

ALGORITMO INTELIGENTE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE CONSULTAS MÉDICAS DE ATENCIÓN PRIMARIA.

Autora:

Ing. Ysabella Coromoto Navas Borjas.

Fecha: Mayo 2019.

navasborjasy@uvm.edu.ve

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basó en el desarrollo de un algoritmo inteligente para el diagnóstico de algunas enfermedades de atención primaria tales como el dengue, la hepatitis viral, la gastritis, el asma bronquial, la diabetes mellitus tipo 1 y el parasitismo intestinal, en el cual fue necesario estudiar el proceso de una consulta y la relación entre doctor-paciente además de los síntomas relacionados a estas patologías, la elaboración del cuadro de pesos, donde fue determinado el peso de cada sintoma o hábito influyente en cada caso. El principal lenguaje para el algoritmo fue Python, basado en la inteligencia artificial y el análisis de datos, logrando concluir que con la implementación de estos métodos se generan beneficios que van desde reducción de tiempo hasta precisión a la hora de toma de decisiones en el diagnóstico médico.

Palabras clave: Redes neuronales, algoritmos inteligentes, inteligencia artificial, análisis de datos, dengue, hepatitis, diabetes, asma bronquial, gastritis, parasitismo, atención primaria de salud.

SMART ALGORITHM FOR THE AUTOMATION OF MEDICAL CONSULTATIONS OF PRIMARY CARE.

Abstract:

The present research work was based on the development of an intelligent algorithm for the diagnosis of some primary care diseases such as dengue, viral hepatitis, gastritis, bronchial asthma, diabetes mellitus type 1 and intestinal parasitism, in which was necessary to study the process of a consultation and the relationship between doctor-patient in addition to the symptoms related to these pathologies, the elaboration of the table of weights, where the weight of each symptom or influential habit was determined in each case. The main language for the algorithm was Python, based on artificial intelligence and data analysis, concluding that the implementation of these methods generates benefits ranging from time reduction to precision when making decisions in the diagnosis doctor.

Keywords: Neural networks, intelligent algorithms, artificial intelligence, data analysis, dengue, hepatitis, diabetes, bronchial asthma, gastritis, parasitism, primary health care.

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos, existen en un mundo complejo y realmente variante, en el cual la misma regularidad de cambio no permite repetición de forma, nada sucede de igual manera dos veces, aunque parezcan muy similares. El desarrollo de la inteligencia, se basa en la imprecisión de los conocimientos, las emociones y experiencias entre otras cosas, que unidas entre sí pueden producir un sistema complejo capaz de igualar actividades como las del ser humano o cualquier otro viviente. Las técnicas de la inteligencia artificial tienen como principal objetivo modelar a través de ciertas metodologías la imprecisión del mundo real, la cual, de forma precisa no logra ser comprendida y ser capaces de generalizar a partir de experiencias del pasado.

A través de los últimos años, cada vez son más las investigaciones que se han realizado a favor de lo que se ha denominado computación inteligente. La inteligencia artificial se presenta como una técnica emergente, nacida de ya hace varias décadas, pero no es hasta ahora, cuando se demuestra el alcance positivo que esta posee, anteriormente quizá no tomada en cuenta debido principalmente a la falta de tecnología, como el desarrollo de hardware, software y sensores necesarios que ayuden a la implementación de ciertos sistemas considerados inteligentes.

La autora, con una visión particular de la computación inteligente inclinado principalmente en los considerados Algoritmos Inteligentes a través de algoritmos de recorrido y modelos computacionales, presenta ideas y conceptos básicos sobre el tema, moldeando el comportamiento humano precedido por Sistemas Expertos, los sistemas basados en conocimientos y su influencia en la

descripción a través de la Ingeniería del Conocimiento. Las Redes Neuronales, la Lógica Difusa y los Algoritmos Genéticos han sacado provecho de estos avances, desde la representación matemática de variables lingüísticas, que representan una serie de conceptos asociados que son importantes para comprender conjuntos también difusos, los mecanismos de inferencia, la fusificación, la desuficación así como sus aplicaciones.

En la investigación en desarrollo, se evalúan las Redes Neuronales, que son arreglos de unidades que realizan procesamiento en paralelo, con las cuales es posible reproducir ciertas funciones del cerebro humano, evidentemente, existen diferentes estructuras y algoritmos utilizados para su entrenamiento, los Algoritmos Inteligentes, los cuales se enmarcan dentro de la computación evolutiva son capaces de emular la evolución biológica mediante el uso de operaciones estadísticas imitantes de la biológica. Estas áreas estudiadas, más que contraponerse, lo que hacen es complementarse y como último factor, el análisis de datos como ciencia para examinar conjuntos de datos con la finalidad de obtener conclusiones referentes a la información principal con el fin de tomar decisiones o ampliar conocimientos obviados sobre determinado tema, en este sentido, los datos son sometidos a operaciones que, en punto último, devuelve conclusiones precisas que favorecen la investigación.

La continua evolución de la tecnología aporta grandes beneficios a la humanidad, su papel principal es proporcionar mejores herramientas útiles para simplificar el ahorro de tiempo y esfuerzo de trabajo. Las herramientas más utilizadas son los sistemas de información, sistemas de toma de decisiones y lo que llamamos una combinación, los sistemas expertos o automatizados orientado a la inteligencia artificial, estos últimos producidos posterior a un Algoritmo

Inteligente, que no es más que pasos heurísticos capaces de alimentarse de una base de conocimientos donde permiten que a largo plazo, crece y mejora los resultados y respuestas, estos han obtenido gran importancia dentro de estos últimos años en un ambiente global, por dar apoyo a las personas o individuos que necesitan una decisión o respuesta rápida permitiendo el desarrollo de funciones y dependiendo del algoritmo en la inteligencia artificial abarcara una radical importancia donde esté ambientado.

Hoy en día las empresas necesitan cada vez más sistemas de expertos o automatizados para el apoyo de sus actividades principalmente, reconocimiento de datos útiles para manejo total, logrando que sus procesos sean más rápidos y eficientes. En vista de las grandes ventajas que tienen estos, se han convertido en unas de las ramas más estudiadas e implementadas en las organizaciones, ya que a través de estos se suelen lograr ahorros significativos de mano de obra, automatizan tareas y recolectan información para generar grandes bases de datos, llenas de conocimientos de expertos en el tema o área específica, razón por la cual son de uso indispensable en el mundo.

La medicina, por su parte, es un área que abarca mucho terreno, está compuesta por ramas y subdivisiones en donde se establece un determinado proceso, una relación amistosa entre el médico y paciente, casi como una relación entre hermanos, se deben entender y para así lograr entender los síntomas que realmente son importante, donde según su experiencia tomara la decisión de que exámenes, o tratamientos darle, mejor conocido como diagnóstico.

Para realizar un diagnóstico se requiere información sobre los síntomas del paciente, condición general, historial clínico y resultados del laboratorio.

Estos datos se obtienen a partir de una serie de preguntas, cada una de las cuales es determinada a partir de la respuesta anterior del paciente utilizando diversas reglas o a través de la experiencia, este primer proceso conocido como atención primaria de salud, (almacenada en la memoria del ser humano experto, historial clínico, o bien, del sistema para que sea procesado como datos de entrada en el Algoritmo Inteligente).

