



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Pablo Roselló Ramírez

Tutor: Juan Miguel García Gómez

Director experimental: Pablo Ferri Borredà

Curso 2020-2021

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

Resumen

De cara a la nueva era de viajes espaciales que tiene como objetivo conseguir que los humanos lleguen a Marte se afrontan diferentes y complejos retos, uno de ellos y en el que se centra este proyecto es el del diseño y creación de sistemas autónomos que durante el viaje sean capaces de evitar y solucionar problemas que puedan surgir de manera inesperada, más concretamente nosotros nos centramos en el sistema autónomo médico de abordaje con la función de diagnosticar y dar tratamiento a cualquier enfermedad o lesión que pueda ocurrir durante el viaje.

Existen muchas dificultades para el diseño de estos sistemas autónomos médicos enfocados a viajes espaciales debido principalmente a la falta de datos, la dificultad para recoger estos datos de enfermedades o lesiones producidas en el espacio evita que se puedan probar este tipo de sistemas con casos dados en el espacio, obligando a hacerlo con datos tomados en tierra aplicando ciertas variaciones o restricciones que posteriormente permitan extrapolar los resultados definiendo la validez del sistema para este tipo de viajes.

En este proyecto se ha tratado con una base de datos formada por datos recogidos por el centro de emergencias médicas de la comunidad valenciana, tratando estos datos para adaptar la base de datos al objetivo de este proyecto. Posteriormente se han realizado diferentes experimentos sobre esta base de datos, diseñando un sistema de recomendación basado en diferentes métricas capaces de definir la similitud entre cadenas de texto, observando los resultados obtenidos se ha extraído la conclusión de cual era la mejor de estas métricas descartando el resto para los posteriores experimentos en los que se ha tratado de mejorar la precisión del sistema con diferentes mejoras sobre la base de datos o sobre la forma de evaluar al propio sistema. Con todo esto se han extraído algunas de las siguientes conclusiones: La métrica con mejores resultados a nivel de precisión es el coeficiente de jaccard, eliminar las stopwords presenta una mejora significativa en la precisión, y es fundamental dotar de flexibilidad al sistema de recomendación a la hora de evaluarlo ya que un diagnóstico en la vida real no siempre es necesario que tenga una exactitud del cien por cien.

Palabras clave: Sistema de recomendación, diagnóstico, viaje espacial, medicina, sintomatología

Abstract

Facing the new era of space travel that aims to get humans to Mars, different and complex challenges are faced, one of them and the focus of this project is the design and creation of autonomous systems that during the trip are able to avoid and solve problems that may arise unexpectedly, more specifically we focus on the autonomous medical system on board with the function of diagnosing and treating any disease or injury that may occur during the trip.

There are many difficulties for the design of these autonomous medical systems focused on space travel mainly due to the lack of data, the difficulty to collect these data of diseases or injuries produced in space prevents to test this type of systems with cases given in space, forcing to do it with data taken on the ground applying certain variations or restrictions that later allow to extrapolate the results defining the validity of the system for this type of travel.

In this project we have dealt with a database formed by data collected by the medical emergency center of the Valencian community, treating these data to adapt the database to the objective of this project. Subsequently, different experiments have been carried out on this database, designing a recommendation system based on different metrics capable of defining the similarity between text strings, observing the results obtained we have drawn the conclusion of which was the best of these metrics discarding the rest for subsequent experiments in which we have tried to improve the accuracy of the system with different improvements on the database or on the way to evaluate the system itself. With all this, some of the following conclusions have been drawn: The metric with the best results at the accuracy level is the Jaccard coefficient, eliminating stopwords presents a significant improvement in accuracy, and it is essential to provide flexibility to the recommendation system when evaluating it since a diagnosis in real life is not always necessary to have one hundred percent accuracy.

Keywords : Recommender system, diagnosis, space travel, medicine, symptomatology.

Resum

De cara a la nova era de viatges espacials que té com a objectiu aconseguir que els humans arriben a Mart s'afronten diferents i complexos reptes, un d'ells i en el qual se centra aquest projecte és el del disseny i creació de sistemes autònoms que durant el viatge siguen capaços d'evitar i solucionar problemes que puguen sorgir de manera inesperada, més concretament nosaltres ens centrem en el sistema autònom mèdic d'aborde amb la funció de diagnosticar i donar tractament a qualsevol malaltia o lesió que puga ocórrer durant el viatge.

Existeixen moltes dificultats per al disseny d'aquests sistemes autònoms mèdics enfocats a viatges espacials degut principalment a la falta de dades, la dificultat per a recollir aquestes dades de malalties o lesions produïdes en l'espai evita que es puguen provar aquest tipus de sistemes amb casos donats en l'espai, obligant a fer-lo amb dades preses en terra aplicant unes certes variacions o restriccions que posteriorment permeten extrapolar els resultats definint la validesa del sistema per a aquesta mena de viatges.

En aquest projecte s'ha tractat amb una base de dades formada per dades recollides pel centre d'emergències mèdiques de la comunitat valenciana, tractant aquestes dades per a adaptar la base de dades a l'objectiu d'aquest projecte. Posteriorment s'han realitzat diferents experiments sobre aquesta base de dades, dissenyant un sistema de recomanació basat en diferents mètriques capaces de definir la similitud entre cadenes de text, observant els resultats obtinguts s'ha extret la conclusió de qual era la millor d'aquestes mètriques descartant la resta per als posteriors experiments en els quals s'ha tractat de millorar la precisió del sistema amb diferents millores sobre la base de dades o sobre la manera d'avaluar al propi sistema. Amb tot això s'han extret algunes de les següents conclusions: La mètrica amb millors resultats a nivell de precisió és el coeficient de jaccard, eliminar les stopwords presenta una millora significativa en la precisió, i és fonamental dotar de flexibilitat al sistema de recomanació a l'hora d'avaluar-lo ja que un diagnòstic en la vida real no sempre és necessari que tinga una exactitud del cent per cent.

Paraules clau: Sistema de recomanació, diagnòstic, viatge espacial, medicina, simptomatologia

Tabla de contenidos

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

1.	Introducción	15
1.1	Objetivos	15
1.2	Estructura	16
2.	Estado del arte	17
3.	Materiales.....	21
3.1	Conjunto de datos.....	21
3.2	Equipamiento software	27
4.	Métodos.....	29
4.1	Métricas estudiadas	29
4.2	Experimentos realizados	31
5.	Resultados y discusiones.....	33
5.1	Resultados	33
5.2	Discusiones	39
6.	Conclusiones	43
6.1	Conclusiones	43
6	Bibliografía	45



Índice de figuras

Figura 1: Cien patologías mas probables durante un viaje espacial	20
Figura 2: Esquema de la estructura de las entradas de la base de datos	21
Figura 3: Codificación CIE-9 de las principales enfermedades y lesiones que pueden aparecer durante un viaje espacial	22
Figura 4: Diez principales diagnósticos de la base de datos	25
Figura 5: Esquema representativo de las entradas de la base de datos	26
Figura 6: Ejemplos de algunas entradas de la base de datos.....	26
Figura 7: Diagrama de caja de los resultados con la métrica coseno.....	34
Figura 8: Diagrama de caja de los resultados con la métrica jaccard	35
Figura 9: Diagrama de caja de los resultados con la métrica overlap.....	36
Figura 10: Diagrama de caja de los resultados con la métrica bag	37
Figura 11: Resultados del sistema con las distintas métricas.....	40
Figura 12: Resultados del coste temporal con las distintas métricas	40
Figura 13: Resultados del caso uno en el experimento cinco.	41
Figura 14: Resultados del caso uno en el experimento seis	42



Índice de tablas

Tabla 1: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica jaccard	33
Tabla 2: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica coseno	33
Tabla 3: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica coseno.....	33
Tabla 4: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica jaccard	34
Tabla 5: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica jaccard.....	34
Tabla 6: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica jaccard	34
Tabla 7: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica overlap.....	35
Tabla 8: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica overlap	35
Tabla 9: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica overlap.....	35
Tabla 10: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica bag	36
Tabla 11: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica bag.....	36
Tabla 12: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica overlap.....	37
Tabla 13: Resultados obtenidos tras eliminar las stopwords	37
Tabla 14: Resultados obtenidos en el caso uno tras retirar las stopwords	38
Tabla 15: Resultados obtenidos en el caso dos tras retirar las stopwords.....	38
Tabla 16: Resultados obtenidos en el caso tres tras retirar las stopwords	38
Tabla 17: Resultados obtenidos tras aceptar un diagnóstico aproximado	38
Tabla 18: Resultados obtenidos en el caso uno tras aceptar un diagnóstico aproximado.....	38
Tabla 19: Resultados obtenidos en el caso dos tras aceptar un diagnóstico aproximado	39
Tabla 20: Resultados obtenidos en el caso tres tras aceptar un diagnóstico aproximado.....	39
Tabla 21: Resumen estadístico de los resultados obtenidos en los primeros 4 experimentos....	39



1. Introducción

Durante la década de 2020 se espera que lleguen a Marte varias misiones espaciales no tripuladas por parte de distintas agencias espaciales con el objetivo de explorar la superficie del planeta vecino, recoger datos y preparar la llegada de misiones tripuladas por humanos, como la misión Perseverance o la misión Tianwen-1 [1]. Y se espera que la primera misión con humanos a bordo ocurra en la década de 2030 aprovechando las respectivas ventanas de lanzamiento, este objetivo tan ambicioso abre una nueva era en la exploración espacial lo que conlleva diferentes y complejos problemas que debe resolver la comunidad científica en un corto periodo de tiempo si se quieren cumplir las fechas previstas.

