemoglobina	0.012032893	0.01914698
Hematocrito	0.013868947	0.01602178
GS.Receptor	0.038383099	-0.03608578
GS.Donante	0.067047723	-0.01277967
Fiebre	-0.058634072	-0.19192906
Cianosis	-0.000727237	0.06452078
Urticaria	-0.271620121	-0.10462516
Hemoglobinura	0.579499613	-0.39843153
Edema.facial	0.030927844	-0.36095764
Nauseas	-0.028340116	0.26790555
Dolor.lumbar	0.066896272	-0.14502777
Dolor.toraxico	0.662579547	0.12751780
Prurito	-0.036292503	0.27185198
Escalofrios	0.028704911	0.27687601
Indice.critico.de.reacciones.adversas	0.027175553	-0.07531097


```

Indice.critico.de.reacciones.adversas
Numero.de.bolsas 0.0005602241
Sexo -0.0004201681
Edad -0.4593137255
Peso 0.3495098039
Diagnostico -0.0329131653
Servicio -0.0219887955
Hemoglobina -0.0669096639
Hematocrito -0.2006302521
GS.Receptor -0.0250700280
GS.Donante -0.0088935574
Fiebre 0.0508403361
Cianosis 0.0531512605
Urticaria 0.0080532213
Hemoglobinura 0.0004201681
Edema.facial 0.0163865546
Nauseas 0.0377450980
Dolor.lumbar 0.0415966387
Dolor.toraxico -0.0064425770
Prurito -0.0056722689
Escalofrios -0.0072128852
Indice.critico.de.reacciones.adversas 0.0839635854

```

```
> summary(cp_datos <- princomp(datos, cor = FALSE))
```

```
Importance of components:
```

```

Standard deviation 26.8400792 16.9019319 5.71586960 1.958217521 1.471908493 1.104006900
Proportion of Variance 0.6862392 0.2721327 0.03112236 0.003652833 0.002063809 0.001161052
Cumulative Proportion 0.6862392 0.9583719 0.98949425 0.993147083 0.995210892 0.996371944
Standard deviation 0.9467143705 0.6357707759 0.5637886054 0.5593284824 0.5301902600 0.5185325125
Proportion of Variance 0.0008537798 0.0003850429 0.0003027893 0.0002980175 0.0002677759 0.0002561297
Cumulative Proportion 0.9972257234 0.9976107663 0.9979135556 0.9982115731 0.9984793490 0.9987354787
Standard deviation 0.4741484865 0.4714447376 0.4581811839 0.4322389853 0.4103654165 0.3740898576
Proportion of Variance 0.0002141592 0.0002117237 0.0001999781 0.0001779737 0.0001604167 0.0001333091
Cumulative Proportion 0.9989496379 0.9991613616 0.9993613397 0.9995393134 0.9996997301 0.9998330392
Standard deviation 0.3622178777 2.099130e-01 2.079859e-03
Proportion of Variance 0.0001249821 4.197459e-05 4.120745e-09
Cumulative Proportion 0.9999580213 1.000000e+00 1.000000e+00

```

```
> loadings(cp_datos) #Las cantidades en blanco son pequeñas
```

```
Loadings:
```

```

Numero.de.bolsas Comp.1 Comp.2 Comp.3 Comp.4 Comp.5 Comp.6 Comp.7 Comp.8 Comp.9
Sexo 0.338 0.918
Edad 0.883 -0.470
Peso 0.469 0.881
Diagnostico 0.294 -0.944
Servicio -0.927 0.316
Hemoglobina 0.314
Hematocrito 0.942
GS.Receptor 0.690 0.282 0.515
GS.Donante 0.652 0.127 -0.598
Fiebre 0.432 -0.188
Cianosis 0.486
Urticaria 0.104 0.165
Hemoglobinura 0.101 0.145
Edema.facial 0.215 0.249
Nauseas 0.345
Dolor.lumbar -0.124 0.202 0.271
Dolor.toraxico -0.298 -0.359
Prurito -0.341
Escalofrios 0.136 -0.245
Indice.critico.de.reacciones.adversas 0.252

