3. DESARROLLO DE LA APLICACION PARA PRECALCULO DE DAÑOS CAUSADOS POR FENOMENOS NATURALES SOBRE COMUNIDADES VULNERABLES MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL – REDES NEURONALES.

3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA:

El objetivo final del presente trabajo es el de desarrollar una herramienta que facilite el pre cálculo global de daños producidos por desastres naturales sobre una comunidad vulnerable, mucho antes de que el desastre ocurra, facilitando con ello los procesos de planificación para el manejo de los mismos. Esta herramienta se puede desarrollar gracias a la información disponible sobre desastres ocurridos anteriormente y los avances tecnológicos que actualmente existen en cuanto a capacidad de procesamiento de los computadores, capacidad de almacenamiento de

información digital y el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial que permiten procesar datos bajo algoritmos especializados, produciendo con ello " información evolucionada ", útil como criterio para toma de decisiones en el proceso de planificación [12], [13], [14], [15], [18], [19].

Así mismo se busca plantear nuevos modelos matemáticos que considere la mayor cantidad posible de variables que influyen en la magnitud del impacto de un desastre natural sobre una comunidad vulnerable, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento de datos por entrenamiento de Redes Neuronales y dinamizar el uso de la información disponible actualmente sobre Desastres Naturales, con el propósito de que los datos recolectados sean realmente útiles en los procesos de planificación. [20].

Por lo tanto, el problema radica en interelacionar 22 variables de entrada para producir 16 variables de salida en un proceso lógico de entrenamiento de una Red Neuronal multicapa. [21 – 37].

Las Redes Neuronales no son modelos "mágicos" cuya "inteligencia" resuelve todo. Los resusltados del modelo (software) es brindar el apoyo o guía al experto, no reemplazarlo.

3.2. DISEÑO DE SOFTWARE:

3.2.1. DISEÑO DE LA RED NEURONAL:

3.2.1.1. DESCRIPCION DE LAS ENTRADAS DE LA RED NEURONAL:

Variable 1: Fenómeno

Descripción:

Identifica el tipo de fenómeno natural que afectaría a la comunidad vulnerable en estudio, los cuales pueden ser. Incendios forestales y urbanos, inundaciones, deslizamientos, sequías, vientos huracanados, erupciones volcánicas, maremotos y sismos.

Valores que adquiere: Adquiere valores entre 0 y 1, dependiendo del tipo de fenómeno natural a ser estudiado, así

Incendio forestal: 0 1

Incendio Urbano: 0.2

Vientos Fuertes. 0.3

Deslizamientos: 0.4

Sequías: 0.5

Inundaciones 0.6

Maremotos: 0 7

Erupciones Volcánicas: 0.8

Sismos: 0.9

Este valor es relativo a los puntajes, que según registro, ha ocasionado cada fenómeno en un período determinado.

Pese a ser más frecuentes y recurrentes, algunos fenómenos naturales no ocasionan tantos daños en razón de sus diferencias de potencialidad.

Variable 2: Intensidad:

Descripción:

Identifica la intensidad del fenómeno natural; es decir, el grado de potencia que tendría el fenómeno natural que afectaría a la comunidad vulnerable en estudio.

Valores que adquiere: toma valores entre 0 y 1, dependiendo del grado de intensidad del fenomeno natural.

Variable 3: Vulnerabilidad por grado de exposición al fenómeno:

Descripción:

Identifica el grado de vulnerabilidad de la comunidad en estudio en cuanto a su grado de exposición con respecto al fenómeno natural.

Valores que adquiere: Toma valores entre 0 y 1, dependiendo si la comunidad se encuentra lejos, cerca o muy cerca del fenómeno.

Variable 4: Vulnerabilidad por Ingresos:

Descripción:

Identifica el nivel promedio de ingresos económicos de la comunidad vulnerable en estudio.

Valores que adquiere: Adquiere valores entre 0 y 1, dependiendo del valor del salario promedio de la comunidad vulnerable, en función del Salario Minimo Mensual Vigente.

Variable 5: Vulnerabilidad por Educación:

Descripción:

Identifica el nivel promedio dc educación de la comunidad vulnerable en estudio.

Valores que adquiere: Toma valores entre 0 y 1, dependiendo del nivel académico promedio de la comunidad. (Primaria, Bachillerato, Educación Universitaria).

Variable 6: Vulnerabilidad por Densidad Poblacional:

Descripción:

Identifica la densidad poblacional de la comunidad vulnerable en estudio.

Valores que adquiere:

Variable 7: Vulnerabilidad por Construcción:

Descripción:

Identifica en promedio la calidad de las construcciones de la comunidad vulnerable en estudio.

Valores que adquiere: Toma valores entre 0 y 1, dependiendo del nivel de calidad de las construcciones. (Buenas, Mal construidas, muy mal construidas).