Estas misiones espaciales de larga duración son un territorio inexplorado para nosotros y, la ausencia de gravedad, la exposición a la radiación o la propia duración del viaje pueden hacer aparecer problemas médicos o lesiones de cierta gravedad en los tripulantes de la misión que requieran de una rápida intervención para preservar la salud de los tripulantes y evitar un contratiempo que impida el transcurso normal de la misión [2].

En el escenario en el cual se deba dar una rápida solución a un problema de salud es donde las actuales tecnologías no están debidamente preparadas para abordar el problema y presentar una posible solución precisa, y por tanto aparece la necesidad de diseñar e implementar un sistema autónomo capaz de monitorizar a los tripulantes y de diagnosticar las diferentes patologías que puedan presentar los astronautas durante el viaje. En este proyecto se realiza un acercamiento a un sistema de recomendación orientado a medicina espacial, diseñando un sistema de recomendación, estudiando estadísticamente algunas variaciones de este, y tratando la base de datos utilizada adaptándola a las necesidades de este proyecto.

1.1 Objetivos

El fin de este trabajo es el de diseñar y estudiar un sistema de recomendación para medicina espacial capaz de diagnosticar una enfermedad o lesión sufrida por una persona basándose en una descripción completamente libre y sin parámetros cuantitativos de la sintomatología. Para la consecución de este fin se han planteado los siguientes objetivos:

- Hacer una investigación bibliográfica previa tanto de la metodología utilizada actualmente en este tipo de situaciones como de los principales problemas médicos que pueden surgir en el espacio.
- Realizar un estudio sobre la base de datos de emergencias médicas, para posteriormente adaptarla al objetivo del estudio.

- Realizar el diseño de un sistema de recomendación sobre el que empezar a trabajar y obtener resultados.
- Realizar variaciones sobre el sistema de recomendación para encontrar su mejor variante aplicando la estadística.
- Realizar variaciones sobre los datos y el sistema tratando de optimizar los resultados obtenidos anteriormente.

1.2 Estructura

Esta memoria se puede dividir en seis capítulos, el primero de ellos, en el que nos encontramos, se desarrolla el planteamiento de este proyecto junto con los objetivos. En el capítulo dos, estado del arte, encontramos un acercamiento bibliográfico al trabajo y una contextualización de este proyecto. En el tercer capítulo, materiales, aparece un análisis de todos los recursos utilizados durante el transcurso del proyecto centrándose en la base de datos posteriormente utilizada en los experimentos. En el cuarto capítulo, métodos, encontramos principalmente los experimentos realizados en este proyecto y el tratamiento dado a la base de datos de emergencias médicas para poder realizar estos experimentos. En el quinto capítulo, resultados y discusiones, encontramos los resultados de todos los experimentos y una discusión sobre los resultados. Y finalmente en el último capítulo aparecen las conclusiones de este proyecto.

2. Estado del arte

Durante más de 60 años se han estado estudiando los efectos perjudiciales para el cuerpo humano provocados por la radiación ionizante y de las condiciones de gravedad cero o microgravedad en viajes espaciales a corto y medio plazo, con estos datos se considera que la posibilidad de sufrir alguna enfermedad potencialmente mortal durante un viaje espacial de corta o media duración es de un 1% anual en personas sanas [3]. Existen algunos estudios que están tratando de dilucidar de una manera más concreta los efectos de la microgravedad en el cuerpo humano de cara a los viajes de larga duración planeados para la próxima década, sin embargo, la falta de datos y la dificultad para obtenerlos está obligando a tratar de utilizar modelos terrestres capaces de evaluar estas patologías, para posteriormente extrapolar estos datos diseñando así un sistema funcional en un viaje espacial de larga duración. [4]

Organizaciones como la NASA han indicado ya la necesidad de desarrollar un mayor número de sistemas expertos capaces de ayudar o realizar diferentes tipos de tareas para que no se produzca un cuello de botella por el cual todos los avances que se están realizando en los últimos años queden detenidos por la falta de este tipo de tecnologías informáticas [5].

En el diseño de las misiones espaciales centradas en la exploración de Marte será fundamental diseñar un sistema de soporte vital para la gestión de posibles lesiones o enfermedades que puedan aparecer durante el transcurso de la misión, y en este campo no existe aún la tecnología capaz de dar soporte médico en este tipo de misiones de larga duración. Debido al rápido desarrollo en el campo de la exploración espacial, impulsado en los últimos años por empresas como SpaceX, ha surgido la necesidad de afrontar retos de una manera inmediata que, hace unos pocos años, parecían muy lejanos.

Como se ha comentado no existe una manera eficiente de controlar y tratar todas las consecuencias médicas de estos viajes espaciales de larga duración, y la estrategia que se está siguiendo en los viajes de corta y media distancia es la de prevención, centrándose en reducir la posibilidad y la gravedad de los eventos médicos aplicando las siguientes intervenciones basadas en medicina ocupacional [6]:

- 1) Selección de la tripulación, eligiendo a los astronautas con menos predisposición a sufrir enfermedades y problemas derivados de la falta de gravedad o de la exposición a la radiación.
- 2) Rutinas que seguir durante el viaje que puedan ayudar a reducir la predisposición a sufrir cualquier complicación.
- 3) Tratamiento de enfermedades y lesiones en situaciones de emergencia con aparatos de soporte vital y cuidados ambulatorios.

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

La mayoría de los problemas se solucionan con estas medidas o con medicamentos si se trata de afecciones que no constituyen una emergencia [7], sin embargo, el protocolo para casos de gravedad que se sigue en misiones espaciales cercanas es la telemedicina o el transporte a la tierra del astronauta afectado si fuera necesario, y estos protocolos ante lesiones de gravedad no se podrán ejecutar en las misiones de exploración espacial de larga duración. Es por ello por lo que se debe desarrollar un sistema médico autónomo capaz de diagnosticar y tratar a los astronautas afectados en situaciones de emergencia, ya que la conexión con la tierra es lenta debido a la distancia y no será útil en situaciones donde se deba tomar una decisión en un corto periodo de tiempo. [2]

En este proyecto se va a diseñar un sistema de recomendación orientado a la medicina espacial. Un sistema de recomendación es una herramienta de software capaz de proporcionar sugerencias que puedan ser de utilidad para el usuario, el sistema trata de predecir las sugerencias más adecuadas basándose en unos datos de entrada personalizados para cada usuario. Los sistemas de recomendación ya juegan un papel muy importante en áreas como el entretenimiento (Netflix, YouTube, IMDB, etc.) o servicios como las recomendaciones para viajes o alojamientos [8], sin embargo, se están empezando a desarrollar sistemas de recomendación en muchos otros ámbitos y entre ellos el que nos compete a este proyecto, la medicina, el uso de sistemas de recomendación en apoyo a la medicina es ya una realidad, y el exponencial desarrollo en este ámbito lo convierten en una de las posibles soluciones para el problema del apoyo médico de un sistema autónomo durante los viajes espaciales programados para la década de 2030.