```

```

Numero.de.bolsas Comp.10 Comp.11 Comp.12 Comp.13 Comp.14 Comp.15 Comp.16 Comp.17
Sexo 0.230 0.436 0.164 0.713 0.161 -0.259 0.253
Edad
Peso
Diagnostico 0.138 0.100
Servicio
Hemoglobina
Hematocrito
GS.Receptor -0.196 -0.166 0.141
GS.Donante 0.216 -0.122 0.141 0.163 -0.128
Fiebre -0.388 -0.150 -0.298 0.317 0.140 0.169
Cianosis 0.155 0.262 -0.346 -0.141 0.188 -0.284 0.417
Urticaria -0.126 -0.118 0.919 -0.202 -0.189
Hemoglobinura 0.128 -0.684 -0.103 -0.356 0.402 -0.345
Edema.facial 0.487 0.278 -0.264 -0.175 0.223 -0.232
Nauseas 0.303 -0.435 0.242 -0.173 0.223 0.258
Dolor.lumbar -0.106 0.308 0.460 -0.175 0.533 0.258
Dolor.toraxico 0.390 0.128 -0.188 0.240 0.172 -0.297
Prurito 0.248 -0.195 -0.282 0.269 0.641 0.399
Escalofrios -0.391 -0.313 0.164 0.277 0.507 -0.112 -0.404
Indice.critico.de.reacciones.adversas 0.166 0.104

```

	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21
Numero.de.bolsas				
Sexo	-0.213			
Edad				
Peso				
Diagnostico				
Servicio				
Hemoglobina				-0.949
Hematocrito				0.316
GS.Receptor	0.207	0.121		
GS.Donante	-0.215			
Fiebre		0.554	0.212	
Cianosis		-0.463	0.151	
Urticaria				
Hemoglobinura	-0.190	0.151		
Edema.facial	-0.361	0.211		
Nauseas	0.551	-0.254	0.162	
Dolor.lumbar	0.314	0.134	0.230	
Dolor.toraxico	0.461	0.411		
Prurito	-0.158			
Escalofrios	0.107	-0.344		
Indice.critico.de.reacciones.adversas	0.182		-0.918	

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	Comp.12
SS loadings	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Proportion Var	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
Cumulative var	0.048	0.095	0.143	0.190	0.238	0.286	0.333	0.381	0.429	0.476	0.524	0.571
	Comp.13	Comp.14	Comp.15	Comp.16	Comp.17	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21			
SS loadings	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Proportion Var	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048			
Cumulative var	0.619	0.667	0.714	0.762	0.810	0.857	0.905	0.952	1.000			

```
> summary(cp_datos_cor <- princomp(datos, cor = TRUE))
```

Importance of components:

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7					
Standard deviation	1.6041907	1.42023493	1.37555958	1.23069567	1.20678959	1.16633291	1.08687595					
Proportion of Variance	0.1225442	0.09605082	0.09010306	0.07212437	0.06934958	0.06477774	0.05625235					
Cumulative Proportion	0.1225442	0.21859500	0.30869805	0.38082243	0.45017200	0.51494974	0.57120209					
	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	Comp.12	Comp.13	Comp.14					
Standard deviation	1.04341309	0.99857020	0.97458640	0.94385805	0.93119178	0.87475366	0.83369802					
Proportion of Variance	0.05184337	0.04748297	0.04522946	0.04242229	0.04129134	0.03643781	0.03309773					
Cumulative Proportion	0.62304546	0.67052844	0.71575790	0.75818018	0.79947152	0.83590933	0.86900706					
	Comp.15	Comp.16	Comp.17	Comp.18	Comp.19	Comp.20						
Standard deviation	0.80836202	0.79990926	0.71682144	0.69387792	0.58363847	0.348731327						
Proportion of Variance	0.03111663	0.03046928	0.02446824	0.02292698	0.01622066	0.005791121						
Cumulative Proportion	0.90012369	0.93059297	0.95506121	0.97798818	0.99420885	0.999999966						
	Comp.21											
Standard deviation	8.447587e-04											
Proportion of Variance	3.398177e-08											
Cumulative Proportion	1.000000e+00											

```
> loadings(cp_datos_cor) #Las cantidades en blanco son pequeñas
```

Loadings:

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9
Numero.de.bolsas				0.285	0.227	0.425	0.111	0.138	
Sexo	-0.151				-0.156	-0.430	0.109	-0.326	-0.176
Edad		-0.210	-0.241	0.288	0.328	-0.256		0.215	
Peso		-0.204	-0.301	0.397	0.312		-0.104		0.139
Diagnostico	0.197			-0.162	0.361	-0.153	-0.279	-0.237	0.175
Servicio	-0.226				0.193	-0.215	0.108	-0.445	-0.189
Hemoglobina	0.530	0.174	0.218	0.142					-0.116
Hematocrito	0.530	0.174	0.218	0.142					-0.116
GS.Receptor	-0.335	0.411	0.264	0.156	0.105		-0.146	0.232	
GS.Donante	-0.346	0.399	0.266	0.184	0.133		-0.134		
Fiebre		-0.242	0.309	-0.242	0.318	0.172			-0.247
Cianosis		-0.328	0.271			0.135	-0.350	-0.200	
Urticaria		-0.123		0.207	0.162	-0.256	0.342	0.255	-0.505
Hemoglobinura				0.210		0.116	0.504	-0.243	0.394
Edema.facial		-0.128	0.188	0.332	-0.212		-0.411	0.114	
Nauseas	-0.159		0.341	0.286	-0.200		0.287	-0.212	
Dolor.lumbar		-0.287		-0.177	-0.137	-0.388		0.367	0.176
Dolor.toraxico				-0.344	0.208	-0.214	-0.258	-0.323	-0.367
Prurito				-0.189		-0.450	0.204	0.172	-0.210
Escalofrios		0.166		-0.338	0.199	0.341			-0.357
Indice.critico.de.reacciones.adversas	-0.122	-0.421	0.333			0.137			-0.182

	Comp.10	Comp.11	Comp.12	Comp.13	Comp.14	Comp.15	Comp.16	Comp.17
Numero.de.bolsas	0.402	0.251	0.397			0.138	0.289	
Sexo		0.314	0.537		0.159		0.349	-0.157
Edad	-0.272		0.187	-0.135		-0.458	0.101	0.370
Peso				-0.288		0.250		-0.277
Diagnostico	-0.430	0.206				0.470		0.277
Servicio	0.371		-0.228		-0.587			
Hemoglobina				-0.217				
Hematocrito				-0.217				
GS.Receptor	-0.107		-0.104		0.113			
GS.Donante			-0.142	-0.174	0.135			
Fiebre	-0.274	-0.215		-0.203	-0.138	-0.224	0.100	-0.379
Cianosis	0.108		-0.252	0.323		-0.191	0.434	0.331
Urticaria			-0.223	0.420	0.233	0.332		
Hemoglobinura	-0.268	0.390	-0.319	0.120	0.142	-0.253		-0.175
Edema.facial	-0.194	0.249	0.224	0.376	-0.316		-0.282	-0.308
Nauseas	-0.139	-0.198	0.266			0.140	-0.383	0.469
Dolor.lumbar	0.232	0.398	-0.146	-0.251			-0.111	0.139
Dolor.toraxico			-0.144	-0.215	0.445	-0.179	-0.183	
Prurito	-0.365	0.105	-0.184	-0.182	-0.399	0.200	0.430	0.109
Escalofrios		0.495				-0.171	-0.330	0.196
Indice.critico.de.reacciones.adversas		0.214		-0.366		0.271		

	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21
Numero.de.bolsas	0.365	0.114		
Sexo	-0.203			
Edad		-0.288		
Peso	-0.510	0.264		
Diagnostico	0.278			
Servicio	0.189			
Hemoglobina	-0.152			-0.707
Hematocrito	-0.152			0.707
GS.Receptor			0.698	
GS.Donante			-0.695	
Fiebre	0.236	0.363		
Cianosis	-0.269	0.166		
Urticaria				
Hemoglobinura				
Edema.facial	0.152			
Nauseas		0.258		
Dolor.lumbar	0.166	0.423		
Dolor.toraxico	0.313	0.166	0.101	
Prurito				
Escalofrios	-0.322			
Indice.critico.de.reacciones.adversas		-0.606		

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	Comp.12
SS loadings	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Proportion Var	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
Cumulative var	0.048	0.095	0.143	0.190	0.238	0.286	0.333	0.381	0.429	0.476	0.524	0.571
	Comp.13	Comp.14	Comp.15	Comp.16	Comp.17	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21			
SS loadings	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Proportion Var	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048			
Cumulative var	0.619	0.667	0.714	0.762	0.810	0.857	0.905	0.952	1.000			

Anexo 9: Autorización



Señor Dr.