Variable 8: Población:

Descripción:

Identifica la población total de la comunidad a ser estudiada

Valores que adquiere: Unidad en número de personas.

Variable 9: Vías de acceso

Descripción:

Identifica la longitud de la malla vial de la comunidad a ser estudiada..

Valores que adquiere: En kilómetros (km)

Variable 10: Hectáreas de Cultivo:

Descripción:

Identifica el número de hectáreas habilitadas para cultivo por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: En Hectáreas (Ha).

Variable 11: Hectáreas para Ganadería:

Descripción

Identifica el número de hectáreas habilitadas para ganadería por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural

Valores que adquiere: En Hectáreas (Ha).

Variable 12. Número de Casas:

Descripción:

Identifica el número de casas habitables por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural

Valores que adquiere: Número de casas.

Variable 13. Número de Centros de Salud:

Descripción.

Identifica el número de Centros de Salud usados por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros de Salud.

Variable 14: Número de Centros Educativos:

Descripción.

Identifica el número de Escuelas y centros educativos en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Educativos

Variable 15: Número de Fábricas:

Descripción.

Identifica el número de fábricas en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de fábricas.

Variable 16: Número de Centros Religiosos:

Descripción:

Identifica el número de Centros Religiosos en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Religiosos.

Variable 17: Número de Centros Recreativos:

Descripción:

Identifica el número de Centros Recreativos en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Recreativos.

Variable 18: Longitud del Acueducto:

Descripción:

Identifica la longitud de la malla del acueducto en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Longitud en (km).

Variable 19: Longitud del Alcantarillado:

Descripción:

Identifica la longitud de la malla del alcantarillado en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural

Valores que adquiere: Longitud en (km)

Variable 20: Longitud de la Red Telefónica:

Descripción:

Identifica la longitud de la Red Telefónica en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere. Longitud en (km)

Variable 21 Longitud de la Red Eléctrica

Descripción:

Identifica la longitud de la Red Eléctrica en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural

Valores que adquiere. Longitud en (km)

Variable 22: Porcentaje de Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

Descripción:

Identifica el Porcentaje de Crecimiento del Producto Interno Bruto del país en donde se encuentra ubicada la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural

Valores que adquiere: En porcentaje (PIB)

3.2.1.2. DESCRIPCION DE LAS SALIDAS DE LA RED NEURONAL:

Variable 1: Damnificados:

Descripción:

Identifica la población total de la comunidad que fue afectada por acción del fenómeno natural.

Valores que adquiere: Unidad en número de personas

Variable 2: Víctimas Fatales:

Descripción

Identifica la población total de la comunidad que murió por acción del fenómeno natural.

Valores que adquiere. Unidad en número de personas

Variable 3: Vías de acceso dañadas:

Descripción:

Identifica la longitud de la malla vial afectada por acción del fenómeno natural en la comunidad a ser estudiada..

Valores que adquiere En kilómetros (km).

Variable 4: Hectáreas de Cultivo afectadas.

Descripción.

Identifica el número de hectáreas habilitadas para cultivo por la comunidad a ser estudiada, afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere En Hectáreas (Ha).

Variable 5: Hectáreas para Ganadería afectadas:

Descripción:

Identifica el número de hectáreas habilitadas para ganadería por la comunidad a ser estudiada, afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: En Hectáreas (Ha)

Variable 6: Número de Casas afectadas:

Descripción:

Identifica el número de casas habitables por la comunidad a ser estudiada, afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere Número de casas.

Variable 7: Número de Centros de Salud afectados:

Descripción:

Identifica el número de Centros de Salud usados por la comunidad a ser estudiada, afectados por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere Número de Centros de Salud

Variable 8. Número de Centros Educativos afectados.

Descripción:

Identifica el número de Escuelas y centros educativos en uso por la comunidad a ser estudiada, afectados por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Educativos.

Variable 9: Número de Fábricas afectadas:

Descripción:

Identifica el número de fábricas en uso por la comunidad a ser estudiada, afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de fábricas.

Variable 10: Número de Centros Religiosos afectados:

Descripción:

Identifica el número de Centros Religiosos en uso por la comunidad a ser estudiada, afectados por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Religiosos.

Variable 11: Número de Centros Recreativos afectados:

Descripción:

Identifica el número de Centros Recreativos en uso por la comunidad a ser estudiada, afectados por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Número de Centros Recreativos.

Variable 12: Longitud del Acueducto afectada:

Descripción:

Identifica la longitud de la malla del acueducto en uso por la comunidad a ser estudiada, afectada por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Longitud en (km).

Variable 13: Longitud del Alcantarillado afectado:

Descripción:

Identifica la longitud de la malla del alcantarillado en uso por la comunidad a ser estudiada, afectada por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Longitud en (km).

Variable 14: Longitud de la Red Telefónica afectada:

Descripción:

Identifica la longitud de la Red Telefónica en uso por la comunidad a ser estudiada y que puedan ser afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Longitud en (km).

