

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERIA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS



**TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO DE COMPUTACIÓN Y
SISTEMAS**

**“SISTÉMA INFORMÁTICO MÓVIL INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA
Y CONTROL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN PACIENTES DEL SECTOR
PRIVADO DE SALUD EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”**

Área de Investigación:

SISTEMAS INTELIGENTES

Autor(es):

Br. Diego Edinson Liberato Bernal

Br. Rodrigo Miguel Quilcat Pesantes

Jurado Evaluador:

Presidente: Abanto Cabrera, Heber Gerson

Secretario: Ullón Ramírez, Agustín Eduardo

Vocal: Calderón Sedano, José Antonio

Asesor:

Urrelo Huiman, Luis Vladimir

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1523-2640>

TRUJILLO - PERÚ

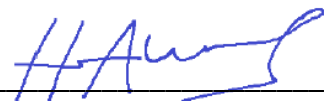
2021

Fecha de sustentación: 2021/11/12

**“SISTÉMA INFORMÁTICO MÓVIL INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA
Y CONTROL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN PACIENTES DEL SECTOR
PRIVADO DE SALUD EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”**

Elaborado por:

Br. Liberato Bernal, Diego Edinson
Br. Quilcat Pesantes, Rodrigo Miguel



Ing. Heber Gerson Abanto Cabrera
Presidente
CIP N° 106421



Ing. Agustin Eduardo Ullon Ramirez
Secretario
CIP N° 137602



Ms. José Antonio Calderón Sedano
Vocal
CIP N° 139198



Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman
Asesor
CIP N° 88212

DEDICATORIA

A mi familia,

Y a mí mismo por creer en mí

~ Diego Liberato

A mi abuela Teodosia,

Por instruirme durante quince años
de mi vida para poder llegar a cumplir

las metas que me propuse.

~ Rodrigo Quilcat

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman, al Ing. Walter Cueva y al Ing. Ali Lozano, docentes de nuestra casa de estudios por su apoyo y guía en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Yuri Liberato Salinas, por proporcionarnos la información, recursos, entrevistas con los involucrados para el desarrollo de este proyecto, y a todas las personas que fungieron de apoyo para lograr la culminación del anterior mencionado.

“SISTÉMA INFORMÁTICO MÓVIL INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA Y CONTROL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN PACIENTES DEL SECTOR PRIVADO DE SALUD EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”

RESUMEN

Por: Br. Liberato Bernal Diego Edinson

Br. Quilcat Pesantes Rodrigo Miguel

La tecnología siempre ha estado presente en el campo médico, por lo que no es novedad que se dé el uso de tecnologías emergentes para este sector, ese es el caso de este presente trabajo de investigación, cuyo objetivo es mejorar la detección temprana de enfermedades respiratorias, y darle una mejor atención a los pacientes, de tal manera que estos logren una mejora rápida, y evitar que estos lleguen a un estado crítico, ya que las enfermedades respiratorias son las más comunes en nuestra región, y también las más mortales.

Como manera de solución para lo anteriormente dicho, se planea desarrollar y usar un modelo predictivo, basado en Deep Learning, usando análisis de audios, donde se desea detectar alguna anomalía en ella, lo que se conoce como sibilancia, con ello puede facilitar al doctor a identificar la enfermedad respiratoria, a su vez la aplicación servirá para los controles diarios que los pacientes deben llevar en su tratamiento, de tal forma que tanto el paciente como el doctor tendrán la facilidad de recolectar dicha información, y que cada día se acelere el tratamiento del paciente.

A demás del objetivo principal, lo que la aplicación busca es que el doctor pueda tener la información en tiempo real, y dependiendo de los resultados, afirmar o rechazar dichos resultados, a su vez de crear una cita principal en caso sea necesario, y si toda la información fuera conforme, dar indicaciones y medicamentos para el tratamiento.

Palabras Clave: IRA, detección temprana, Deep Learning, aplicativo móvil, enfermedades respiratorias

"MOBILE COMPUTER SMART SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND CONTROL OF RESPIRATORY DISEASES IN PATIENTS FROM THE PRIVATE HEALTH SECTOR IN TRUJILLO CITY"

ABSTRACT

By: Br. Liberato Bernal Diego Edinson

Br. Quilcat Pesantes Rodrigo Miguel

Technology has always been present in the medical field, so it is not new that emerging technologies are being used for this sector, that is the case of this present research work, whose objective is to improve the early detection of respiratory diseases, and give better care to patients, in such a way that they achieve a rapid improvement, and prevent them from reaching a critical state, since respiratory diseases are the most common in our region, and also the most deadly.

As a solution to the aforementioned, it is planned to develop and use a predictive model, based on Deep Learning, using audio analysis, where it is desired to detect an anomaly in it, which is known as wheezing, with this it can facilitate the doctor to identify the respiratory disease, in turn, the application will serve for the daily controls that patients must carry in their treatment, in such a way that both the patient and the doctor will have the facility to collect said information, and that each day the treatment of the patient.