Otro punto a favor de estas tecnologías, es que al tener almacenado el conocimiento sea en medios electrónicos o en su código, nunca se deteriorará, por el contrario, con el módulo de aprendizaje adjunto o no al algoritmo se logran ingresar nuevas reglas para tratar nuevas enfermedades, lo que asegura también que al realizar la prueba en pacientes con los mismos síntomas se diagnostique de la misma manera de forma más rápida y por ende, más efectiva. A pesar de la precisión de estas nuevas técnicas, una parte que hace falta para poder respaldar los resultados o para poder llegar a ellas más rápido es la exploración física. Sin embargo, a ser la medicina un área extensa se decide elegir las enfermedades de atención primaria de salud como base para facilitar un primer diagnóstico.

En este trabajo de investigación, se plantea el desarrollo de un algoritmo inteligente para la automatización de consultas médicas orientadas principalmente en el diagnóstico de enfermedades de atención primaria de salud, para la elaboración de este proyecto se emplea como metodología, SCRUM que se utiliza para un mejor control y mayor logro en el cumplimiento de software, estableciendo metas, creando un principio y un fin organizadamente.

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

La inteligencia artificial, dentro de lo ideal, es un agente racional flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen las posibilidades de éxito de una determinada tarea, siendo una definición común el hecho de imitar funciones cognitivas de los humanos como aprender y resolver problemas. En los últimos años, esta definición se ha extendido, con la finalidad de comprender procesos biológicos humanos además del poder demostrar que es posible el enseñar a una maquina a pensar, hecho que convierte una simple afirmación en un agente difuso.

Por su parte, la medicina, es la ciencia dedicada al estudio de la salud, las enfermedades y en el peor de los casos, la muerte. Esta, implica el mantener y recuperar la salud aplicando el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades. Recientemente, a nivel mundial, existen controversias en cuanto a lo que es ofrecer la salud pública de forma gratuita, además de, el diagnóstico de enfermedades a través de métodos de aprendizaje, tema, además, que sustenta el proyecto en desarrollo.

La unión de la inteligencia artificial y la medicina comprenden la evolución de las ciencias de cómputo, proceso, que desde hace ya un tiempo ha venido recibiendo aceptación a nivel mundial por la rapidez y precisión con que se arroja resultados, ejemplo de esta afirmación es Watson, el superordenador de IBM (International Business Machines Corporation) que ya es capaz de dar diagnósticos de cáncer con una precisión del 83%, y sugiere posibles tratamientos al profesional médico. Watson también puede realizar un

seguimiento individualizado de cada paciente a nivel genético e incluso ya está identificando medicamentos nuevos y la relación entre los medicamentos existentes.

Sin embargo, las apuestas de la inteligencia artificial en la salud no son estáticas, siguen en constante evolución, algoritmos como Sentrion apuntan aún más allá, pues pretende prever cuándo una persona se enfermará, de esta manera se podrá tratar incluso antes de tener que acudir al hospital, reduciendo las asistencias en los centros hospitalarios. Para ello usan biosensores y machine learning para analizar los datos. El potencial más evidente, es el hecho de mejorar la salud y permitir el acceso a ella en cualquier parte del mundo, ofreciendo mejores diagnósticos, tratamientos más efectivos, mezcla de datos biométricos y predicción para evitar el tener que acudir a un centro hospitalario como primera estancia y lo más resaltante, el ahorro millonario a la industria médica.

Francesco Maneto (2018) asegura que “Los habitantes de Venezuela viven entre el racionamiento, la escasez de medicinas, personal de la salud, la inseguridad, la polarización política y la falta de recursos tecnológicos” esto podría significar que en parte, las nuevas tecnologías y la medicina en el país, están en proceso de deterioro, a pesar de que el acceso a estas ciencias es gratuito en diferentes ámbitos, el tiempo de respuesta es absurdo o incluso, no existe por la ausencia de médicos en el área, lo que resulta ser un proceso engorroso en cuanto a feedback médico-paciente, es decir, la retroalimentación y entendimiento en una conversación entre el personal y el usuario, incluso, si es el caso, no existen programas de gran precisión enfocados a dar respuestas

en cuanto a salud de manera gratuita y con gran precisión. Estos mismos programas, en algunos casos desarrollados con Deep Learning, que no es más que el conjunto de algoritmos de aprendizaje automático, resultan ser evidentemente costosos y es por ello, que lo tradicional entonces demuestra seguir siendo el pilar en las posibles decisiones, sumado a ello, la desconfianza que existe en la población cuando de entregar temas salud a un algoritmo inteligente que puede ser o no preciso.

Por su parte, Jaime Torres (2017), jefe de la sección de enfermedades infecciosas del Instituto de Medicina Tropical de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en una entrevista, afirmó que "Esto pone de manifiesto la escasez de recursos, la pérdida de médicos por la emigración y a la vez, perdida de jóvenes talento", sabiendo esto, se llega a suponer que la falta de recursos en diferente ámbitos crea el déficit escalado en cuanto a lo que se conoce como atención medica segura y la colección de herramientas que hacen más fácil usar, crear, administrar e intercambiar información.

En este sentido, y por las razones antes indicadas, se plantea el desarrollo a través de un modelo computacional un Algoritmo Inteligente para la Automatización de Consultas Médicas de Atención Primaria, del mismo modo se espera que este sea empaquetado previamente con datos suministrados por un modelo Deep Learning (red neuronal). Este, permitirá realizar una consulta, simulando la conversación con un médico de manera fluida y a su vez generará un diagnóstico en base a posibilidades de peso, contando además con la lectura de exámenes de laboratorio y descarte en base a ellos de las enfermedades más comunes de una consulta común.

Formulación del problema

Del planteamiento realizado, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo elaborar un algoritmo inteligente que sirva para automatizar las consultas médicas de atención primaria usando modelos matemáticos de inteligencia artificial?

¿Cómo enseñar al modelo computacional a diferenciar enfermedades?

¿Qué factores influyen en el diagnóstico de una enfermedad?

¿Realmente se puede automatizar el diagnóstico de una enfermedad?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Algoritmo Inteligente para la Automatización de consultas Médicas de Atención Primaria, que sirva como un asistente médico dando diagnóstico de enfermedades con cierta precisión y a su vez, descarte otras a través de la revisión de exámenes de laboratorio.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Identificar las principales características en común de las enfermedades.
- ✓ Crear el algoritmo que funcione como entorno de prueba y trabaje de manera similar a un Chatbot.
- ✓ Recolectar y organizar datos que sirvan como input a un modelo computacional de Deep Learning.

- ✓ Elaborar grafica de grafos que muestre el proceso de una consulta médica en el algoritmo implementado, mostrando rutas rápidas para el diagnóstico de patologías.
- ✓ Implementar tabla de pesos y etiquetas de síntomas de las enfermedades a diagnosticar.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de proyectos de investigación basados en nuevas tecnologías que busquen el sustentar necesidades básicas de los seres humanos, como es el caso, la medicina, permiten obtener un alto grado de relevancia social, logrando de este modo ser justificadas desde el punto de vista teórico, práctico y metodológico. En este caso, la investigación presentada busca mediante la aplicación de teorías y conceptos básicos de matemáticas discretas, estructura de datos, estadística e inteligencia artificial, desarrollar un algoritmo inteligente que, a este respecto, logre responder a necesidades básicas referente a la salud de manera rápida y eficaz.