Variable 15: Longitud de la Red Eléctrica afectada:

Descripción:

Identifica la longitud de la Red Eléctrica en uso por la comunidad a ser estudiada, afectadas por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: Longitud en (km).

Variable 16: Porcentaje de Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), en el país en estudio después del desastre:

Descripción:

Identifica el Porcentaje de Crecimiento del Producto Interno Bruto del país en donde se encuentra ubicada la comunidad a ser estudiada, después de ser afectada por acción un fenómeno natural.

Valores que adquiere: En porcentaje (PIB).

3.2.1.3. NORMALIZACION DE DATOS:

Como todo el proceso de entrenamiento de la Red Neuronal maneja valores de entradas y salidas entre 0 y 1, se deben normalizar los datos. Para ello, se utilizará la Curva Normal como función de normalización. En 1733, Abraham DeMoivre desarrolló la expresión matemática para la curva normal. Proporcionó una base sobre la cual se funda gran parte de la teoría de la estadística inductiva. Con frecuencia la distribución normal se denomina distribución Gaussiana en honor a Karl Friedrich Gauss /1777 – 1855); quién también dedujo su ecuación a partir de un estudio de errores cometidos en mediciones repetidas de una misma cantidad. [18].

La ecuación de la curva normal es:

$$n(x;\mu,\sigma) = -\frac{1}{\sqrt{2.\pi.\sigma}} e^{-(1/2)|(x-\mu)/\sigma|^2}$$

Ecuación 15 A. Distribución Normal o Curva Normal.

Donde:

x representa el valor de la variable.

μ representa al media de la variable

σ representa la varianza de la variable.

e tiene el valor de 2.71828..

Por medio de esta fórmula, los valores reales de las entradas de la Red Neuronal toman valores entre 0 y 1, al finalizar el proceso de entrenamiento y precálculo, la fórmula anterior se utiliza para hacer la conversión a la inversa, para que los valores entre 0 y 1 de las salidas tomen valores reales.

3.2.1.4. TOPOLOGIA DE LA RED NEURONAL:

El diagrama de la estructura de la Red Neuronal es:

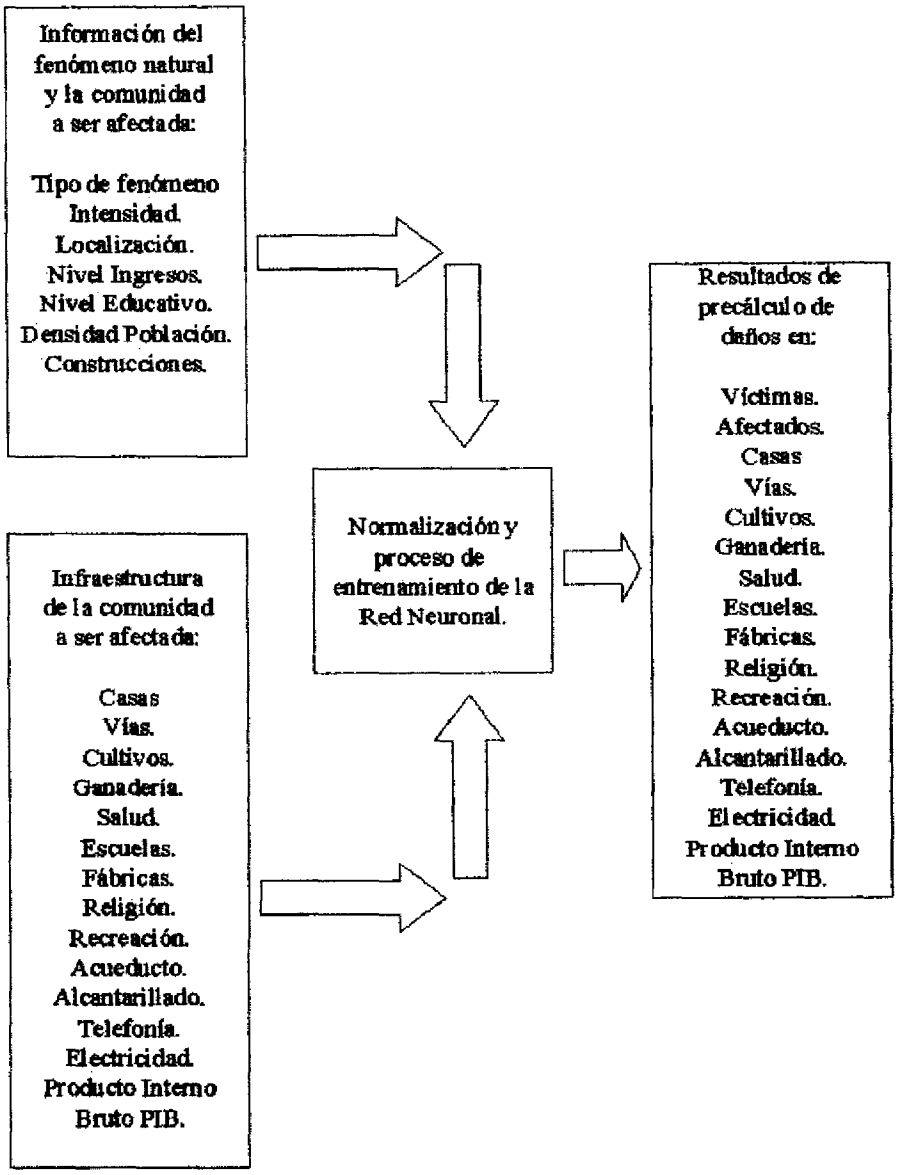

FIGURA 9. Topología de la Red Neuronal Seleccionada.

3.2.1.5. CONJUNTO DE DATOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL:

Ver Anexo Número 1

3.2.1.6. JUSTIFICACION DE LA ESCOGENCIA DE LA RED NEURONAL DEFINITIVA:

Siguiendo detalladamente los lineamientos básicos de metodología de investigación, se ha demostrado que la matemática es útil precisamente en los fenómenos donde lo esencial es una magnitud homogénea, una multiplicidad lineal entre las variables, una serie unidimensional, con poca o ninguna interacción entre sus partes (ej: modelamiento matemático del péndulo clásico, donde la masa se encuentra suspendida por un hilo infinitamente delgado, son fricciones) [38], [39], [40], [41], [54].

La naturaleza íntima de los sistemas y estructuras dinámicas que interactúan en un desastre, está constituida por la relación entre sus partes, y no por éstas tomadas en sí, medidas en sí, individualmente Por esto, las limitaciones actuales en las técnicas matemáticas no son una dificultad pasajera, superables con una mayor sofisticación técnica; constituyen una imposibilidad esencial, una imposibilidad conceptual y lógica, que no podrá nunca superarse únicamente con más de lo mismo, sino con algo cualitativamente diferente

Necesitamos unas matemáticas gestálticas, Bertalanffy (1981), en las cuales lo fundamental no fuera la noción de cantidad, sino más bien la de relación, esto es, la de forma y orden. [42], [43], [52].

Los planteamientos matemáticos más acertados en el modelamiento de fenómenos, son los que tienen en cuenta el mayor número de variables posibles interactuando entre sí Las Redes Neuronales ofrecen la posibilidad de que cualquier resultado obtenido sea el fruto de la interacción contínua entre las variables de entrada, e inclusive, las variables de salida

Se ha demostrado matemáticamente, Funahashi (1989, 1990) apoyado por Cybenko (1989), Stinchcombe y White (1989) , que una red neuronal multicapa puede aproximar cualquier función no lineal o mapa no lineal multivariable [12].

$$f(x) : R^n \rightarrow R$$

Ecuación 16. Aproximación de una función no lineal.

Donde:

F(x) representa la función no lineal.

R^n representa la dimensión del conjunto a la que pertenece la función.

R representa la nueva dimensión de la función. La función ha sido aproximada.

El modelo matemático final que se propone, finalmente se puede expresar así:

La salida de la primera capa de la Red Neuronal, en donde interactuan todas las variables de entrada (variables de fenómeno, intensidad, vulnerabilidad e infraestructura) es:

$$h_i = \sigma(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_j)$$

Ecuación 17. Salida de la primera capa de la Red Neuronal.

Donde:

h_i representa el valor de las salidas de la primer capa de la Red Neuronal.

X_j representa las condiciones de vulnerabilidad de la comunidad.

W_{ij} representa el valor de los pesos de entrada.

σ representa la función Tanh, que es la función de activación en la primera capa de la Red Neuronal.

La interacción se encuentra dada por la multiplicación interna de cada variable con un factor de peso que pondera la importancia de cada una de ellas y la sumatoria total.

Las salidas de la segunda capa de la Red Neuronal se encuentra dada por:

$$f_L = (\sum_{i=1}^{N} c_{Li} h_i + c_{L0})$$

Ecuación 18. Salidas de la segunda capa de la Red Neuronal.

Donde:

F_L representa las consecuencias y los daños producidos por la acción del desastres.

H_i representa el valor de las salidas de la primer capa de la Red Neuronal.

C_{Li} representa el valor de los pesos de salida.

C_{L0} representa el valor de los pesos umbrales de salida.

En donde se refleja nuevamente esa capacidad de interacción que tiene el modelo planteado, al sopesar las salidas de la primer capa de la Red Neuronal y sumarlas entre sí.

Por lo que la ecuación final que resume el modelo propuesto es:

$$f_L = \sum_{i=1}^{N} c_{Li} \sigma(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_j)$$

Ecuación 19. Ecuación final que resume el modelo.

Donde:

F_L representa las consecuencias y los daños producidos por la acción del desastres.