In addition to the main objective, what the application seeks is that the doctor can have the information in real time, and depending on the results, affirm or reject said results, in turn creating a main appointment if necessary, and if all the information was compliant, give indications and medications for the treatment.

Keywords: IRA, deep learning, health care, mobile app, respiratory diseases

PRESENTACIÓN

Este trabajo de tesis tiene como principal objetivo facilitar el control de enfermedades respiratorias en pacientes que padezcan de estas, además de mejorar la comunicación con sus médicos tratantes, a través de un sistema informático móvil inteligente, el cual permite realizar el registro de ciertas variables que involucra un buen control médico, construida bajo una metodología ágil de desarrollo de software y utilizando tecnologías de aprendizaje profundo para la detección de anomalías sonoras o sibilancias en la respiración de los pacientes, el cual es un indicativo importante en la prevención de alguna enfermedad respiratoria.

A partir de la coyuntura vivida desde comienzos del año 2020 por el COVID-19, se le empieza a tomar importancia al cuidado de la salud respiratoria, ya que es el principal medio de contagio para el virus mencionado. Estudios hechos en años anteriores, sumado a los estudios realizados post origen del COVID-19, llegan a enfatizar que la poca prevención de enfermedades respiratorias, un mal control de estas en el caso de enfermedades respiratorias crónicas, y una mala comunicación con los médicos especialistas, podría generar que la salud de un paciente agrave o en el peor de los casos termina en deceso, desde niños hasta ancianos.

Es por ello por lo que realizamos este proyecto, cuya finalidad se centre en ser una herramienta de apoyo para los médicos especialistas en enfermedades respiratorias para poder registrar los controles de los pacientes que lo requieran, a su vez de mejorar la comunicación con ellos y disminuir los casos graves de pacientes con enfermedades respiratorias en nuestra ciudad. A su vez, este proyecto nos permite navegar por gran parte de lo aprendido en el transcurso de la carrera, ya que detallamos aspectos de la construcción del sistema informático móvil inteligente, desde la fase de diseño (prototipado), el desarrollo de software que involucra aplicar arquitecturas y buenas prácticas tanto para back-end como front-end, modelado de base de datos, despliegue en un ambiente de desarrollo y en un ambiente de producción, y finalmente la construcción de un modelo de aprendizaje profundo para la clasificación de audios, donde todos estos elementos convergen en un solo producto el cual denominamos: NEUMOCONTROL.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	13
1.1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.2.	OBJETIVOS	19
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL	19
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
1.3.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	20
II.	MARCO DE REFERENCIA	22
2.1.	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	22
2.2.	MARCO TEORICO	26
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	31
2.4.	HIPÓTESIS	32
2.5.	VARIABLES	32
2.5.1.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	32
III.	METODOLOGÍA EMPLEADA	35
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	35
3.1.1.	ENFOQUE	35
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	35
3.2.	POBLACION Y MUESTRA.....	35
3.2.1.	POBLACIÓN	35
3.2.2.	MUESTRA	35
3.2.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS	35
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
3.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	36
3.4.1.	TECNICAS.....	36
3.4.2.	INSTRUMENTOS	37
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
3.5.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	37
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.	PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	39
4.1.1.	DOMINIO DEL PROBLEMA.....	39
4.1.2.	MODELO DE PROCESOS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	39
4.1.3.	REQUERIMIENTOS	41
4.1.4.	DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y DESPLIEGUE DE LA SOLUCIÓN....	43
4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	60