El aspecto práctico, se justifica por cuanto facilitará el acceso a la salud, mecanizando el proceso de una consulta médica a quienes la requieran de manera inmediata (sean investigadores, estudiantes, médicos o pacientes), además de lectura de resultados sanguíneos que correspondan al cumplimiento de los objetivos. Es importante resaltar que los resultados de lo planteado, particularmente la propuesta de la investigación, orientará al ámbito médico en cuanto a probabilidad de patologías en la población, en consecuencia, resultará un proceso de solvencia de problemas de manera rápida y asertiva. En tal sentido, mostrará como desenlace una consulta gratuita, rápida y eficaz.

La presente investigación reviste importancia en particular para la Universidad Valle del Momboy (UVM) en su línea de Modelos Matemáticos, Lógica Difusa y Cibernética, la cual se viene desarrollando como apoyo a trabajos de investigación orientado al área de pregrado.

Delimitación del estudio

La presente investigación tiene como punto central de desarrollo un Algoritmo Inteligente para la Automatización de Consultas Médicas para la Atención Primaria, teniendo como tiempo estimado nueve (11) meses, de mayo de 2018 a abril de 2019 para el cumplimiento total de los objetivos propuestos.

CRITERIOS METODOLOGICOS

Metodología para la construcción de un Algoritmo Inteligente

Para desarrollar o utilizar Algoritmos Inteligentes, se debe como primer punto identificar y analizar el problema para lograr reconocer si el mismo resulta ser solucionable a partir de una serie de reglas y experiencias. Luego, se procede a idear algún modo de adquisición y modelamiento del conocimiento en sí para por ultimo reducirlo a nivel simbólico, en este sentido, poder educar así al programa. Por supuesto, que con este trabajo no se intentará de ningún modo explicar todas las implicaciones del proceso, pero se tratará de exponer una idea bastante sencilla de como esto se realiza.

Fase 1: Análisis del Problema

El primer paso consiste en plantear los problemas que deben ser resueltos, en esta primera fase es de vital importancia determinar correctamente el ámbito de trabajo. Aquí se incluye ya el usuario posterior, un representante del grupo de usuario. Para la aceptación, y en consecuencia para el éxito, es primordial tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario.

Fase 2: Adquisición de conocimiento y conceptualización

El objetivo consiste en identificar todos los elementos que intervienen en la solución del problema (Conceptos, procedimientos, reglas de inferencia, heurístico, casos

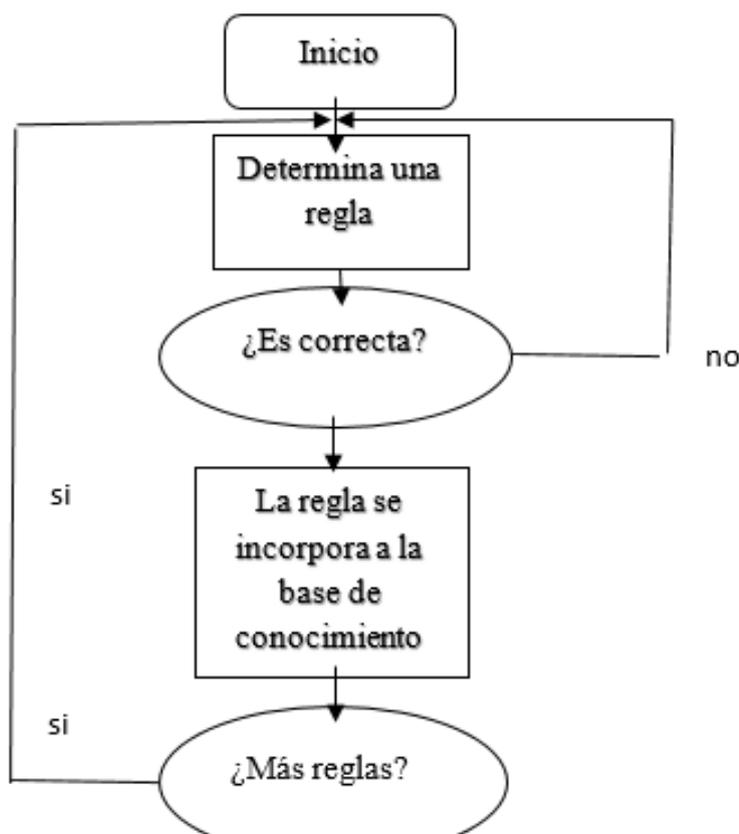
especiales, métodos de razonamiento, restricciones, etc.). La información escrita (libros, informes, revistas, etc.), datos empíricos proporcionados por aparatos de medida o por observaciones datos gráficos (imágenes, dibujos, diagramas, etc.). A medida que se obtiene el conocimiento es necesario depurarlo, seleccionando los conceptos básicos que harían posible el funcionamiento óptimo del algoritmo programado.

Fase 3: Formalización y representación del conocimiento

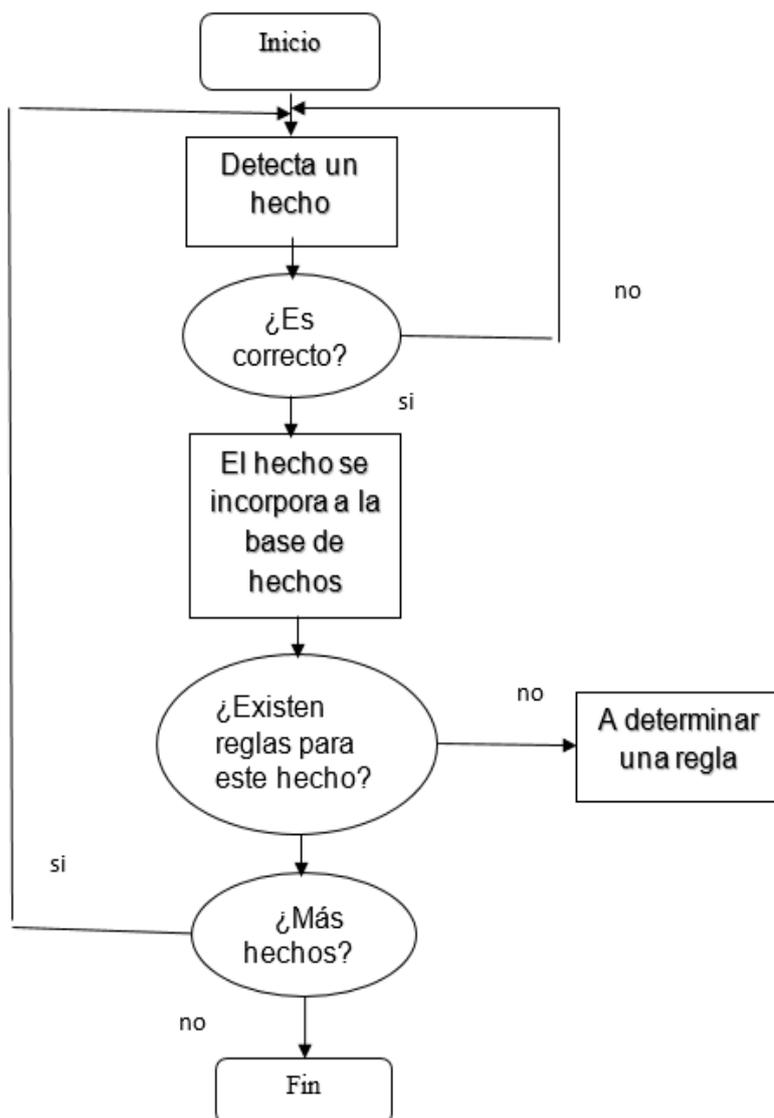
La actividad del ingeniero del conocimiento en esta fase se concreta en las siguientes tareas:

- Elección de un formalismo de representación del conocimiento.
- Elección de una arquitectura que permita coordinar y manejar los distintos tipos de elementos que intervienen en la solución del problema.
- Creación de la base de conocimiento utilizando el formalismo y la arquitectura elegida.