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

1	Abdominal Injury	25	Burns (secondary to fire)
2	Abdominal Wall Hernia	27	Cardiogenic Shock (secondary to infarction)
3	Abnormal Uterine Bleeding	28	Chest Injury
4	Acute Arthritis	29	Choking/Obstructed Airway
5	Acute Cholecystitis/Biliary Colic	30	CO ₂ Headache/ICP/Cognitive
6	Acute Compartment Syndrome	31	Constipation (SAS)
7	Acute Diverticulitis	32	Decompression Sickness (secondary to EVA)
8	Acute Glaucoma	33	Dental: Exposed Pulp, Caries, Abscess, Tooth Filling/ Crown Loss
9	Acute Pancreatitis	34	Depression
10	Acute Prostatitis	35	Diarrhea
11	Acute Radiation Syndrome	36	Dust Exposure (celestial)
12	Acute Sinusitis	37	Elbow Dislocation
13	Aerobic Capacity Loss	38	Elbow Sprain/Strain
14	Allergic Reaction (mild to moderate)	39	Electric Shock Injury
15	Altitude Sickness/Hypoxia	40	Eye Abrasion (foreign body)
16	Angina/Myocardial Infarction	41	Eye Chemical Burn
17	Anaphylaxis	42	Eye Corneal Ulcer
18	Ankle Sprain/Strain	43	Eye Infection
19	Anxiety	44	Eye Penetration (foreign body)
20	Appendicitis	45	Finger Dislocation
21	Atrial Fibrillation/Flutter	46	Fingernail Delamination (EVA)
22	Back Injury	47	Gastroenteritis
23	Back Pain (SAS)	48	Head Injury
24	Barotrauma (sinus block)	49	Headache (late SAS)
25	Behavioral Emergency	50	Hearing Loss
51	Hemorrhoids	77	Respiratory Infection
52	Herpes Zoster	78	Retinal Detachment
53	Hip Sprain/Strain	79	Seizures
54	Hip/Proximal Femur Fracture	80	Sepsis
55	Hypertension	81	Shoulder Dislocation
56	Immune System Dysfunction/Illness	82	Shoulder Sprain/Strain (EVA)
57	Indigestion	83	Skin Abrasion/Laceration
58	Influenza	84	Skin Infection
59	Insomnia	85	Skin Rash
60	Knee Sprain/Strain	86	Small Bowel Obstruction
61	Landing Loads/Injuries	87	smoke Inhalation
62	Lower Extremity Stress Fracture	88	Space Adaptation Sickness (SAS)/Neurovestibular
63	Lumbar Spine Fracture	89	Stroke
64	Malnutrition	90	Sunlight Exposure/Sunburn
65	Microbial-Host Interaction	91	Sudden Cardiac Arrest
66	Medication Overdose/Reaction	92	Toxic Exposure (ammonia, etc.)
67	Mouth Ulcer	93	Traumatic Hypovolemic Shock
68	Muscle Atrophy	94	Urinary Incontinence (SAS)
69	Nasal Congestion (SAS)	95	Urinary Retention (SAS)
70	Nephrolithiasis (renal stone)	96	Urinary Tract Infection
71	Neurogenic Shock	97	Vaginal Yeast Infection
72	Nose Bleed (SAS)	98	SANS/VIIP – Spaceflight Associated Neuro-Ocular Syndrome/Visual Impairment – Increased Intracranial Pressure
73	Orthostatic Intolerance	99	Wrist Fracture
74	Otitis Media/Externa	100	Wrist Strain/Sprain
75	Paresthesia		
76	Pharyngitis		

Figura 1: Cien patologías más probables durante un viaje espacial

3. Materiales

La base de datos utilizada tanto para extracción como para evaluación de resultados es la misma base de datos utilizada por Pablo Ferri en su estudio [9], y se trata de una base de datos con 1 244 624 entradas con diferentes incidentes recogidos por el centro valenciano de emergencias médicas desde el año 2009 hasta el año 2012.

3.1 Conjunto de datos

En la base de datos utilizada en este proyecto cada entrada está compuesta por las siguientes variables: Número identificador, diagnóstico (en algunas el diagnóstico es múltiple), variables médicas predefinidas de valores SI o NO, variables demográficas y un apartado de texto libre. Los diagnósticos de la base de datos están codificados según la clasificación internacional de enfermedades CIE-9, esta codificación consta de dos partes numéricas separadas por un punto, donde la primera parte se considera el término principal englobando de una forma más general el síndrome o enfermedad sufrido por el paciente y siendo la segunda parte la que especifica de una manera concreta la patología sufrida, un ejemplo puede ser el 487.0 donde el 487 indica que se trata de una gripe, mientras que el 0 indica que esta gripe es una gripe con neumonía [10].

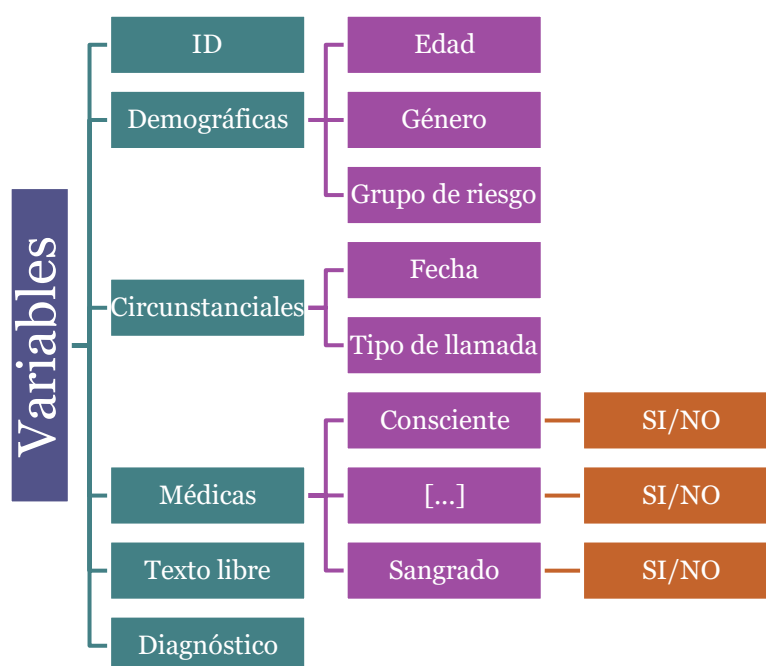


Figura 2: Esquema de la estructura de las entradas de la base de datos

ABDOMINAL PAIN

Abdominal Injury	Code 959.12
Hemorrhoids	Code 455.6
Abdominal Wall Hernia	Code 553.29
Acute Cholecystitis/Biliary Colic	Code 575.0/ Code 574.2
Constipation (SAS)	Code 564.00
Acute Diverticulitis	Code 562.11
Indigestion	Code 536.8
Acute Pancreatitis	Code 577.0
Diarrhea	Code 787.91
Small Bowel Obstruction	Code 560.9
Urinary Retention (SAS)	Code 788.20
Appendicitis	Code 540.9
Gastroenteritis	Code 558.1
Gastrointestinal bleeding	Code 578.9

SKIN LESIONS

Burns (secondary to fire)	Code 949.0
Herpes Zoster	Code 053.9
Skin Abrasion/Laceration	Code 919.0
Skin Infection	Code 686.9
Skin Rash	Code 782.1
Allergic Reaction (mild to moderate)	Code 995.3
Sunlight Exposure/Sunburn	Code 692.76
Acute Radiation Syndrome	Code 990
Dust Exposure (celestial)	Code 504

FEVER

Respiratory Infection	Code 465.9
Sepsis	Code 995.91
Acute Prostatitis	Code 601.0
Acute Sinusitis	Code 461.9
Urinary Tract Infection	Code 599.0
Otitis Media/Externa	Code 382.9/ Code 380.10
Acute Arthritis	Code 716.9
Pneumonia	Code 486
Immune System Dysfunction/Illness	Code 279.9
Influenza	Code 487
Microbial-Host Interaction	Code 008.8
Pharyngitis	Code 462

EYE PAIN

Retinal Detachment	Code 361
Acute Glaucoma	Code 365.22
Eye Abrasion (foreign body)	Code 930.9
Eye Infection	Code 373.9
Eye Penetration (foreign body)	Code 871.7
Eye Corneal Ulcer	Code 370.00
Eye Chemical Burn	Code 940.0

PERINEUM PAIN

Abnormal Uterine Bleeding	Code 626.8
Vaginal Yeast Infection	Code 112.1
Urinary Incontinence (SAS)	Code 788.30