Julio Vidal Escudero

Jefe del Servicio de Banco de Sangre del Hospital Cayetano Heredia

Yo, Luis Diego Chunga Huaylino identificado con el DNI 76516872, estudiante del décimo ciclo de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima, llevando el curso de Seminario de Investigación II le solicito su autorización para utilizar los datos del servicio de banco de sangre de manera anonimizada con la finalidad de que me permita consolidar en el aprendizaje, y beneficiar a los pacientes y al equipo de banco de sangre. Mi estudio se denomina "Predicción de reacciones adversas en las transfusiones sanguíneas del paciente receptor basado en redes neuronales".

Por lo tanto, solicito su autorización para el uso de los datos del servicio de banco de sangre de manera anonimizada durante el periodo del desarrollo del curso en mención.

Atentamente

Luis Diego Chunga Huaylino

DNI 76516872

Lima, jueves 19 de abril del 2018





PERÚ

Ministerio
de Salud

Hospital
Cayetano Heredia

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CONSTANCIA

El que suscribe, Dr. Julio Vidal Escudero, Jefe del Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre tipo II del Hospital Cayetano Heredia, otorga la autorización para la utilización de los datos de banco de sangre de manera anonimizada al alumno Luis Diego Chunga Huaylinos de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima, para ser usado con fines de aprendizaje en el curso de seminario de investigación II, que le permitirá desarrollar el tema de : "Predicciones de Reacciones Adversas en las Transfusiones Sanguineas del Paciente Receptor basado en Redes Neuronales ."


Atentamente

Lima 26 de abril del 2018

www.hospitalcayetano.gob.pe

Av. Honorio Nº 262
Urb. Ingeniería
San Martín de Porres
Lima 31, PERÚ
Telf: (511) 482-0402
Fax 482-1410

Anexo 10: Documentos para la recolección de datos



EG05-FR08 SOLICITUD TRANSFUSIONAL Y PRUEBA CRUZADA FRBS08STYPC

CONDICION: SIS () SOAT () PAGANTE () EXONERADO () CODIGO: _____
 Hora entrega muestra: _____
 BIO: _____

DATOS PERSONALES

Ap. Paterno _____ Ap. Materno _____ Nombres _____ GS: _____

Sexo: M () F () Edad _____ Peso _____ N° H. Clínica _____ CAMA _____

PROCEDENCIA: HO () EM () CE () OTROS _____ SERVICIO: Med () M. Tropical () Cirugía A ()
 Cirugía B () Traumatología () Pediatría () RN () Hidratación () UCI Ped () UCI Medicina () CIO (*) Trauma Shock ()
 Unidad Renal () Hematología () Oncología () Ginecología () Obstetricia () Otros _____

ANTECEDENTES

Transfusiones previas: SI () NO () Desconocido () Reacciones adversas transfusionales previas: SI () NO ()
 Embarazos previos: SI () NO () Desconocido () G. PARA: _____ EHRM: SI () NO ()

DIAGNOSTICO DE LA ENFERMEDAD

TIPO DE PACIENTE: Cirugía Electiva () Cirugía de Emergencia () Anemia crónica () Anemia Aguda ()

DATOS ACTUALES DEL PACIENTE Consciente () Inconsciente ()

Hcto. % Plaquetas _____ x mm³ T. de Sangre _____ seg TP _____ / _____ seg TTP _____ / _____ seg
 P.Ar. _____ mmHg Pulso _____ x min Respiraciones _____ x min Temperatura _____ °C

REQUERIMIENTO

() Sangre total _____ Unidades () PFC _____ Unidades () Plaquetas _____ Unidades
 () GMEs Rojas _____ Unidades () Crioprecipitado _____ Unidades

Observaciones: _____

FECHA DE LA TRANSFUSION: _____ HORA: _____ GUARDAR HASTA EL DIA: _____

MEDICO TRATANTE

Ap. Pat _____ Ap. Mat _____ Nombres _____ CMP _____

TIPO DE SOLICITUD: Muy Urgente (Si no prueba cruzada) () Urgente () Programada ()