En esta fase se determina las reglas y se incorporan a la base de conocimientos.



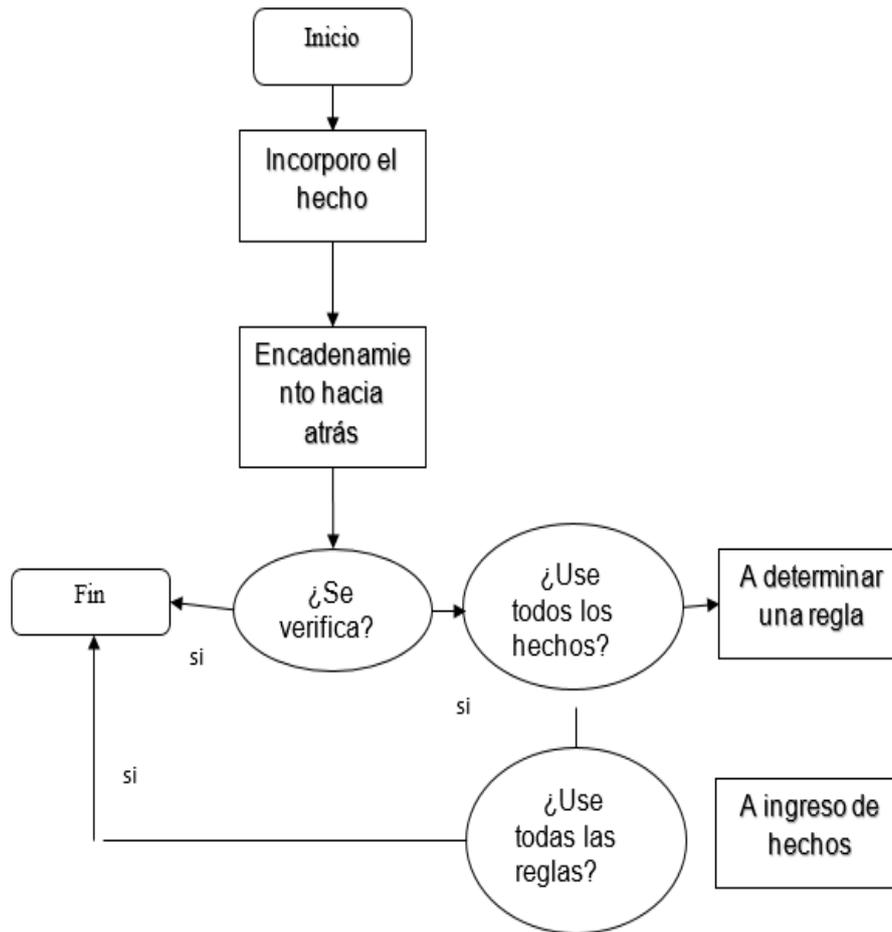
Asimismo, se detectan los hechos y se incorporan a la base de hechos. Si no existe al menos una regla que contenga ese hecho debemos determinarla ya que de no ser así, ese hecho estaría de más en la base de hechos.



Para esquematizar este proceso utilizaremos el encadenamiento hacia atrás, solo como ejemplo gráfico. Por medio de cascadas de órdenes, veremos ambos casos.

Verificación de un hecho

En este proceso, una vez tomando un hecho, se produce el encadenamiento hacia atrás. Es decir, se parte de la premisa para llegar a los datos.



Deducción de un hecho

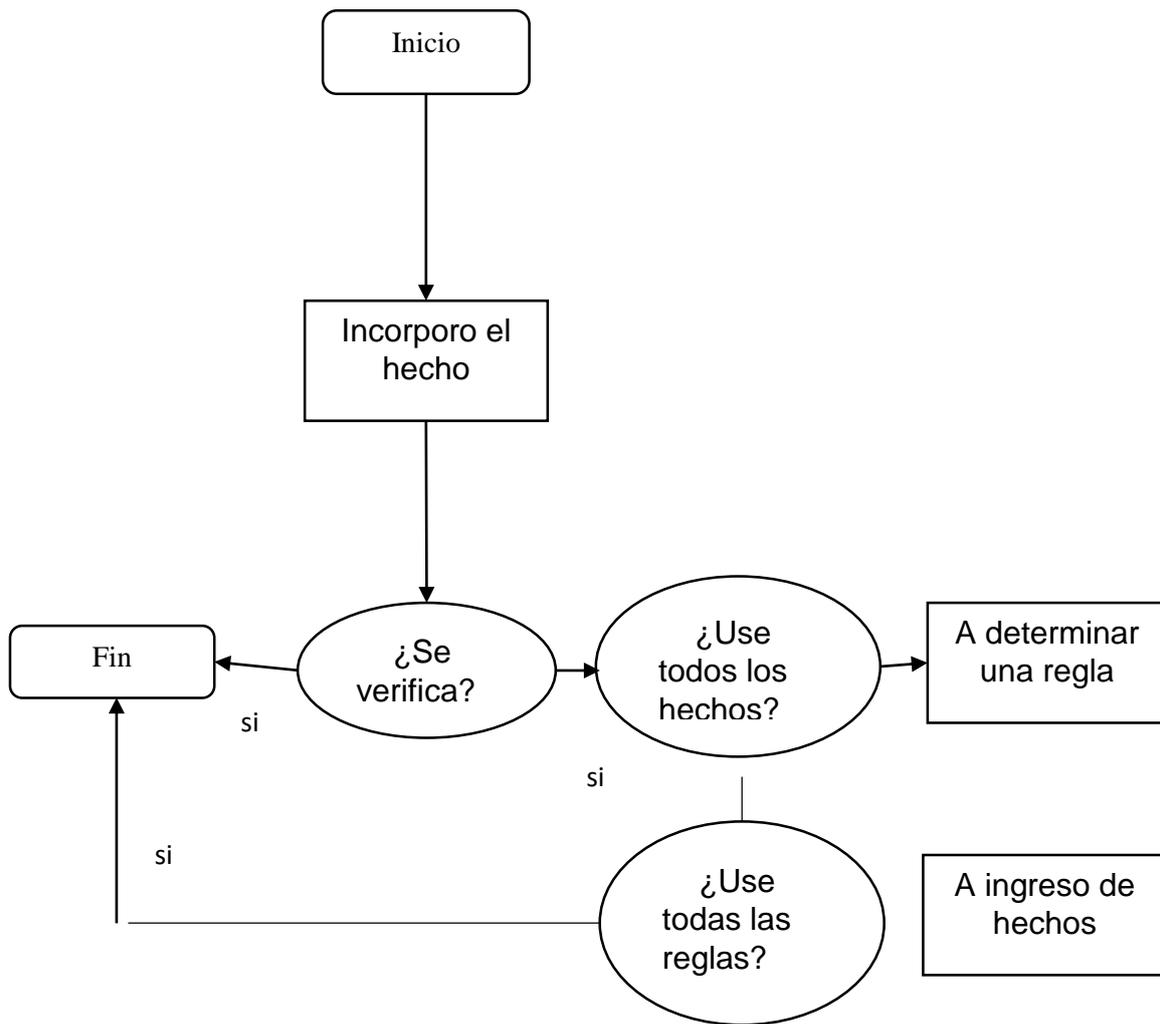
En este proceso, primero se requiere los datos para analizar la premisa, es decir, se parte de reglas heurísticas:

IF<condición>

Para tomar luego la decisión de continuar o no con el:

THEN<conclusión>

La conclusión de una regla puede constituirse en condición de la premisa necesaria para otra regla y seguir así sucesivamente. Hasta llegar al resultado final de la inferencia.