X_j representa las condiciones de vulnerabilidad de la comunidad.

W_{ij} representa el valor de los pesos de entrada.

C_{Li} representa el valor de los pesos de salida

σ representa la función Tanh, que es la función de activación en la primera capa de la Red Neuronal.

Este planteamiento es más integral y completo que lo propuesto en 1979 por la UNDRO, donde

$$R_{is} = f(A_i, V_e)$$

Ecuación 20: Riesgo específico sobre un elemento e

Donde:

R_{is} representa el riesgo específico sobre un elemento e.

A_i representa una amenaza de intensidad i que puede afectar al elemento e

V_e representa la vulnerabilidad del elemento e de ser afectado por un fenómeno natural.

Esta última expresión es realmente una " ecuación social ", que busca relacionar de la manera más simple y entendible las variables que determinan el riesgo al que se encuentra sometida una comunidad vulnerable.

En el marco de este contexto, el modelo matemático planteado mediante la utilización de una Red Neuronal Multicapa, garantiza que el resultado obtenido es el fruto de la interacción de todas las variables de entrada y salida. Por lo que puede servir para

generar un modelo matemático que pueda precalcular daños por desastres naturales que afectan a comunidades vulnerables. Es el menos inexacto de los modelos planteados hasta el momento con respecto al caso de estudio del presente trabajo, sirviendo como base para Programas de Desarrollo Municipal, respecto a preparativos para desastres e intervención. [44].

Como el número de variables de entrada es de 22, ese es el número de nodos correspondientes a la capa de entrada, los mismo ocurre con la capa de salida, pero en este caso, el número de nodos es de 16, correspondientes al número de salidas. Se ha asignado un número de nodos de 22 a la capa oculta de la red, como primera estructura de prueba de entrenamiento de la red neuronal, correspondiente al número de entradas.

3.2.2. DISEÑO DE LA APLICACION

3.2.2.1. ARQUITECTURA GENERAL DE LA APLICACION:

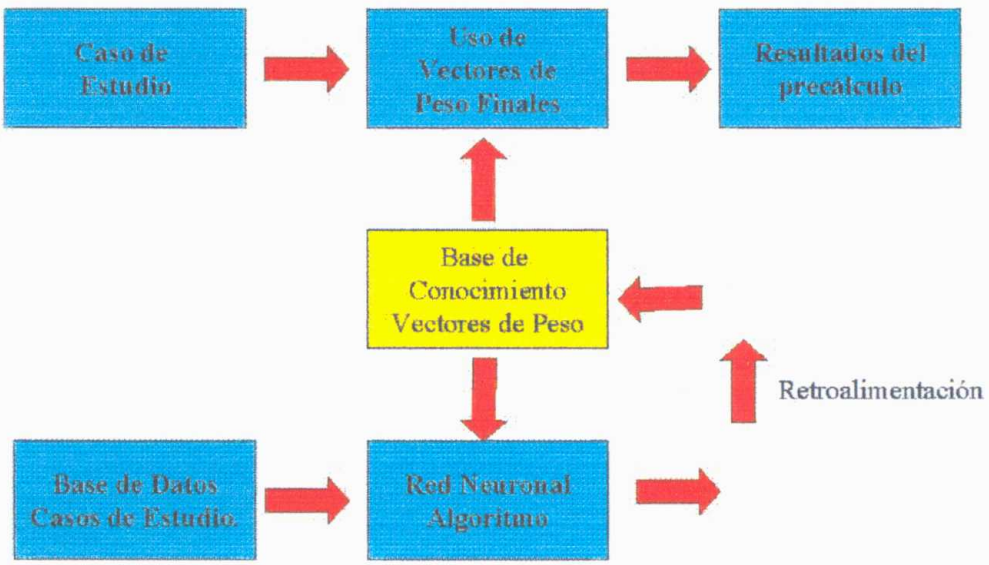

FIGURA 10. Estructura General de la Aplicación.

El funcionamiento del Software Simulador se basa en la operacionalidad de una Red Neuronal Multicapa compuesta de 3 Capas así:

22 Nodos de Entrada.

22 Nodos Intermedios.

16 Nodos de Salida.

Los primeros siete nodos de entrada corresponden a variables relacionadas con el tipo de fenómeno, su intensidad y el grado de vulnerabilidad de la comunidad afectada, por lo que los valores que el usuario introduce son procesados y toman valores finales entre 0 y 1, dentro del proceso de entrenamiento de la Red Neuronal.

Las restantes variables corresponden a los datos estructurales de la comunidad vulnerable a ser afectada. Estos datos son procesados por medio de la Función de Campana de Gauss, con el propósito de que finalmente asuman valores correspondidos entre 0 y 1 para que puedan fluir dentro del proceso de entrenamiento de la neurona. [17], [18].

El proceso se revierte en la capa de salida de la neurona, con el propósito de que el usuario vea resultados ajustable a valores reales.