LOSS OF CONSCIOUSNESS/ SYNCOPE

Seizures/Other convulsions	Code 345 / Code 780.39
Sudden Cardiac Arrest	Code 427.5
Medication Overdose/Reaction	Code 977.9/ Code 995.20
Hypoglycemia	Code 251.2
Stroke	Codes from 430 to 438
Electric Shock Injury	Code 994.8
Traumatic Hypovolemic Shock	Code 958.4
Neurogenic Shock	Code 308.9

DYSPNEA

Cardiogenic Shock (secondary to infarction)	Code 785.51
Choking/Obstructed Airway	Code 799.01
Aerobic Capacity Loss	Code E009.2
Anaphylaxis	Code 995.60

DIZZINESS

CO2 Headache/ICP/Cognitive	Code 986
Smoke Inhalation	Code 987.9
Altitude Sickness/Hypoxia	Code 993.2
Toxic Exposure (ammonia, etc.)	
Orthostatic Intolerance	Code 458.0

CEPHALEA

Hypertension	Code 401.9
Decompression Sickness (secondary to EVA)	Code 993.3
SANS/VIIP – Spaceflight Associated Neuro-Ocular Syndrome/Visual Impairment – Increased Intracranial Pressure	Code 378.9/ Code 348.2
Headache (late SAS)	Code 784.0
Head Injury	Code 959.01

FACIAL PAIN

Dental: Exposed Pulp,	Code 525.9
Caries, Abscess, Tooth Filling/Crown Loss	
Mouth Ulcer	Code 528.2
Nasal Congestion (SAS)	Code 478.19
Nose Bleed (SAS)	Code 784.7



MOOD DISORDERS	
Depression	Code 311
Insomnia	Code 780.52
Space Adaptation Sickness (SAS)/Neurovestibular	Code 386.12
Anxiety	Code 300.00
Behavioral Emergency	Code 301
WEIGHT LOSS	
Malnutrition	Code 263.0
CHEST PAIN	
Angina/Myocardial Infarction	Code 411.1
Acute pericarditis	Code 420.90
Pulmonary embolism	Code 415.1
Chest Injury	Code 959.11
Atrial Fibrillation/Flutter	Code 427.31 / Code 427.32
BACK PAIN	
Nephrolithiasis (renal stone)	Code 592.0
Lumbar Spine Fracture	Code 805
Back Pain (SAS)	Code 724.5
Back Injury	Code 959.19
HEARING LOSS	
Hearing Loss	Code 389.9
Barotrauma (sinus block)	Code 993.1
LOWER EXTREMITIES PAIN	
Hip Sprain/Strain	Code 843.9
Hip/Proximal Femur Fracture	Code 820
Knee Sprain/Strain	Code 844.9
Lower Extremity Stress Fracture	Code 733.93
Ankle Sprain/Strain	Code 845.00
UPPER EXTREMITIES PAIN	
Shoulder Dislocation	Code 831.00
Acute Compartment Syndrome	Code 958.90
Shoulder Sprain/Strain (EVA)	Code 840.9
Elbow Dislocation	Code 832.00
Elbow Sprain/Strain	Code 841.9
Muscle Atrophy	Code 728.2
Fingernail Delamination (EVA)	Code 703.9
Finger Dislocation	Code 834.00
Wrist Fracture	Code 814.09
Wrist Strain/Sprain	Code 842.00
Landing Loads/Injuries	Code 845
Paresthesia	Code 782.0
Deep vein thrombosis	Code 453.40

Figura 3: Codificación CIE-9 de las principales enfermedades y lesiones que pueden aparecer durante un viaje espacial

Sobre esta base de datos hemos aplicado un preprocesamiento y tratamiento para poder trabajar de forma correcta y para poder enfocar la particularidad de este estudio. Sobre el total de 1 244 624 casos de los que dispone esta base de datos nos hemos enfocado en aquellos casos que tienen una mayor probabilidad de aparecer en viajes espaciales tal y como podemos observar en el estudio realizado por Elkin Romero resumido en la figura 1 [11], de esta forma se ha filtrado la base de datos conservando los casos con los códigos de la figura 3 y descartando el resto, quedando así un total de 136 160 casos útiles para esta tarea y 264900 diagnósticos totales.

Después de este filtrado de datos los diez diagnósticos más frecuentes en la base de datos son:

- 1) Enfermedad cerebrovascular
- 2) Neumonía
- 3) Infección del tracto urinario
- 4) Fibrilación auricular
- 5) Hipoglucemia
- 6) Faringitis aguda
- 7) Hemoptisis
- 8) Síndrome coronario intermedio
- 9) Infecciones de las vías respiratorias
- 10) Envenenamiento por fármacos

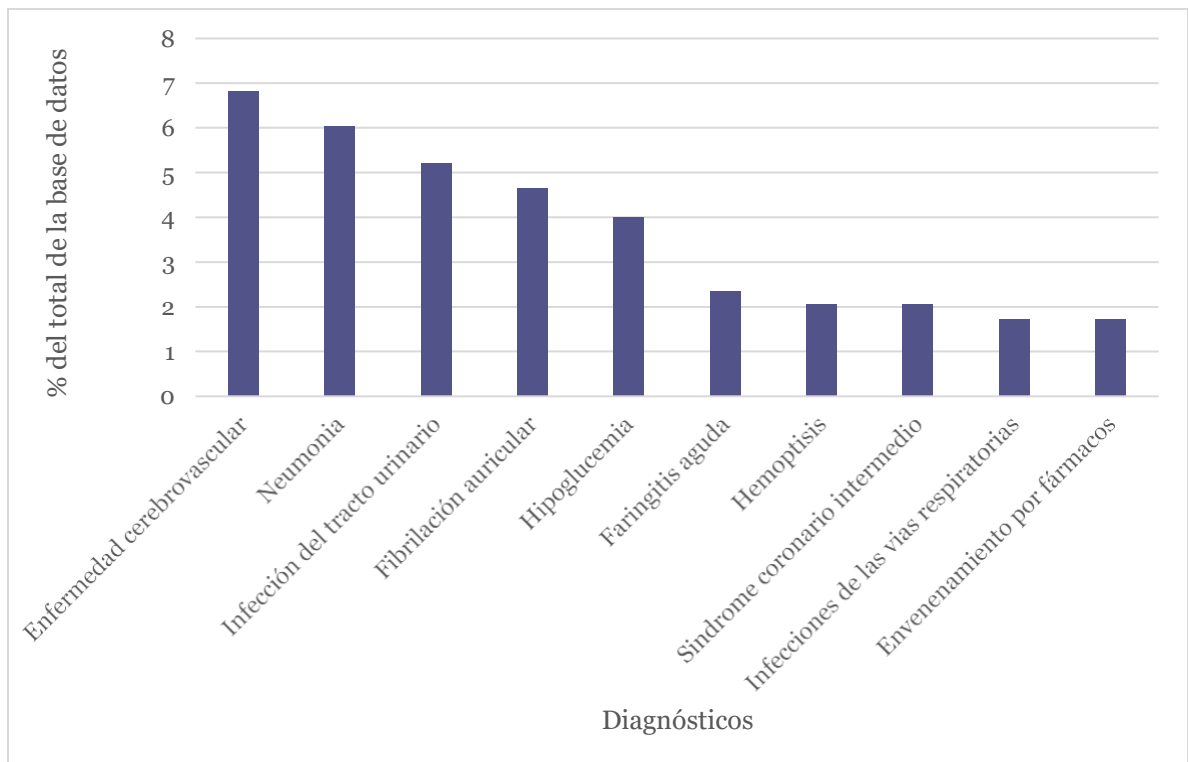


Figura 4: Diez principales diagnósticos de la base de datos

Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

Como se puede observar en la figura 4 estos diez diagnósticos representan un 34.59% del total de todos los casos de nuestra base de datos, siendo el ictus el más común con un total de 17.997 casos.

Además de este filtrado de datos hemos comprimido la información sobre la sintomatología de cada entrada creando una línea de texto con toda la información proporcionada, y de esta forma cada entrada pasa a estar compuesta por los diagnósticos y por un texto libre que define la sintomatología del paciente, podemos observar algunos ejemplos en la figura 6. De esta forma vamos a poder estudiar el nivel de precisión en el acierto del diagnóstico desde la perspectiva del texto libre tal y como podría escribirlo una persona sin ningún tipo de restricción.