EG05 - FR12: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, concedo autorización para que se me transfunda la cantidad necesaria de sangre y/o hemocomponentes. Certifico que he tenido la oportunidad de preguntar sobre este procedimiento, que se me respondieron todas las preguntas que realicé y que entiendo lo que es y cuáles son sus riesgos. También he tenido oportunidad de negarme a ser transfundido. He revisado y entiendo la información que me dieron referente al riesgo de propagación de los virus del SIDA, Hepatitis y otros, a través de transfusiones de sangre, plaquetas o plasma. Entiendo que durante o después de la transfusión puedo sufrir una reacción inesperada, por ello eximo de toda responsabilidad a esta institución y a sus miembros ante cualquier tipo de reclamo o demanda que yo, mis herederos, ejecutores o administradores hagan o puedan tener en contra de cualquiera de ellos en lo que se refiere a esta transfusión y cualquier consecuencia como resultado directo o indirecto de ella.

 FIRMA DEL RECEPTOR / PADRE / APODERADO DNI: _____

 FIRMA DEL MEDICO SOLICITANTE HUELLA DIGITAL

UNIDADES PREPARADAS Nota _____ GS: O - A1 - A2 - B - A1B - A2B Bb: Pos - Neg

N°	Fecha	N°Bolsa	Sello Seguridad	Componentes	GS	Personal que retira	Hora	Personal que entrega
1				GR-PS-PQ-CR10				
2				GR-PS-PQ-CR10				
3				GR-PS-PQ-CR10				
4				GR-PS-PQ-CR10				
5				GR-PS-PQ-CR10				
6				GR-PS-PQ-CR10				
7				GR-PS-PQ-CR10				
8				GR-PS-PQ-CR10				
9				GR-PS-PQ-CR10				
10				GR-PS-PQ-CR10				



HOSPITAL NACIONAL CAYETANO HEREDIA
CENTRO DE HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE

FORMATO DE CONDUCCION DE TRANSFUSIONES DE PAQUETES GLOBULARES (GR)
(Constancia de que el Médico condujo la Transfusión con el apoyo de la Enfermera de turno)

FECHA DE ENTREGA DE LA UNIDAD

N° DE BOLSA: _____ N° Sello de Calidad: _____ GS Unidad ABO: O-A1-A2-B-A1B-A2B Rh: P-N
Edad: ____ Peso: ____ VST: _____ Sexo: M F GS Paciente ABO: O-A1-A2-B-A1B-A2B Rh: P-N

DIAGNÓSTICO: _____

ANTECEDENTES:

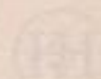
() Drogadicción endovenosa; () Diálisis; () Hepatitis; () Lúes; () Alergia a medicamentos; () Gonorrea;
() Otras alergias; () Alcoholismo; () Linfogranuloma venéreo; () Contacto sexual de riesgo; () Asma
Otros:

CONDUCCION DE LA TRANSFUSIÓN: HORA DE INICIO: _____ HORA DE TÉRMINO: _____

Parámetro/Hora	Antes	5 a 10 ml					
Presión Arterial							
Frec. De pulso							
Frec. Respiratoria							
Temperatura							
Palidez/hematocrito							
Cianosis							
Sangrado/plaquetas							
Volumen de sangrado							
Estado de conciencia							
Estado Cardiovascular anatómico							
Estado pulmonar anatómico							

Firma y sello de la Enfermera Firma y sello del Médico
U otro profesional

_____ APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO NOMBRES HISTORIA CLINICA CAMA



INDICACIONES GENERALES FRENTE A CUALQUIER SINTOMA O SIGNO ADVERSO

1. Suspender la transfusión y reportar inmediatamente al Médico tratante
2. Verifique la identidad del Receptor, que correlacione con el Formato de Conducción, la tarjeta de identificación del Receptor y la hoja de retiro de Sangre.
3. Completar la investigación de la reacción adversa según el formato.
4. Este Formato debe ser firmado por el Médico que atiende la reacción transfusional.
5. Comunicar al Banco de Sangre la reacción adversa con una copia de este Formato; acompañar con la Unidad que se transfundía, sin retirar el equipo de transfusión.
6. Colectar la primera orina que emita el paciente y retirar al Laboratorio para un examen completo de orina, con el rótulo "Reacción Transfusional".