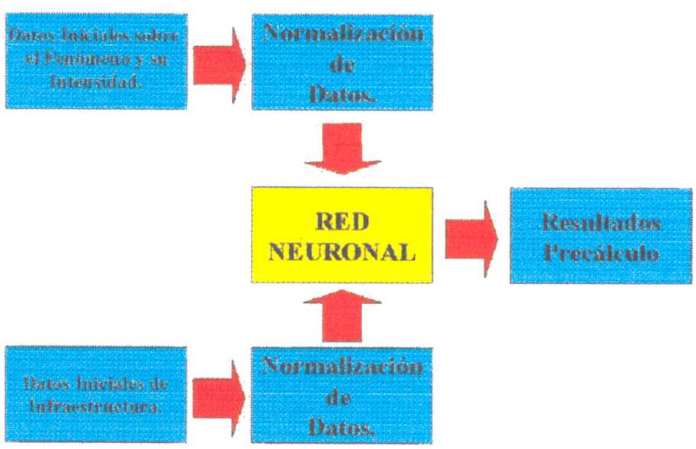

FIGURA 11. Esquema General de la Aplicación.

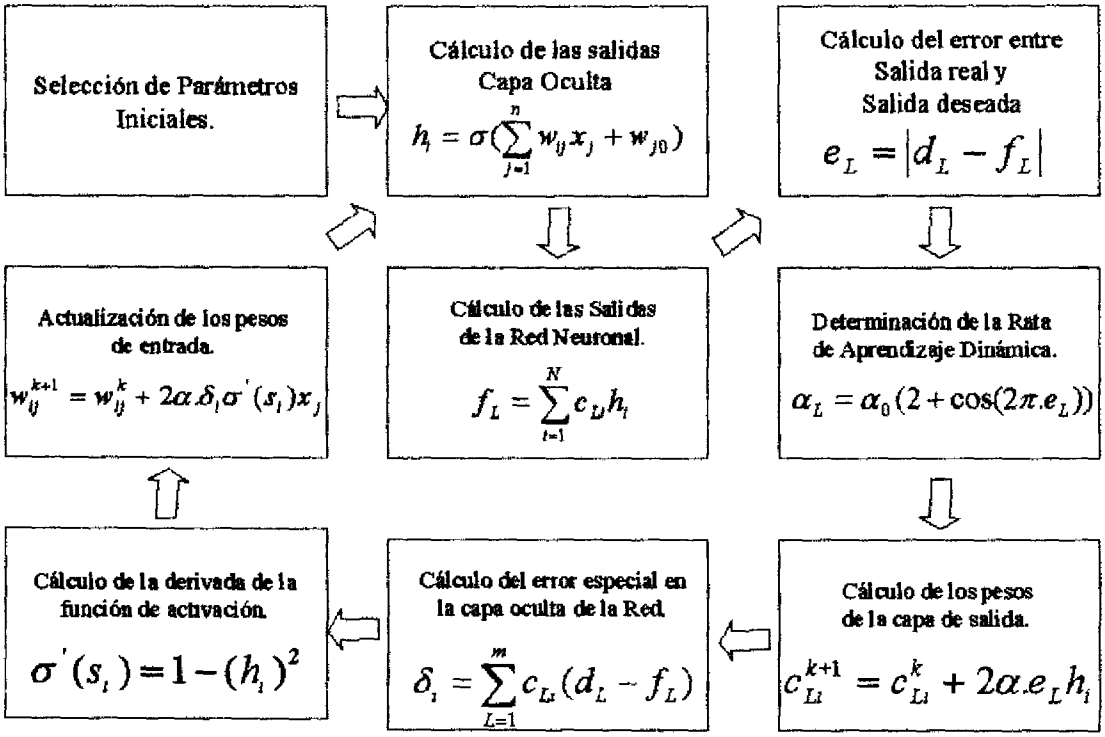

FIGURA 12. Algoritmo de Entrenamiento

Este Algoritmo es denominado " de propagación inversa " para entrenamiento de Redes Neuronales Multicapa.

Como base de entrenamiento, la Red Neuronal toma datos correspondientes a Desastres en Latinoamerica, estos datos son procesados bajo el patrón de entrenamiento de redes neuronales multicapa (algoritmo de propagación inversa), dando como producto final una base de conocimiento compuesta por los vectores de pesos de entrada y salida de la red neuronal.

Al realizarse el proceso de simulación, se utiliza la base de conocimiento almacenada en el valor de los pesos de entrada y salida de la neurona. Se introducen los datos del caso en estudio y se procesan con el patrón de entrenamiento actual de la neurona.

En el Anexo Número 2 se puede apreciar la pantalla final del Software con el Código Fuente en C++. [43], [44], [45], [46].