ID	Diagnósticos [$D_{11}, D_{12}, \dots, D_{1n}$]	Sintomatología [Cadena de texto libre]
----	--	--

Figura 5: Esquema representativo de las entradas de la base de datos

ID	Diagnóstico	Sintomatología
1	['427.5']	Alteración de la conciencia, Inconsciente, dicen que tiene un paro cardiaco una mujer mayor
2	['995.3']	cs solicita svb reacción alérgica
3	['411.1', '410.72']	cardiópata dolor de pecho disnea ha tomado 2 cafinitrinas no se le pasa
4	['251.2']	Alteración de la conciencia, Inconsciente, tiene tumor hepático dextro 25 no responde
5	['437', '434.91']	cs solicita svb acc vascular agudo
6	['465.9']	tos y ahogos desde anoche con eferalgan y no remite piden ambulancia después de ir al toscar a pedir ayuda
7	['784.7', '784.7']	Hemorragia, Lugar de hemorragia, toma anticoagulantes lleva sangrando más de una hora sangra por boca y nariz

Figura 6: Ejemplos de algunas entradas de la base de datos

3.2 Equipamiento software

Todos los procesos de este estudio han sido realizados en el lenguaje de programación Python en su versión 3.7.9

Y se han utilizado las librerías: Pandas, Numpy, Textdistance y Strsimpy.

4. Métodos

Con la base de datos obtenida tras los preprocesos sobre la base de datos original comenzamos a estudiar y construir un sistema de recomendación. Como se ha comentado anteriormente este trabajo se centra en el estudio de la capacidad de un sistema de recomendación de diagnosticar enfermedades y lesiones a partir de una sintomatología definida como una variable de texto libre sin ningún tipo de restricción, de esta manera el sistema de recomendación que hemos creado busca la máxima similitud entre el texto de entrada 'A' y los diferentes textos que tenemos en nuestra base de datos definiendo de esta manera los 'K' textos más similares con sus respectivos diagnósticos.

4.1 Métricas estudiadas

Con esta premisa la secuencia de experimentos realizados tiene como primer objetivo encontrar la mejor métrica para este tipo de similitud entre párrafos de textos y estudiar su nivel de precisión para posteriormente realizar mejoras hasta conseguir los resultados esperados. El primer paso fue el estudio teórico de los distintos tipos de métricas distinguiendo así las siguientes similitudes: Basadas en edición, Basadas en tokens, Fonéticas, Basadas en secuencias y Simples.

De todas estas las basadas en secuencias y en edición no son útiles para este propósito ya que miden la similitud carácter a carácter dando importancia al orden de las palabras y buscando cosas como la subsecuencia común más larga, estas son las métricas utilizadas en, por ejemplo, en el análisis de ADN. Las métricas fonéticas tampoco son útiles para nuestro propósito, las simples son métricas pensadas para comparar palabras o frases cortas y son menos precisas para el texto libre de una longitud variable, sin embargo, las distancias basadas en tokens sí que se adaptan mejor a nuestro propósito y a los ejemplos de nuestra base de datos ya que funcionan mejor a mayor número de palabras y son computacionalmente eficientes para textos libres de longitud variable.

Dentro de este grupo vamos a estudiar las siguientes métricas:

Jaccard

Dados los vectores A y B el coeficiente de jaccard entre estos dos conjuntos se define como la intersección de los vectores dividido de la unión de estos:

$$\mathfrak{J}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$



La métrica de jaccard realiza un conteo de las palabras iguales y diferentes que contienen los dos textos a comparar de esta forma, por ejemplo, para las frases “Coche azul mal aparcado” y “Coche verde mal aparcado” obtenemos un valor de 0.6 ya que la intersección de ambas frases contiene tres elementos y la unión cinco, por tanto $3/5 = 0.6$.

Coseno

Dados los vectores A y B el coeficiente coseno entre estos dos conjuntos se define como el producto escalar de A y B dividido de la norma de A multiplicado por la norma de B:

$$\text{cosine}(A, B) = \frac{A \cdot B}{\|A\| * \|B\|}$$

La forma de construir los vectores en este caso es diferente a la que se usa en el cálculo del coeficiente de jaccard, aquí no solo separamos por palabras, sino que cada palabra se subdivide en pares de letras, de esta forma “Coche” sería {co, oc, ch, he, e}, que numéricamente se representaría como {1,1,1,1,1} porque ninguno de los pares se repite. De esta forma la similitud entre “Coche azul mal aparcado” y “Coche verde mal aparcado” es de 0.784.

Overlap

Dados los vectores A y B el coeficiente Overlap entre estos dos conjuntos se define como la intersección de ambos vectores dividido por el menor de los vectores en cuanto a longitud:

$$\text{overlap}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\min(|A|, |B|)}$$

En este caso de nuevo se usan los mismos vectores que en el cálculo del coeficiente jaccard, de esta forma “Coche azul mal aparcado” y “Coche verde mal aparcado” tienen un valor de similitud de 0.75.

Bag

Dados los conjuntos A y B el coeficiente Bag entre estos dos conjuntos se define como la intersección de ambos vectores dividido por el mayor de los vectores en cuanto a longitud:

$$\text{bag}(A, B) = \max(|A - (A \cap B)|, |B - (A \cap B)|)$$

En este caso se usan los mismos vectores que en el cálculo del coeficiente jaccard, de esta forma “Coche azul mal aparcado” y “Coche verde mal aparcado” tienen un valor de similitud de 1, ya que ambas restas dan como resultado un vector de longitud 1.

4.2 Experimentos realizados

En el presente proyecto se han realizado los siguientes experimentos:

Experimento 1

Utilizando la métrica Coseno hemos extraído 10000 casos de la base de datos y observado el porcentaje de acierto en las 10 primeras sugerencias del sistema de recomendación, repitiendo este proceso un total de 10 veces obteniendo un total de 100 000 casos de prueba para comprobar la precisión del sistema con esta métrica.

Experimento 2

Utilizando la métrica Jaccard hemos extraído 10000 casos de la base de datos y observado el porcentaje de acierto en las 10 primeras sugerencias del sistema de recomendación, repitiendo este proceso un total de 10 veces obteniendo un total de 100 000 casos de prueba para comprobar la precisión del sistema con esta métrica.

Experimento 3

Utilizando la métrica Overlap hemos extraído 10000 casos de la base de datos y observado el porcentaje de acierto en las 10 primeras sugerencias del sistema de recomendación, repitiendo este proceso un total de 10 veces obteniendo un total de 100 000 casos de prueba para comprobar la precisión del sistema con esta métrica.

Experimento 4

Utilizando la métrica Bag hemos extraído 10000 casos de la base de datos y observado el porcentaje de acierto en las 10 primeras sugerencias del sistema de recomendación, repitiendo este proceso un total de 10 veces obteniendo un total de 100 000 casos de prueba para comprobar la precisión del sistema con esta métrica.

Experimento 5

Con la mejor de las métricas ya seleccionada, se retiran las stopwords de la base de datos y se realiza una comparativa de la precisión del sistema en los resultados obtenidos sobre los mismos 30000 casos de prueba respecto a no modificar nada del texto original.

Experimento 6

Con la mejor de las métricas ya seleccionada, se retiran las stopwords y se acepta como bueno un diagnóstico aproximado, y se realiza una comparativa de la precisión en los resultados obtenidos sobre los mismos 30000 casos de prueba respecto a no modificar nada de la base de datos y la base de datos sin stopwords y aceptando únicamente los diagnósticos exactos.



Diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial

Hay que destacar que lo que consideramos como diagnóstico aproximado es que el sistema sea capaz de sugerir opciones en las que el término principal del código CIE-9 sea el mismo que el del diagnóstico esperado, tal y como se ha explicado en el capítulo de materiales. Por ejemplo, mientras que en los anteriores experimentos si el diagnóstico esperado era 487.1 y el sistema sugería el 487.0 se tomaba como un error mientras que ahora lo tomaremos como un acierto.