Fase 4: Validación

El desarrollo del Algoritmo Inteligente y su programación no se considera que esta acabado una vez que funciona esta, sino que se continúan desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos de procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema.

RESULTADOS

Una vez expuesto el problema y los objetivos, dar fundamento teórico a la investigación, describir el entorno metodológico y el marco de trabajo en que se desenvolverá, se culmina en la etapa de resultados, con el fin de cumplir con las metas propuestas. Para llevar la planificación del desarrollo del algoritmo inteligente para la automatización de consultas médicas de atención primaria, se implementarán teorías de Juan Bernardo Vázquez Gómez para la creación de un algoritmo especificadas en su guía “Análisis y Diseño de Algoritmos” se divide en tres fases que llevarán el logro del mismo.

Desarrollo de la metodología

El estudio, promueve la utilización de un algoritmo matemático para llegar a un diagnóstico específico, esto logrado principalmente a través de grafos, mediante la implementación de Dijkstra. Este tipo en específico evalúa cada unidad planteada a través del tiempo, hasta una unidad de llegada, la cual representa el final del recorrido dónde se logra entender el proceso de diagnóstico de una enfermedad y un tiempo estipulado entre una primera llegada y un diagnóstico definitivo.

Además, en esta investigación, se plantea el uso de redes neuronales como una técnica de solución a cantidades variantes de datos en algoritmos y diagnósticos en paralelo y análisis de datos, con la finalidad de estudiar los síntomas y hábitos como un factor común

relevante en el diagnóstico relevante para las entradas a nuestra red. Este tipo de método se ha considerado que puede resultar mejor que otros mecanismos por el tiempo de respuestas obtenido además de predicciones basadas en los conocimientos. Ya que normalmente este tipo de ejecuciones de diagnóstico existentes tardan en hallar la respuesta debido a la encandecía que tienen que realizar, hallando posibles soluciones y tener que compararlas todas, mientras que en este método se ha aplicado valores numéricos a cada síntoma (lo cual implica un conocimiento heurístico), que permite la ejecución de una función matemática que obtiene los resultados por enfermedad de manera más rápida.

Conociendo esto, es importante hacer énfasis en que el diagnóstico de enfermedades a través de exámenes de laboratorio, siempre será heurístico debido a que son valores específicos variantes cada año y equivalentes para cada país. Es decir, para generar un diagnóstico acertado, es necesario evaluar entre un rango limite. En el caso de diagnóstico partiendo de síntomas, se están considerando los síntomas sin ningún orden, por lo que es necesario la comparación de todas las enfermedades, pero si estuviéramos el orden en que se dan los síntomas (nivel de precedencia) podríamos construir una red neuronal con más capas, lo cual nos permitiría hallar más rápido la solución, ya que no se compararía con todas las enfermedades.

Otro factor relevante a tener en cuenta, es que debido a la cantidad de enfermedades a diagnosticar y la falta de bases de datos de historias médicas en la región, al tratarse de la salud, es arriesgado e inconsciente, dar un resultado solamente basándose en la red neuronal. Razón por la cual se lleva en primer plano la ejecución por pesos (como anteriormente se planteó) y como valor definitivo del diagnóstico el valor arrojado por la red neuronal ejecutada, que consta de un método de recorrido a través de un árbol

de análisis sintáctico, variante en tres capas de ejecución y distribuido en ramas. La primera capa es la capa de entrada (los síntomas), en la segunda capa cada neurona representa una enfermedad (en esta capa se hace el cálculo del valor obtenido por la sumatoria de los síntomas de acuerdo a la enfermedad) y la tercera capa son los valores obtenidos en la segunda capa.

Para obtener el resultado final únicamente a través de esta, se compara los síntomas ingresados con la segunda capa que tiene un valor específico para cada enfermedad, que da como resultado un valor dentro del rango expresado. En el caso del algoritmo general heurístico, en primer plano se toma el peso, pasa a un segundo punto relativo (evaluación o no de exámenes de laboratorio) y como última fase de ejecución, diagnóstico definitivo generado por la red, lo que descarta según síntomas o valores automatizados una enfermedad, guiando a través del trayecto hacia el resultado respectivo.

Un algoritmo inteligente siempre es una contribución, ya que es el área en donde no hay muchas aplicaciones. En este caso se trata de un algoritmo para la automatización de consultas médicas de atención primaria generando un diagnóstico, conociendo algunas de las causas (en la mayoría de los casos) y los síntomas para realizar el diagnóstico, además como se ha visto en el capítulo anterior se deben descartar en cada caso enfermedades que suelen confundirse, lo cual hace que el tratamiento no sea efectuado a tiempo o genera riesgos generales debido a la medicación.

Se han considerado como enfermedades similares a las siguientes:

Parasitosis: Gastritis (fase inicial), bacterias estomacales.

Gastritis: Bacterias estomacales, indigestión.

Dengue: Hepatitis (etapa inicial), otro proceso vírico, intoxicación (salpullido inicial).

Asma Bronquial: Neumonía (etapa inicial), infarto.

En este caso se piensa que el algoritmo en general ayudará en el diagnóstico rápido de estas en primera etapa y otras enfermedades a largo plazo, para que empiece el tratamiento de manera inmediata, y que el paciente no tenga tan severos efectos como lo haría de no ser diagnosticado a tiempo. La adquisición de conocimientos se hizo de un experto medico (Médico general) especialista en enfermedades de esta índole, este conocimiento que se adquirió se tenía que transformar a conocimiento simbólico para poder ser representado en el computador.

La representación del conocimiento se ha realizado utilizando objetos estructurados, es decir utilizando la combinación de los otros métodos de representación. Para establecer el grado de precisión enfermedades, este conocimiento se presentó por un valor numérico positivo, el cual indica “peso” del síntoma en la enfermedad si se encuentra presente y un valor nulo para el caso en que el síntoma esté presente. Para el caso de las enfermedades, tomaron un valor numérico específico denotados a continuación:

1 = Dengue.

2 = Hepatitis.

3 = Diabetes.

4 = Gastritis.

5 = Parasitosis.

6 = Asma Bronquial.

Estos valores definidos en la red neuronal. En el caso del algoritmo por sí solo cómo respuesta:

Dengue: Peso ≥ 55 (Sospecha de dengue, conoce días, remite exámenes).

Hepatitis: Peso ≥ 35 (Sospecha de hepatitis, remite exámenes).

Diabetes: Peso $= 40$ (Sospecha de diabetes, conoce factores hereditarios, remite exámenes).

Gastritis: Peso ≥ 32 (Sospecha de gastritis, conoce hábitos, remite exámenes).

Parasitosis: Peso ≥ 40 (Sospecha de parasitosis, conoce hábitos y días, remite exámenes).