Este Formato debe ser llenado por la Enfermera; revisado y firmado por el Médico que conduce la transfusión o atiende la reacción adversa.

I. SINTOMAS Y SIGNOS DETECTADOS:

- Fiebre; Escalofríos; Cianosis; Urticaria; Edema facial; Náuseas; Dolor lumbar; Dolor torácico;
- Hemoglobinuria; Otros: _____

VOLUMEN TRANSFUNDIDO: ml

Medicación previa a la transfusión

Hora de suspensión de la transfusión Hora de notificación al Médico

Hora de notificación al Banco de Sangre Hora de recolección de la orina

Firma y Sello de la Enfermera

Firma y Sello del Médico

II. El Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre deberá ser notificado en las siguientes situaciones: Errores clericales, Errores técnicos, Hemólisis o test de coombs directo positivo post transfusional.

NOTIFICADO EL DIA a las

III. Estudios de Laboratorio adicionales:

- Bilirrubinas 5 a 7 horas post transfusión: BT ... mg/dl BD ... mg/dl BI ... mg/dl
- Examen de Orina: Densidad: Hematíes Hemoglobina Leucocitos
- Perfil de Coagulación: TP ... / ... TTP ... / ... TT ... / ... Fibrinógeno: mg/dl
- Otros:

RESUMEN: Reacción Hemolítica inmediata; Reacción Hemolítica tardía; Fiebre ; Reacción hemolítica no inmune

Sobrecarga Circulatoria; Alergia - Urticaria Contaminación bacteriana; Otros

Reporte y recomendaciones del Médico del Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre:

.....
.....

Firma y Sello del Médico del CHBS

Anexo 11: Glosario de términos

Hemovigilancia activa

Consiste en la realización de pasos que involucran las actividades que se relacionan con reconocer, controlar, diagnosticar, controlar y manejar los efectos adversos relacionados con la transfusión sanguínea y que son las siguientes: observar al paciente, supervisar los signos antes de la transfusión y después de ella, informar al médico encargado del paciente y a otros profesionales involucrados, registrar, notificar, evaluar y analizar cuando sea correspondiente hacerlo.

Reacción hemolítica inmune

Es una reacción que genera hemólisis en eritrocitos producto de una interacción entre el antígeno y el anticuerpo. Las citocinas se liberan y los sistemas enzimáticos de amplificación se amplían; como consecuencia, se desarrolla un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. Dentro del cuadro de eventos fisiopatológicos, hay un dominio de la coagulación intravascular diseminada y la falla renal.

Reacción anafiláctica

Ocurre cuando un alérgeno penetra al organismo y provoca una reacción, en cuestión de minutos, que involucra no solo a la zona por donde ingresó el alérgeno, sino que esta reacción se expanda los órganos y a los sistemas.

Test de antiglobulina (Coombs) directo

Mediante esta prueba, se busca la presencia de anticuerpos adheridos a los glóbulos rojos y que genera su precipitada destrucción (hemólisis).

Antígenos

Es una sustancia que contribuye a la formación de anticuerpos luego de la respuesta inmunitaria que emite el organismo luego de la introducción de la sustancia.

Hematocrito

Lo constituyen los glóbulos rojos que son un porcentaje del volumen total de la sangre. Los valores varían entre hombres y mujeres: 42% - 52% en los hombres, y 37% - 47% en las mujeres. La razón por la que el porcentaje es mayor en los hombres es por el hecho de necesitar mayor oxígeno para la gran musculatura que tienen los hombres.

Hemoglobina

Es una hemoproteína de la sangre cuya función principal es trasladar el oxígeno desde el sistema respiratorio hasta las células del organismo. Esta hemoproteína se encuentra dentro de los glóbulos rojos de los seres vertebrados y se disuelve en el plasma de algunos seres invertebrados.

Reacción hemolítica

Esta reacción ocurre cuando los glóbulos rojos que le fueron administrados al paciente son destruidos por el sistema inmunitario del mismo. Debido a esto, constituye un serio problema que sucede luego de la transfusión sanguínea hacia un paciente.

Reacciones transfusionales

Es el efecto opuesto a causa de la transfusión sanguínea, y los efectos van desde un dolor leve hasta consecuencias fatales del lado del receptor.

Transfusiones sanguíneas

Es el traspaso de la sangre o de algún componente de la sangre desde el donante hacia el receptor.