5. Resultados y discusiones

5.1 Resultados

Experimento 1

En este experimento hemos obtenido los siguientes resultados promedio para las diez primeras sugerencias del sistema de recomendación aplicando la métrica coseno:

Sugerencia	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
% de acierto	32.135%	13.738%	8.469%	6.057%	4.561%

Tabla 1: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica coseno

Sugerencia	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
% de acierto	3.616%	2.899%	2.517%	2.100%	1.773%

Tabla 2: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica coseno

Y con estos resultados también obtenemos los siguientes resultados para la media, la mediana, la varianza, la desviación típica y el intervalo de confianza al 95%:

Media	77.60%
Mediana	79.99%
Desviación típica	5.358
Varianza	28.71
Intervalo de confianza al 95%	[74.28%, 80.92%]
Coste temporal de 1 consulta	3 segundos

Tabla 3: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica coseno

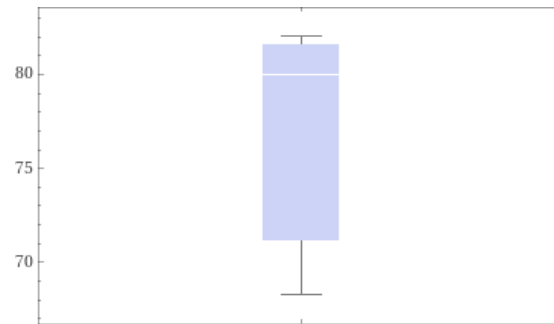


Figura 7: Diagrama de caja de los resultados con la métrica coseno

Experimento 2

En este experimento hemos obtenido los siguientes resultados promedio para las diez primeras sugerencias del sistema de recomendación aplicando la métrica jaccard:

Sugerencia	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
% de acierto	31.082%	14.013%	8.704%	5.941%	4.728%

Tabla 4: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica jaccard

Sugerencia	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
% de acierto	3.731%	2.962%	2.445%	2.209%	1.845%

Tabla 5: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica jaccard

Y con estos resultados también obtenemos los siguientes resultados para la media, la mediana, la varianza, la desviación típica y el intervalo de confianza al 95%:

Media	77.90%
Mediana	80.10%
Desviación típica	4.43
Varianza	19.684
Intervalo de confianza al 95%	[75.15%, 80.65%]

Coste temporal de 1 consulta	1.75 segundos
------------------------------	---------------

Tabla 6: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica jaccard

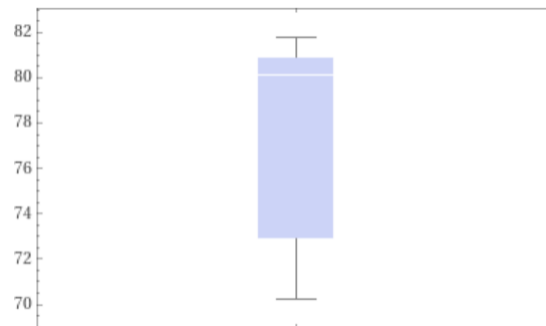


Figura 8: Diagrama de caja de los resultados con la métrica jaccard

Experimento 3

En este experimento hemos obtenido los siguientes resultados promedio para las diez primeras sugerencias del sistema de recomendación aplicando la métrica overlap:

Sugerencia	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
% de acierto	8.461%	4.967%	4.549%	4.609%	4.109%

Tabla 7: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica overlap

Sugerencia	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
% de acierto	3.445%	3.276%	2.780%	2.692%	2.338%

Tabla 8: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica overlap

Y con estos resultados también obtenemos los siguientes resultados para la media, la mediana, la varianza, la desviación típica y el intervalo de confianza al 95%:

Media	41.28%
Mediana	42.3%

Desviación típica	2.49
Varianza	6.22
Intervalo de confianza al 95%	[38.84%, 43.72%]
Coste temporal de 1 consulta	3.96 segundos

Tabla 9: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica overlap

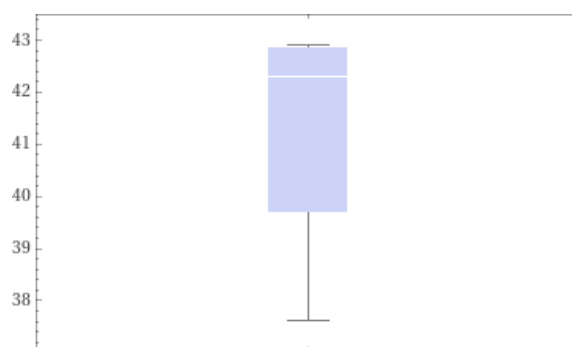


Figura 9: Diagrama de caja de los resultados con la métrica overlap

Experimento 4

En este experimento hemos obtenido los siguientes resultados promedio para las diez primeras sugerencias del sistema de recomendación aplicando la métrica overlap:

Sugerencia	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
% de acierto	15.915%	10.512%	7.525%	6.125%	5.110%

Tabla 10: Resultados en las primeras cinco sugerencias con la métrica bag

Sugerencia	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
% de acierto	4.140%	3.525%	3.250%	2.742%	2.475%

Tabla 11: Resultados de la quinta a la décima sugerencia con la métrica bag

Y con estos resultados también obtenemos los siguientes resultados para la media, la mediana, la varianza, la desviación típica y el intervalo de confianza al 95%:

Media	63.05%
Mediana	61.59%
Desviación típica	4.54
Varianza	20.62
Intervalo de confianza al 95%	[58.6%, 67.5%]
Coste temporal de 1 consulta	5.5 segundos

Tabla 12: Resumen estadístico de los resultados del sistema aplicando la métrica overlap

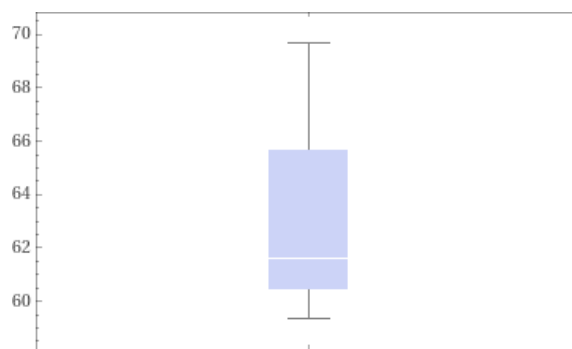


Figura 10: Diagrama de caja de los resultados con la métrica bag

Experimento 5

Tras retirar las stopwords de la base de datos y de los casos extraídos para las pruebas, hemos realizado tres casos de prueba sobre los que obtener datos, cada uno con un tamaño de 10000 entradas para el sistema, obteniendo los siguientes resultados:

	Precisión sin modificar	Precisión sin stopwords
Caso 1	80.26%	82.54%
Caso 2	78.97%	80.76%
Caso 3	81.76%	83.41%

Tabla 13: Resultados obtenidos tras eliminar las stopwords

Caso 1	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[33.26, 14.06, 9.38, 6.58, 4.62, 3.72, 2.81, 2.06, 2.11, 1.66]
Sin stopwords	[35.42, 15.46, 8.87, 6.42, 4.13, 3.54, 2.95, 2.35, 1.78, 1.62]

Tabla 14: Resultados obtenidos en el caso uno

Caso 2	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[31.42, 14.01, 8.89, 6.14, 4.97, 3.69, 3.13, 2.57, 2.46, 1.69]
Sin stopwords	[33.34, 15.33, 8.53, 6.26, 4.76, 3.77, 3.02, 2.52, 1.77, 1.46]

Tabla 15: Resultados obtenidos en el caso dos

Caso 3	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[34.76, 15.65, 8.97, 6.17, 4.59, 3.40, 2.58, 2.20, 1.88, 1.56]
Sin stopwords	[37.86, 15.46, 8.78, 5.99, 4.05, 3.38, 2.54, 2.11, 1.77, 1.47]

Tabla 16: Resultados obtenidos en el caso tres

Experimento 7

Tras considerar como aciertos en el diagnóstico los diagnósticos aproximados, hemos realizado tres casos de prueba sobre los que obtener datos, cada uno con un tamaño de 10000 entradas para el sistema, obteniendo los siguientes resultados:

	Precisión sin modificar	Precisión sin stopwords y con el diagnóstico aproximado
Caso 1	80.26%	86.09%
Caso 2	78.97%	84.68%
Caso 3	81.76%	86.9%

Tabla 17: Resultados obtenidos tras aceptar un diagnóstico aproximado

Caso 1	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[33.26, 14.06, 9.38, 6.58, 4.62, 3.72, 2.81, 2.06, 2.11, 1.66]
Sin stopwords Diag. Aprox.	[40.09, 15.76, 8.76, 6.13, 4.28, 3.31, 2.67, 2.17, 1.56, 1.36]

Tabla 18: Resultados obtenidos en el caso uno

Caso 2	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[31.42, 14.01, 8.89, 6.14, 4.97, 3.69, 3.13, 2.57, 2.46, 1.69]
Sin stopwords Diag. Aprox.	[37.80, 15.86, 8.64, 6.45, 4.60, 3.47, 2.73, 2.29, 1.63, 1.21]

Tabla 19: Resultados obtenidos en el caso dos

Caso 3	% de aciertos por sugerencia
Sin modificar	[34.76, 15.65, 8.97, 6.17, 4.59, 3.40, 2.58, 2.20, 1.88, 1.56]
Sin stopwords Diag. Aprox.	[42.55, 15.45, 8.81, 5.80, 4.08, 3.07, 2.30, 1.97, 1.66, 1.21]

Tabla 20: Resultados obtenidos en el caso tres

5.2 Discusiones

En cuanto a los resultados obtenidos podemos diferenciar dos bloques, los primeros cuatro experimentos donde hemos probado diferentes métricas capaces de definir similitudes entre textos y los experimentos cinco y seis donde se ha buscado mejorar el sistema de recomendación que funcionaba con la métrica de jaccard.