4.2.1. RESULTADOS DE INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	60
4.2.2. RESULTADOS DE INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.....	61
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS	65
5.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	65
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	66
CONCLUSIONES.....	70
SIGLARIO	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Atenciones de niños/as menores de 5 años afectados con infecciones respiratorias agudas, según departamento, 2007-2018.....	14
Ilustración 2 Hombres hospitalizados, según causas y grupos de edad, 2007-2017	14
Ilustración 3 Mujeres hospitalizadas, según causas y grupos de edad, 2007-2017	15
Ilustración 4 Evolución de casos notificados de tuberculosis, según departamento, 2007-2018	16
Ilustración 5 Quince primeras causas de muerte. Perú 2011	18
Ilustración 6 Índice de episodios de neumonía en menores de 5 años y mayores de 60 años por departamentos, Perú 2020-2021	19
Ilustración 7 Arquitectura de una Red Neuronal Convolutiva	28
Ilustración 8 Espectrograma	28
Ilustración 9 Arquitectura CQRS	29
Ilustración 10 Patrón de Diseño BLoC.....	30
Ilustración 11 Modelo de Proceso de la solución propuesta (Elaboración propia)	40
Ilustración 12 Diseño de pantallas de bienvenida e instrucciones de uso (Elaboración propia).....	43
Ilustración 13 Diseño de pantallas de inicio de sesión, principal y grabación de audios (Elaboración propia).....	44
Ilustración 14 Diseño de pantallas de registro de síntomas, signos y condiciones del paciente en el control diario (Elaboración propia)	44
Ilustración 15 Esquema de base de datos (Elaboración propia)	45
Ilustración 16 Tecnologías para el desarrollo de la solución (Elaboración propia)	45
Ilustración 17 Arquitectura CQRS	46
Ilustración 18 Swagger API documentación (Elaboración propia).....	47
Ilustración 19 Inicio de sesión al sistema administrativo web (Elaboración propia)	48
Ilustración 20 Dashboard del sistema administrativo web (Elaboración propia).....	48
Ilustración 21 Registro de pacientes (Elaboración propia).....	48
Ilustración 22 Detalle de pacientes (Elaboración propia).....	49
Ilustración 23 Historial de Controles del paciente (Elaboración propia)	49
Ilustración 24 Patrón de diseño de software BLOC	51
Ilustración 25 Pantalla de inicio de la aplicación (Elaboración propia)	52
Ilustración 26 Pantalla de inicio de sesión de la aplicación (Elaboración propia)	52
Ilustración 27 Pantalla principal de la aplicación (Elaboración propia).....	52
Ilustración 28 Pantalla de verificación de la aplicación (Elaboración propia)	52
Ilustración 29 Pantalla de control de síntomas (Elaboración propia).....	53

Ilustración 30 Pantalla de control de signos (Elaboración propia).....	53
Ilustración 31 Pantalla de control de condiciones (Elaboración propia).....	53
Ilustración 32 Pantalla de pregunta sobre malestar adicional (Elaboración propia)	53
Ilustración 33 Pantalla de malestares adicionales (Elaboración propia)	54
Ilustración 34 Pantalla de validación de respiración (Elaboración propia).....	54
Ilustración 35 Pantalla de grabación de audio (Elaboración propia).....	54
Ilustración 36 Pantalla de confirmación de envío de datos (Elaboración propia).....	54
Ilustración 37 Procesamiento del audio.....	57
Ilustración 38 Esquema de la Red Neuronal Convolutiva (Elaboración propia).....	58
Ilustración 39 Resultados Pregunta 1 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia) ...	62
Ilustración 40 Resultados Pregunta 2 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia) ...	62
Ilustración 41 Resultados Pregunta 3 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia) ...	63
Ilustración 42 Resultados Pregunta 4 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia) ...	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	32
Tabla 2 Diseño de Investigación	36
Tabla 3 Historias de Usuario del SIMI.....	41
Tabla 4 Tabla de comparación con el resto de las modelos	60
Tabla 5 Resultados de indicadores de la VI	60
Tabla 6 Indicadores de la prueba estadística	66
Tabla 7 Resultados de la contrastación de variables y resultados	66

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Con el pasar del tiempo, las tecnologías han ido evolucionando y dando grandes pasos, algunas de las tecnologías de información emergentes para el tratamiento de enfermedades respiratorias, ya sea que estén desarrolladas o en proceso de desarrollo, son:

- Big Data, Según Russom (2011) la mayoría de las definiciones que se le han dado al término “big data” están basadas en la cantidad o volumen de los datos, pero también se tiene que considerar otras características que quizás pasen desapercibidas como la velocidad y la variedad de los mismos datos.
- Realidad Aumentada: Basogain et al. (2012) la define como una aquella tecnología que sirve de complemento en lo que respecta a la interacción con el mundo real, pero en un entorno generado mediante una computadora, lo que le permite experimentar de forma segura.
- Machine Learning: También denominado aprendizaje automático, Murphy (2012) lo define como la aplicación de patrones descubiertos hacia un conjunto de datos para que estos puedan predecir valores futuros o dar soporte a una toma de decisiones.

Un fin común para la aplicación de todas estas tecnologías es poder brindarles un tratamiento adecuado a los pacientes que presenten una enfermedad o infección respiratoria, las cuales no distinguen al momento de contraerlas, ni siquiera la edad. Como se puede ver en la ilustración 1, en el año 2018 en La Libertad se tenía registro de 103 750 niños/niñas menores de 5 años afectados con infecciones respiratorias agudas (IRA), mientras que en departamentos vecinos como Lambayeque y Ancash donde el número de casos registrados es de 87 580 y 90 110 respectivamente.