Asma Bronquial: Peso ≥ 25 (Sospecha de asma bronquial, conoce hábitos, conoce historial, remite especialista).

Equipo de desarrollo

- *El experto:* Doctora Médico general Carel Padovano Pineda.
- *El ingeniero del conocimiento:* Alumno: Ysabella Navas.
- *El usuario:* aún no se identifica el usuario, pero podría ser cualquier persona con necesidades de atención primaria u otro ingeniero de conocimiento.

Elección de la aplicación

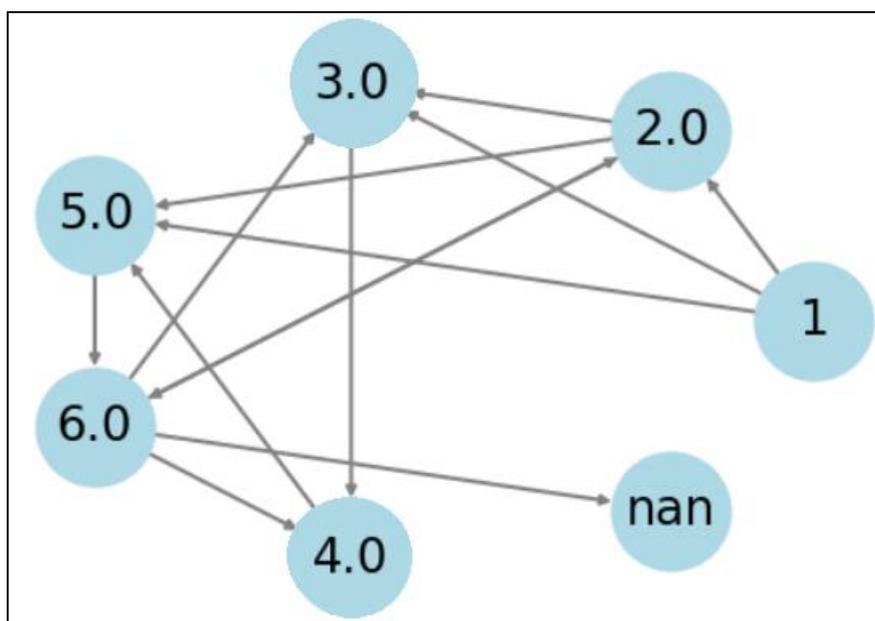
El algoritmo fue realizado con el lenguaje Python en su última versión (3.7.2) en el entorno desarrollo Visual Studio Code y Jupyter Notebook, este lenguaje sirvió para la implementación del algoritmo matemático Dijkstra y Scikit-learn, así mismo para la representación del conocimiento dando apoyo al uso de redes neuronales y análisis de

datos. A la implementación de este conjunto de reglas en general, la investigadora decidió denominarlo “Carel”.

Ventajas de la interfaz

Como las interferencias hechas por un Algoritmo Inteligente (AI) son similares a las hechas por los mismos expertos humanos, el comportamiento del mismo es naturalmente amigable, y los usuarios generalmente pueden mantener el feedback de forma fluida. Otra ventaja, es que los conocimientos faltantes en la base pueden ser fácilmente obtenidos de modo natural. La importancia de este proceso, no es solo que de esta forma se puede verificar fácilmente algún razonamiento incorrecto o tal vez la falta de algún conocimiento importante para llegar a una conclusión valedera, sino que de esta forma la maquina es capaz de enseñar a los humanos a partir de sus experiencias (en la red neuronal).

Para dar inicio con el desarrollo del algoritmo, se implementa en primer índice, el algoritmo Dijkstra, necesario para la automatización de una consulta médica y visualización del proceso luego de recolectar toda la información necesaria para ello.



Fuente: Navas (2019)

Siendo las unidades principales:

Unidad 1. Interrogatorio general

Proceso dónde se conocen los datos personales y biológicos del paciente.

Unidad 2. Interrogatorio específico (aparato y sistema)

Proceso dónde se evalúan los síntomas a través de sistemas específicos.

Unidad 3. Estudios complementarios

Proceso dónde se plantean los estudios complementarios a realizar (en caso de no tenerlos).

Unidad 4. Espera de resultado de estudios complementarios

Proceso de espera del resultado de laboratorio (de parte de la institución).

Unidad 5. Lectura de estudios complementarios

Proceso de lectura de los estudios complementarios indicados, toma de datos.

Unidad 6. Diagnóstico e indicaciones

Proceso de diagnóstico de una patología a través de síntomas o exámenes y si es el caso, indicaciones para otros exámenes.

Cuadro 2

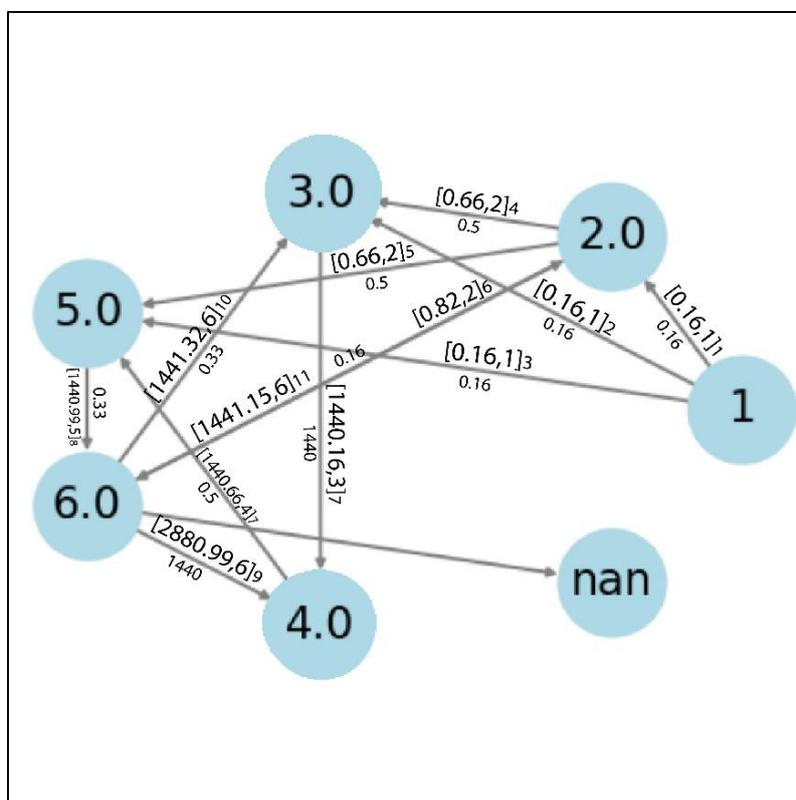
Rutas del Algoritmo Dijkstra

ORIGEN	DESTINO	DURACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	2	0.16	Proceso de interrogatorio general a específico.
1	3	0.16	Proceso de interrogatorio general a revisión.
1	5	0.16	Proceso de interrogatorio general a lectura de resultados.
2	3	0.5	Proceso de interrogatorio específico a indicación.
2	6	0.66	Proceso de interrogatorio específico a diagnóstico por descarte.
2	5	0.5	Proceso de interrogatorio específico a lectura de exámenes.
3	4	1440	Proceso de indicación de estudio a espera de resultados.
4	5	0.5	Proceso de entrega de resultado a lectura de los mismos y descartes de patologías.
5	6	0.33	Proceso de lectura de estudios a diagnóstico específico e indicaciones.
6	3	0.33	Proceso de diagnóstico a estudios complementarios en caso de ser necesario.
6	2	0.16	Proceso de diagnóstico a interrogatorio específico en caso de ser necesario.
6	4	1440	Proceso de diagnóstico a espera de resultados.
6		0	Diagnóstico definitivo.