Del primer bloque de experimentos hay que destacar los buenos resultados obtenidos con la métrica coseno y con la métrica jaccard respecto a los resultados obtenidos con las otras dos métricas estudiadas, como se puede observar en la figura 9 los resultados se diferencian principalmente por la precisión en las primeras opciones del sistema. Además, como se puede observar en la figura 10 también son notables las diferencias en tiempo de ejecución siendo también jaccard la más eficiente, esto no es algo menor, ya que con una base de datos mucho mayor que la utilizada el hecho de que el tiempo de respuesta sea de hasta un tercio menor que con otras opciones puede ser diferencial en situaciones críticas. También es importante a nivel estadístico el bajo valor en la desviación típica y la varianza, esto nos indica que los resultados tienen un nivel de certeza muy alto y esto se ha conseguido gracias al gran número de casos de prueba estudiados.

	<i>Coseno</i>	<i>Jaccard</i>	<i>Overlap</i>	<i>Bag</i>
<i>Media</i>	77.60%	77.90%	41.28%	63.05%
<i>Mediana</i>	79.99%	80.10%	42.3%	61.59%
<i>Desviación típica</i>	5.358	4.43	2.49	4.54
<i>Varianza</i>	28.71	19.684	6.22	20.62
<i>IC al 95%</i>	[74.28%, 80.92%]	[75.15%, 80.65%]	[38.84%, 43.72%]	[58.6%, 67.5%]
<i>Tiempo de 1 consulta</i>	3 segundos	1.75 segundos	3.96 segundos	5.5 segundos

Tabla 21: Resumen estadístico de los resultados obtenidos en los primeros 4 experimentos

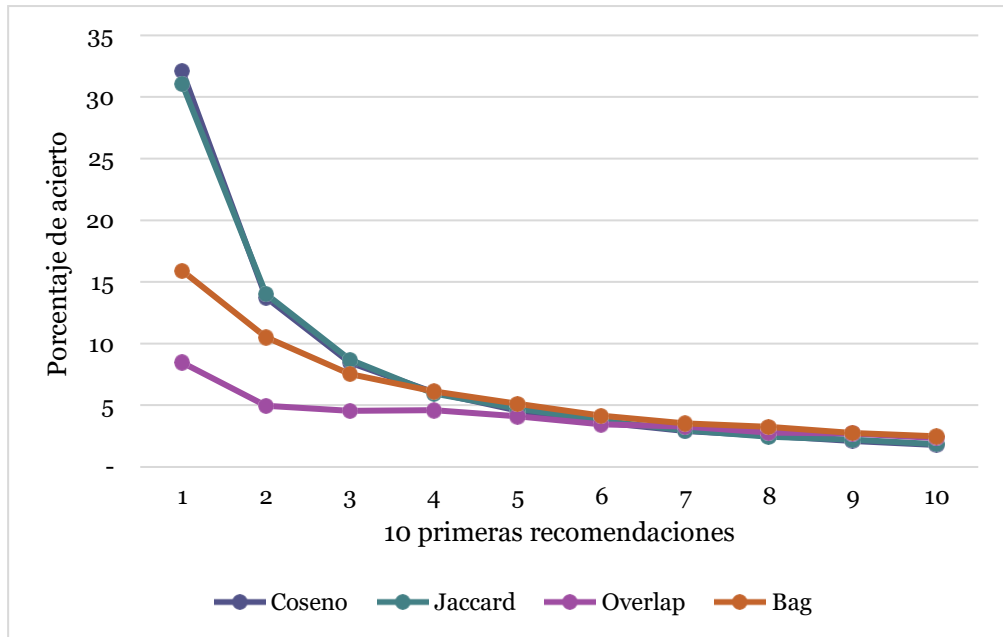


Figura 11: Resultados del sistema con las distintas métricas

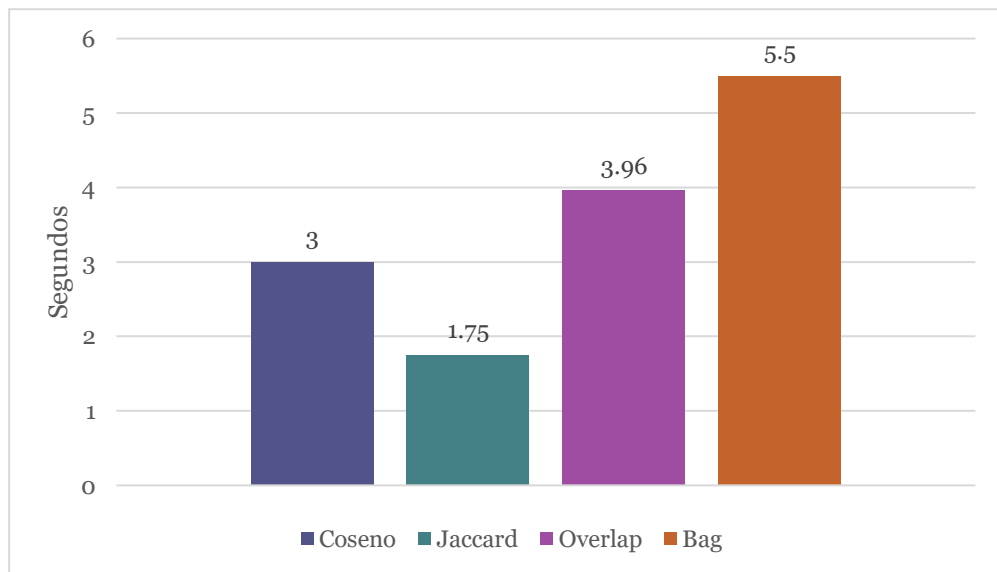


Figura 12: Resultados del coste temporal con las distintas métricas

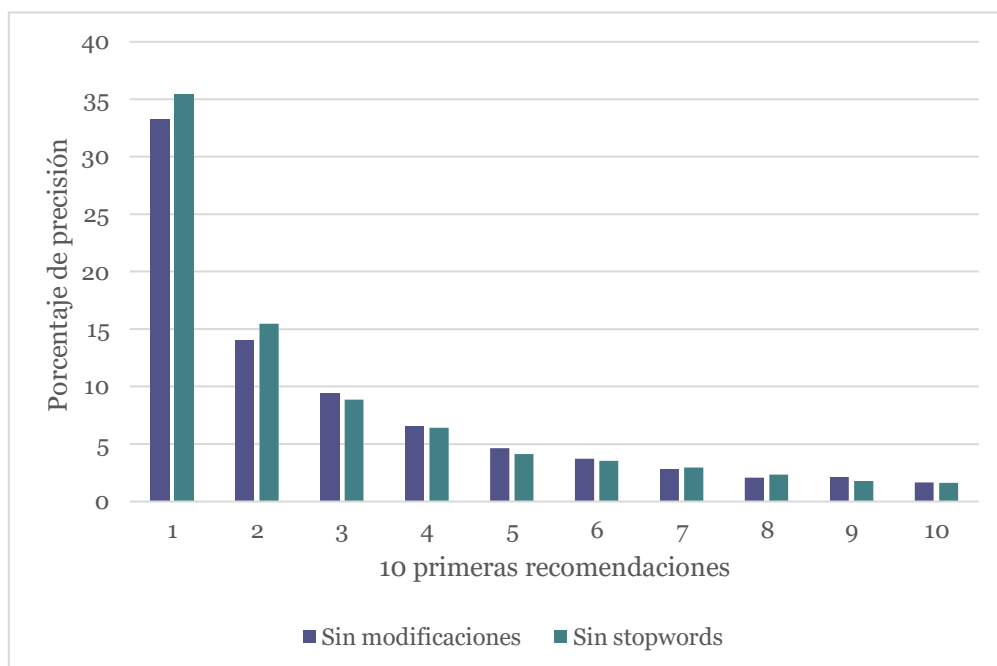


Figura 13: Resultados del caso uno en el experimento cinco

Respecto al experimento número cinco, como era esperable, se ha encontrado una mejora en la precisión del sistema cuando hemos retirado las stopwords de todos los casos de la base de datos. Sin embargo, aunque la mejora de resultados si que era esperable, lo que resulta mas interesante es la mejora de resultados en las primeras sugerencias del sistema de recomendación, habiendo también una bajada en los resultados de las últimas sugerencias, esto nos indica que nos estaríamos acercando a un escenario donde el sistema sería capaz de acertar el diagnostico en gran parte de casos en la primera opción que es lo que realmente nos interesa, como se puede observar en la figura 11 el porcentaje de precisión del sistema en la primera sugerencia es de 35,42% respecto al 33,26% que tenia antes de retirar las stopwords para los mismos casos de prueba. La mejora global de los resultados oscila entre un 1,65% y un 2,28% en el mejor de los casos.