3.2.2.2. DESCRIPCION DE LOS MODULOS EN LA APLICACION:

3.2.2.2.1. Datos Iniciales del Fenómeno y la Vulnerabilidad de la Comunidad:

Este Módulo corresponde a la selección de parámetros iniciales que abarca las variables de fenómeno, Intensidad, vulnerabilidad por Localización, Vulnerabilidad por Ingresos, Vulnerabilidad por Educación, Vulnerabilidad por densidad poblacional y Vulnerabilidad por calidad de construcciones. Estas variables tienen valores no cuantificables en el modelo propuesto.

3.2.2.2.2. Proceso de Normalización de las variables no cuantificables directamente:

En este Módulo se asignan valores numéricos de 0 a 1 para las variables no cuantificables de Fenómeno, Intensidad, vulnerabilidad por Localización, Vulnerabilidad por Ingresos, Vulnerabilidad por Educación, Vulnerabilidad por densidad poblacional y Vulnerabilidad por calidad de construcciones. [47], [48], [49], [50], [51].

3.2.2 2.3 Datos iniciales de infraestructura

Este Módulo corresponde al conjunto de valores numéricos de las variables de población, vías de acceso, hectáreas de cultivo y ganadería, número de casas habitables, número de centros de salud, centros educativos, fábricas, centros religiosos y centros recreativos utilizados por la comunidad, así como la infraestructura de redes de acueducto, alcantarillado, red telefónica y red eléctrica, como el porcentaje de crecimiento del Producto Interno Bruto. Estas variables sí son cuantificables

3 2 2 2.4. Proceso de Normalización

En este Módulo se transforman los valores numéricos de los parámetros de infraestructura a valores entre 0 y 1

3 2 2 2 5. Proceso Neuronal.

En este módulo se realiza el proceso de entrenamiento y cálculo en la Red Neuronal, bajo el algoritmo de propagación inversa ya mencionado y especificado anteriormente.

3.2 2 2.6 Transformación Final y Resultados de Simulación

Para que los resultados finales tengan coherencia, se aplica el Proceso de Normalización a la inversa, con el propósito de darle valores reales a las salidas de la Red Neuronal (las cuales toman valores entre 0 y 1).

3.2.2.3. DESCRIPCION DE LA INTERFAZ DE USUARIO DE APLICACION:

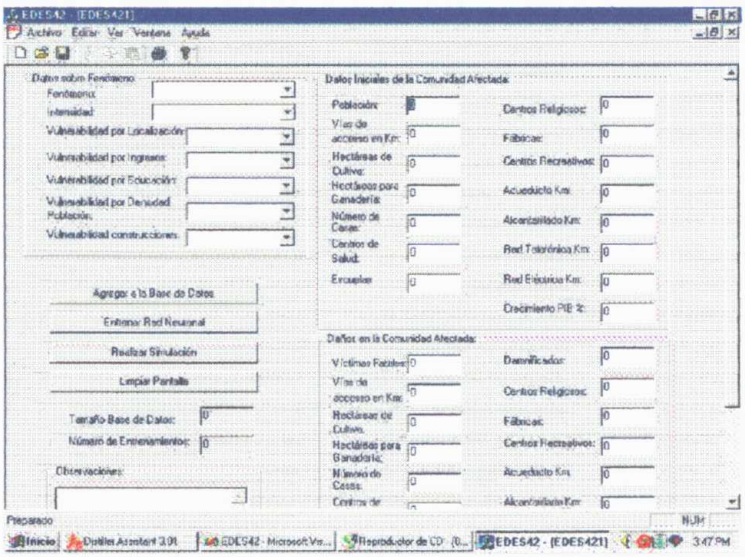

FIGURA 13. Interfaz de Usuario.

La Interfaz de usuario es un Software en Visual C++ Versión 6.0 de interfaz de documento múltiple (MDI), en donde se muestra lo siguiente:

7 Cajas Combo para la selección de los valores de las variables de Fenómeno, Intensidad, Vulnerabilidad por Localización, Vulnerabilidad por Ingresos, Vulnerabilidad por Educación, Vulnerabilidad por Densidad Poblacional y Vulnerabilidad por Construcciones.

15 Cuadros de Edición para asignar parámetros de infraestructura social " Datos Iniciales de la Comunidad Afectada ", es decir, para asignar valores a las variables de población, vías de acceso, hectáreas para cultivo, hectáreas para ganadería, número de

casas, número de escuelas, número de fábricas, número de centros religiosos, número de centros recreativos, longitudes de redes de acueducto, alcantarillado, redes telefónicas, redes eléctricas y porcentaje del Producto Interno Bruto de la nación en donde ocurre el desastre.

16 Cuadros de Edición que muestran los resultados de los cálculos y el entrenamiento, muestra las 16 variables de salida de la red.

Así mismo, se muestran 4 botones de procesos con las funciones de " Agregar a la Base de Datos ", proceso en el que se agregan casos de estudio a la base de datos de entrenamiento. " Entrenar Red Neuronal ", " Realizar simulación ", para precalcular daños, contando con el actual estado de entrenamiento de la Red Neuronal y finalmente aparece el botón de " Limpiar Pantalla ", para dejar la interfaz en blanco e iniciar un nuevo caso de estudio.