Fuente: Navas (2019)

La duración está expresada en minutos.

Haciendo uso del algoritmo Dijkstra con los tiempos de recorrido, el grafo queda de la siguiente manera:



Fuente: Navas (2019)

```
In [12]: import pandas as pd
```

```
In [13]: unidad = pd.read_csv('bd_unidad.csv')
unidad.head()
```

```
Out[13]:
```

	UNIDAD	NOMBRE
0	1	Interrogatorio general
1	2	Interrogatorio específico (aparato y sistema)
2	3	Estudios complementarios
3	4	Espera de resultado de estudios complementarios
4	5	Lectura de estudios complementarios

```
In [14]: unidad.set_index(["UNIDAD"], inplace = True)
unidad.head()
```

```
Out[14]:
```

UNIDAD	NOMBRE
1	Interrogatorio general
2	Interrogatorio específico (aparato y sistema)
3	Estudios complementarios
4	Espera de resultado de estudios complementarios
5	Lectura de estudios complementarios

```
In [15]: grafos = pd.read_csv('grafos.csv')
grafos.head()
```

Primera parte del procesamiento de los datos partiendo de información suministrada (unidades).

```
Out[15]:
```

	ORIGEN	DESTINO	DURACION	DESCRIPCION
0	1	2.0	0.16	Proceso de interrogatorio general a específico
1	1	3.0	0.16	Proceso de interrogatorio general a revision
2	1	5.0	0.16	Proceso de interrogatorio general a lectura de...
3	2	3.0	0.50	Proceso de interrogatorio específico a indica...
4	2	6.0	0.66	Proceso de interrogatorio específico a diagnos...

```
In [16]: grafos.describe()
```

```
Out[16]:
```

	ORIGEN	DESTINO	DURACION
count	13.000000	12.000000	13.000000
mean	3.461538	4.000000	221.804615
std	2.106157	1.414214	540.650593
min	1.000000	2.000000	0.000000
25%	2.000000	3.000000	0.160000
50%	3.000000	4.000000	0.330000
75%	6.000000	5.000000	0.500000
max	6.000000	6.000000	1440.000000

```
In [17]: import numpy as np
import networkx as nx
```

Segunda parte del procesamiento, se adjuntan los valores con sus respectivos pesos indicando la unidad origen y la unidad destino. En la salida 16, se visualizan los datos generales del grafo procesado, valores totales del recorrido, media de duración, valores máximos.

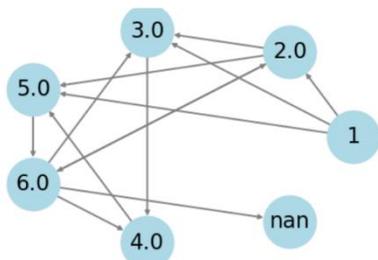
```
In [18]: DG = nx.DiGraph()
for row in grafos.iterrows():
    DG.add_edge(row[1]["ORIGEN"],
                row[1]["DESTINO"],
                tiempo = row[1]["DURACION"])
```

```
In [19]: DG.nodes(data = True)
```

```
Out[19]: NodeDataView({1: {}, 2.0: {}, 3.0: {}, 5.0: {}, 6.0: {}, 4.0: {}, nan: {}})
```

Tercera parte de indicación de grafos, se colocan las conexiones en rutas, indicando la salida desde el origen y el destino medidos a través de la duración de cada unidad (peso). Se observa que se crean las conexiones en la salida 19.

```
In [20]: nx.draw_circular(DG,
                        node_color = "lightblue",
                        edge_color = "gray",
                        font_size = 24,
                        width = 2,
                        with_labels = True,
                        node_size = 3500,
                        )
```



Cuarta salida principal, se crea el grafo en diagrama.

```
In [21]: list(nx.all_shortest_paths(DG, source = 1, target = 6, weight = None))
```

```
Out[21]: [[1, 2.0, 6], [1, 5.0, 6]]
```

```
In [22]: list(nx.dijkstra_path(DG, source = 1, target = 6, weight = None))
```

```
Out[22]: [1, 2.0, 6.0]
```

Quinta expresión, demostración de las rutas más cortas en medidas de tiempo.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de la investigación, una de las principales interrogantes que parecía percutir en cada subproceso era, ¿Realmente una máquina puede llegar a dar diagnósticos certeros de patologías mejor que un médico? Y ¿Serán las maquinas mejores médicos que los médicos propiamente dicho? En ese momento, el estudio tomó forma. Las respuestas a estas, podrían variar según el observador y su interés científico fuera de lo religioso, son muchos los debates referentes al tema que terminan en otro debate con base a la misma línea de estudio, sin embargo, tras seguir de cerca las investigaciones que sirvieron como antecedentes a la presente, un concepto claro ha surgido con respecto a la posición de la investigadora, una máquina nunca podrá reemplazar al humano en un único e importante detalle que aparece en medio la estrecha línea entre lo virtual y lo humano, la sensibilidad.

Si bien es cierto, el humano, tiene la capacidad de percibir y comprender estados de ánimo, la naturaleza de las circunstancias y el entorno, además de la posibilidad de adaptar cada una en beneficio o destrucción, esto nos hace creativos, adaptables y propensos, factores que aún no pueden inclinarse hacia lo positivo o negativo en un mundo abstracto. Muchos, basan sus teorías acerca de la conocida batalla entre humanos y máquinas, asegurando que estos últimos no pueden pensar, sin visualizar desde la manera crítica la epistemología (ciencia que estudia el pensamiento), la lógica y las leyes que rigen el pensamiento, la psicología, la psiquiatría y la filosofía, pues todas concuerdan en una variable importante en este proceso de intercambio, el conocimiento.

El pensamiento como proceso abarca la observación, la comparación, la relación y análisis, esto englobando la idea de que es una cualidad netamente humana que permite formar ideas y representaciones, sean estas relacionadas o no, y se dan mediante el conocimiento o la experiencia. Precisamente es el conocimiento a través de las experiencias vividas lo que permite al humano lógico generar ideas abstractas, y es aquí donde la línea deja de existir, aunque aún la inteligencia artificial parezca un tabú. La experiencia, factores vividos o aprendidos de manera directa o indirecta (respirar, andar en bicicleta) generan conocimiento, proceso que se ha venido perfeccionando a través de miles de años de evolución humana (y aún no se llega al límite). Precisamente el mismo proceso que, actualmente ejecuta la inteligencia artificial a través de diferentes métodos, en el caso de la investigación en curso, las redes neuronales, se genera conocimiento a través de la experiencia proporciona de forma directa (los datos) a través de esto, y unos cuantos procesos matemáticos crea predicciones en base a esto (pensamientos).

En este sentido, se parte de la idea de que, si un proceso diferente genera un mismo resultado, no está errado o fuera de la realidad, el hecho de que se esté proporcionando datos de forma binaria a un concepto complejo no oculta el que se pueda crear un pensamiento, del mismo modo, en los comienzos el humano aprende de igual manera, pero en una realidad diferente. Conociendo esto, y planteando la idea de que la sensibilidad es lo que hace a estos positivos tan extremos, se argumenta esta hipótesis asegurando que este factor diferencial genera descuido e incongruencia. La sensibilidad siempre, será el peor enemigo del humano y su salvación.