Finalmente, en el último experimento donde hemos considerado como válido un diagnóstico aproximado al esperado, ya que por la forma de clasificar los distintos diagnósticos ligeras diferencias nos estaban dando fallos donde realmente no los había al cien por cien, ya que realmente existen diferentes patologías que podemos agrupar debido a que sus características o su tratamiento es similar. Hemos obtenido unos resultados muy interesantes que continúan en la tendencia del experimento anterior, la mejora global de la precisión en las primeras diez sugerencias del sistema oscila entre un 3% y un 5%, incrementando también la tasa de acierto de forma notable en las primeras sugerencias del sistema de recomendación, como se puede observar en la figura 12, llegando en algunos casos como el caso número tres al cincuenta por ciento de los aciertos totales del sistema, con tasas de acierto del 42.55%.

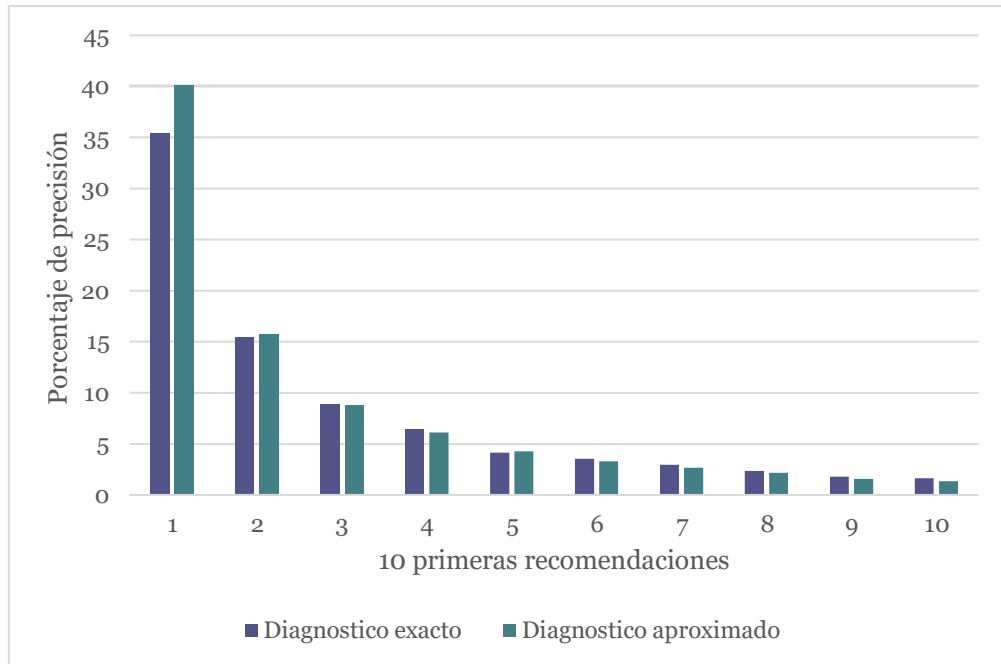


Figura 14: Resultados del caso uno en el experimento seis

En resumen, con los distintos experimentos realizados se han obtenido unos buenos resultados alcanzando tasas de precisión iniciales cercanas al 78% de media y observando que con diferentes mejoras esta precisión incrementa entre tres y cinco puntos. Destacando la importancia de tener en cuenta la flexibilidad a la hora de evaluar los resultados de un sistema de recomendación médico de este tipo, ya que la exactitud en el diagnóstico es algo relativo, siendo la capacidad de identificar el grupo al que pertenece la patología casi tan importante como el hecho de identificar de forma exacta la propia enfermedad o lesión, ya que en muchos casos el procedimiento a seguir para tratar esta patología será el mismo o muy similar al de la patología exacta.

6. Conclusiones

6.1 Conclusiones

En el presente proyecto se ha abordado la tarea del diseño de un sistema de recomendación para medicina espacial. En el se han realizado una serie de experimentos utilizando diferentes métricas y estrategias con el objetivo de conseguir los mejores resultados en términos de precisión. A la vista de los resultados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Los mejores resultados a nivel de precisión se han obtenido con la métrica jaccard, con un valor medio de 77,90%
- Los mejores resultados en coste temporal se han obtenido con la métrica jaccard, con un valor medio de 1,75 segundos por consulta.
- Son también significativos los resultados obtenidos con la métrica coseno, con un valor medio de precisión de 77,60%, aunque el coste temporal si sea significativamente mayor con un valor medio de 3 segundos.
- La recogida de datos y la estructura de estos es fundamental para que el sistema de recomendación sea capaz de obtener los mejores resultados posibles.
- Las mejoras realizadas sobre la base de datos, como la eliminación de las stopwords de todas las entradas, nos proporcionan mejoras en la precisión bastante significativas.
- La capacidad para agrupar diferentes diagnósticos de manera que el sistema no tenga que diferenciar enfermedades o lesiones que tienen el mismo tratamiento o uno muy similar facilita la tarea del sistema y nos proporciona una mejora en resultados obtenidos.



6 Bibliografía

- [1] Witze, Alexandra & Mallapaty, Smriti & Gibney, Elizabeth. (2020). Countdown to Mars: three daring missions take aim at the red planet. *Nature*. 583. 184-188. 10.1038/d41586-020-01861-0.
- [2] Garcia-Gomez JM. Basic principles and concept design of a real-time clinical decision support system for autonomous medical care on missions to Mars based on adaptive deep learning. :31.
- [3] Russomano T, Baers JH, Velho R, Cardoso RB, Ashcroft A, Rehnberg L, et al. A comparison between the 2010 and 2005 basic life support guidelines during simulated hypogravity and microgravity. *Extrem Physiol Med*. diciembre de 2013;2(1):11.
- [4] Palacios S, Caiani EG, Landreani F, Martínez JP, Pueyo E. Long-Term Microgravity Exposure Increases ECG Repolarization Instability Manifested by Low-Frequency Oscillations of T-Wave Vector. *Front Physiol*. 17 de diciembre de 2019;10:1510.
- [5] NASA: Human research program, anual report 2016, advancing human exploration <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/hrp-fy2016-annual-report-web-version.pdf>
- [6] Hamilton, Douglas & Smart, Kieran & Melton, Shannon & Polk, James & Johnson-Throop, Kathy. (2008). Autonomous Medical Care for Exploration Class Space Missions. *The Journal of trauma*. 64.
- [7] Medical treatment during spaceflight, Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Medical_treatment_during_spaceflight
- [8] Ricci F, Rokach L, Shapira B. Introduction to Recommender Systems Handbook. En: Ricci F, Rokach L, Shapira B, Kantor PB, editores. *Recommender Systems Handbook* [Internet]. Boston, MA: Springer US; 2011 [citado 6 de julio de 2021]. p. 1-35. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-85820-3_1
- [9] Ferri P, Sáez C, Félix-De Castro A, Juan-Albarracín J, Blanes-Selva V, Sánchez-Cuesta P, et al. Deep multitask ensemble classification of emergency medical call incidents combining multimodal data improves emergency medical dispatch [Internet]. *Emergency Medicine*; 2020 jun [citado 30 de junio de 2021]. Disponible en: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.06.26.20123216>
- [10] Clasificación Internacional de Enfermedades 9.a Revisión Modificación Clínica, enero 2014 https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/docs/CIE9MC_2014_def_accesible.pdf

[11] Romero E, Francisco D. The NASA human system risk mitigation process for space exploration. Acta Astronautica. octubre de 2020;175:606-15.