El entrenamiento de la Red Neuronal se realizó por medio de 100 casos de entrada. Este entrenamiento sirve como punto de partida para ser mejorado continuamente mediante la introducción de nuevos casos, una vez estos hayan ocurrido y se hayan registrado debidamente.

3.3. EJEMPLO DE RESULTADOS EN EL USO DE LA APLICACION:

Entradas:

Fenómeno. Terremoto

Intensidad. Alta.

Vulnerabilidad por Exposición Muy Cerca.

Vulnerabilidad por Ingresos. Menos de un Salario Mínimo Legal Vigente.

Vulnerabilidad por Construcciones. Muy Defectuosas

Vulnerabilidad por Densidad Poblacional. Muy Alta.

Vulnerabilidad por Educacion· Baja.

Población: 100000 habitantes.

Carreteras y vías de acceso· Malla Vial de 200 km.

Hectáreas para Cultivo. 150

Hectáreas destinadas a la Ganadería: 250.

Número de Casas: 20000

Número de Centros de Salud· 15

Número de Escuelas: 100.

Número de Unidades de Producción (fábricas): 10.

Número de Centros Religiosos 20.

Número de Centros Recreativos: 5

Extensión de la Malla de Acueducto: 200 km.

Extensión de la Malla de Alcantarillado: 150 km.

Extensión de la Red Telefónica: 250 km

Extensión de la Red Eléctrica: 250 km.

Porcentaje de Crecimiento del Producto Interno Bruto: 3%.

Salidas:

Damnificados: 3727.16

Víctimas: 24772.6

Longitud de vías afectadas: 49.54 km

Hectáreas de Cultivo afectadas: 37.15

Hectáreas de Ganadería afectadas: 61.93

Casas afectadas: 4954.52

Centros de Salud afectados: 3.71

Escuelas afectadas: 24.77

Unidades productivas afectadas (fábricas): 2.47

Centros Religiosos afectados: 4.95

Centros Recreativos afectados: 1.23

Extensión de la Malla de acueducto afectada: 49.54

Extensión de la Malla de alcantarillado afectada: 137.13

Extensión de la Malla Telefónica afectada: 61.93

Extensión de la Malla Eléctrica afectada: 61.93

El Producto Interno Bruto solo crecerá un 2.39%.

3.4. CONCLUSIONES.

1. Con el presente trabajo se busca dejar la puerta abierta y plantear nuevos modelos matemáticos que considere la mayor cantidad posible de variables que influyen en la magnitud del impacto de un desastre natural sobre una comunidad vulnerable, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento de datos por entrenamiento de Redes Neuronales y dinamizar el uso de la información disponible actualmente sobre Desastres, con el propósito de que los datos recolectados sean realmente útiles en los procesos de planificación.

2 No sobra aclarar que el uso eficiente de una herramienta básica de precálculo global como la planteada en el presente trabajo es solo un insumo más del cálculo total que debe surgir como fruto de procesar toda la información relacionada con la comunidad vulnerable y su asentamiento humnao y depende también del grado de organización y planificación de la localidad a ser estudiada. [44],[61].

3. Las Redes Neuronales no son modelos "mágicos" cuya "inteligencia" resuelve todo. Los resultados del modelo (software) es brindar el apoyo o guía al experto, no reemplazarlo.

4 Toda aplicación de Redes Neuronales, es el resultado de meses de experimentación por ensayo y error por parte de los investigadores Las Redes Neuronales tienen un

amplio campo de aplicación, sin la adecuada participación del diseñador de la red no resolverán mágicamente el problema.

5. El modelo propuesto ha demostrado ser muy eficiente para comunidaddes cuya población es menor de 50000 habitantes. Para realizar el estudio sobre comunidades con una población mayor, se hace necesario dividir la comunidad en partes cuya población sea por lo menos menor a 50000 habitantes.

6. La determinación de los valores iniciales de los pesos de entrada, requieren la participación de expertos en gestión integral del riesgo sobre comunidades vulnerables, pues dicho valor inicial se propone como fruto de la experiencia de los expertos, quienes conocen intuitivamente que tanto influye una variable sobre otra.

7. En Latinoamérica se cuenta con gran cantidad de datos relacionados con los Desastres ocurridos en todo el continente desde 1970 aproximadamente. Más sin embargo, gran cantidad de dicha información ha permanecido sin ser utilizada en programas de prevención y preparación de las comunidades vulnerable. El presente trabajo es un intento para poner a trabajar la información en favor de dichas comunidades.

8. El modelo matemático se aplicará en las actividades desarrolladas por la Dirección General de Operaciones y del Socorro Nacional de la Cruz Roja Colombiana. Institución que ha apoyado la realización del proyecto.