Los algoritmos inteligentes, en la actualidad, presentan una realidad funcional y efectiva desde el ámbito empresarial hasta el área de la salud, convirtiendo el mundo que conocemos en valores binarios necesarios y viceversa con el fin de dar una respuesta

definitiva en tiempos fascinantes, incluso con mejores resultados que un humano, sabiendo que este, en un punto obvia detalles cuantitativos que parecen sin importancia, que podrían cambiar completamente el resultado de un determinado proceso, sin dejar de lado la capacidad de procesar estos en paralelo a otros. Hacer mil cosas a la vez es un concepto que limita la capacidad de la máquina.

En el área de la medicina, el campo de estudio es infinito, incontable, variantes en dependencia de la región que habita, los alimentos que se consumen, los factores hereditarios y la raza, lo que hace que el encajonar en conceptos bastos unos cuantos datos sea impredecible. Sin embargo, son incontables los estudios relacionados a esta que tienen inicios en la ciencia de datos, algoritmos inteligentes y redes neuronales, con la finalidad de dar diagnóstico más rápido y más certero y en la mayoría de los casos, termina una máquina, superando en números elevados el experto humano que facilitó su experiencia una muestra de esto es “IBM Watson”, que en una fracción de tiempo puede generar diagnósticos de cáncer de pulmón con una tasa de precisión de 90% en comparación de un 50% que tienen los médicos humanos.

A modo de respuesta a las interrogantes expuestas en capítulos anteriores, se puede decir que el proceso de elaboración de un algoritmo inteligente para automatizar consultas médicas de atención primaria usando modelos matemáticos de inteligencia artificial, se basa principalmente en primer punto, el estudio de algoritmos de recorrido para determinar las posibilidades a través de grafos de unidades en tiempos determinados, algoritmo además que permitirá explorar cada camino (unidad) necesaria a fin de cumplir un objetivo, en segundo punto el estudio de análisis de datos, que permite hacer que los datos recolectados sean útiles a fin de la investigación en proceso, la idea es manipularlos en dependencia del entorno, en este punto, se podrá denotar si el problema puede o no ser

evaluado o medido, factor que nos inclina a un cuarto ejemplar, redes neuronales, con la finalidad de lograr hacer predicciones en base a los datos proporcionados.

En el desarrollo de la red neuronal, se selecciona cuál método resulta más favorecedor para la investigación, es importante determinar si los valores pueden ser medidos en dos variantes o necesitan (como en este caso) variantes en dependencia de la salida. En este punto, el algoritmo ya no necesita más que un entorno de pruebas para evaluar su viabilidad, lo más importante, es que los valores sean denotados en pesos activos. El diferenciar enfermedades en sí, dependerá de los datos proporcionados, y es aquí dónde nuevamente el factor humano cumple vital importancia, cada organismo es diferente y abstracto, muestra todos los síntomas, no muestra ninguno o solo algunos de incontables posibilidades expuestas, en este sentido, este es un factor vital en el desarrollo de algoritmos que esperan diagnosticar enfermedades, a la vez, el remitir a un médico mientras que la evaluación física sea nula.

Los factores que influyen el diagnóstico de una enfermedad varían en dependencia de la misma, sin embargo, a modo general, se podría considerar el sexo de la persona, hay enfermedades que suelen ser más comunes en mujeres que en hombres o viceversa, tales como la hipertensión arterial en hombre y diabetes en mujeres, la raza, sin sonar denigrante, la hipertensión en personas de piel oscura y la diabetes en personas de piel blanca. Otro factor importante, es la genética, muchas de las dolencias o enfermedades que se padecen actualmente son hereditarias, como el caso del asma y la diabetes incluso, el medio en que se habita, como es el caso del parasitismo en forma rurales, los malos hábitos, como es el caso de la gastritis, más común en personas que fuman y tienden a alimentarse de mala manera, o la diabetes en personas que han vivido de forma sedentaria,

con mala alimentación y con excesos (cigarrillo, alcohol, etc). Y como principal factor de diagnóstico, los síntomas, variantes en cada patología.

Todo esto evaluado en la investigación genera una respuesta afirmativa a la última

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adarraga, Pablo; Zaccagnini, José Luis (1994). *Psicología e Inteligencia Artificial*. Madrid: Trotta.

Andrés, Tirso de (2002). *Homo cybersapiens: la inteligencia artificial y la humana* (1.^a edición). Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.

Bellman, Richard (1978). *An introduction to artificial intelligence: Can computers think?* (en inglés). San Francisco: Boyd & Fraser Pub. Co.

Serrano, Alberto García (2012). *Inteligencia artificial: fundamentos, práctica y aplicaciones*. San Fernando de Henares, Madrid: RC Libros.

Gómez Pin, Víctor (2006). *Entre lobos y autómatas: la causa del hombre*. Pozuelo de Alarcón (Madrid): Espasa Calpe.

Gonzalo, Luis María (1987). *Inteligencia humana e inteligencia artificial*. Madrid: Palabra.

Legg, Shane; Hutter, Marcus (diciembre de 2007). *Universal Intelligence: A Definition of Machine Intelligence*.

Andreas, Kaplan; Michael, Haenlein (2008). *Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence*.

Nilsson, Nils J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis* (4.^a edición). San Francisco: Kaufmann.

Rich, Elaine; Knight, Kevin (1991). *Artificial intelligence* (2.^a edición). New York: McGraw-Hill.

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter Norvig (2009). *Artificial intelligence: a modern approach* (3.^a edición). Upper Saddle River, N.J.

Adèr, H.J. (2008). Chapter 14: Phases and initial steps in data analysis. In H.J. Adèr & G.J. Mellenbergh (Eds.) (with contributions by D.J. Hand), *Advising on Research Methods: A consultant's companion* (pp. 333–356). Huizen, the Netherlands: Johannes van Kessel Publishing.

Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2007). Chapter 4: Cleaning up your act. Screening data prior to analysis. In B.G. Tabachnick & L.S. Fidell (Eds.), *Using Multivariate Statistics*, Fifth Edition (pp. 60–116). Boston: Pearson Education, Inc. / Allyn and Bacon.

Adèr, H.J. & Gideon J. Mellenbergh (with contributions by D.J. Hand) (2008). *Advising on Research Methods: A consultant's companion*. Huizen, the Netherlands: Johannes van Kessel Publishing.

ASTM International (2002). *Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*, MNL.

Maneto, F (2018). El espanto de los hospitales de Maduro. XL Semanal. Venezuela:
<https://www.xlsemanal.com/conocer/sociedad/20180917/venezuela-hospitales-ninos-enfermos-pobreza.html>

Alty. J.I, (1988) Sistemas Expertos, conceptos y ejemplos. Editorial Díaz de Santos, Madrid Barcelona. España.

Arias F. (2006) El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica. 5º edición. Editorial Espiteme. Caracas, Venezuela.

Bavaresco, A. (2008) Las Técnicas de la Investigación. 8va Edición. Editorial Imprenta Internacional C.A. Maracaibo.

Catacora F. (1999) Sistema y Procedimiento. Mc Graw. Venezuela.

Catacora F. (2002) Sistema y Procedimiento. Mc Graw. Venezuela.