Ilustración 1 Atenciones de niños/as menores de 5 años afectados con infecciones respiratorias agudas, según departamento, 2007-2018

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total	3 705 764	3 862 472	3 556 522	3 654 338	3 188 762	2 435 554	2 521 397	2 016 553	2 751 505	2 460 464	2 007 127	2 317 718
Amazonas	80 729	126 328	90 000	116 369	74 569	66 464	72 392	62 683	85 231	60 912	44 637	54 905
Áncash	113 194	132 400	120 682	121 634	95 152	94 499	97 454	85 764	114 520	91 530	79 101	90 110
Apurímac	104 089	83 799	66 458	77 334	55 156	49 520	50 108	38 669	51 696	52 017	42 277	50 884
Arequipa	190 788	217 121	218 893	196 485	197 599	120 940	125 592	97 885	163 856	150 267	108 378	129 679
Ayacucho	118 780	107 161	75 610	97 846	69 511	67 966	63 237	48 196	72 072	74 329	48 634	68 267
Cajamarca	282 694	258 562	192 575	192 674	153 471	134 225	141 319	112 937	163 900	140 157	101 454	122 493
Callao	107 803	104 815	139 228	110 555	155 068	92 151	92 747	64 800	105 802	91 796	75 284	73 524
Cusco	199 916	198 321	153 726	136 250	74 569	99 407	109 089	85 033	122 426	104 696	83 764	102 878
Huancavelica	93 594	61 173	84 541	88 796	95 152	56 559	57 260	52 605	72 308	52 612	46 283	50 075
Huánuco	150 874	115 963	114 549	135 903	55 196	60 292	68 084	62 978	93 130	78 524	64 446	84 778
Ica	100 199	105 638	96 586	119 315	197 599	78 657	80 837	61 265	90 453	96 940	67 350	93 004
Junín	140 038	128 841	135 088	141 699	69 511	80 985	85 163	75 606	100 223	80 546	72 906	83 084
La Libertad	233 577	247 066	224 676	237 262	153 471	134 869	140 433	115 758	163 690	120 960	106 141	103 750
Lambayeque	159 509	156 143	186 715	130 036	149 972	81 802	77 308	62 234	111 650	105 749	80 177	87 580
Lima	775 270	861 311	785 541	835 358	841 618	674 155	676 311	517 191	544 539	566 209	497 677	541 896
Provincia de Lima 1/	...	...	...	...	...	...	...	...	439 370	459 941	404 531	429 564
Región Lima 2/	...	...	...	...	...	...	...	...	106 169	106 268	93 146	112 332
Loreto	48 227	117 730	168 682	154 015	158 141	115 857	111 720	78 132	109 256	76 683	92 388	96 662
Madre de Dios	19 035	24 309	18 956	19 321	17 160	12 787	14 579	11 242	14 463	17 144	13 025	15 470
Moquegua	27 157	25 601	34 304	22 039	28 784	15 573	15 579	14 610	20 796	15 658	12 738	13 475
Pasco	34 318	48 698	56 846	47 665	54 306	29 212	33 180	23 136	47 783	41 177	33 262	38 318
Piura	306 856	318 522	195 997	228 154	180 386	132 523	147 531	130 648	167 915	160 617	120 822	149 202
Puno	147 049	130 029	129 318	145 926	112 161	92 038	89 446	71 243	103 638	80 900	64 583	79 773
San Martín	125 887	106 001	91 914	145 374	64 403	63 413	83 571	77 258	103 970	80 623	57 607	72 037
Tacna	48 194	46 713	49 432	38 619	39 594	25 026	27 215	21 262	40 355	33 227	25 391	32 260
Tumbes	27 367	29 855	26 809	25 761	22 697	17 040	15 679	10 380	20 431	22 710	18 644	18 859
Ucayali	70 640	110 382	99 396	89 948	71 556	39 594	45 563	35 038	67 402	64 481	50 158	64 713

Fuente: INEI (2018) ATENCIONES DE NIÑOS/AS MENORES DE 5 AÑOS AFECTADOS CON INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007-2018. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/health/>

Con esta información y la que se observa en la ilustración 2, vemos que en el año 2017 se registraron 210 144 hombres hospitalizados en todo el país, de los cuales 24 873 eran por enfermedades del sistema respiratorios, donde, el grupo de edad más afectado era el de menores de 15 años seguido por el de 50 años a más.

Ilustración 2 Hombres hospitalizados, según causas y grupos de edad, 2007-2017

Enfermedades del sistema respiratorio	28 511	29 433	27 318	30 524	26 229	26 772	28 271	26 202	25 331	26 309	24 873
Menores de 15 años	20 535	20 810	18 222	19 928	17 035	17 163	18 067	16 563	15 621	15 856	14 778
De 15 a 24 años	1 242	1 210	1 259	1 243	1 091	1 134	1 046	944	913	940	866
De 25 a 49 años	2 026	2 093	2 307	2 286	1 995	1 959	2 091	1 967	1 797	2 027	1 821
50 y más años	4 708	5 340	5 530	7 067	6 108	6 516	7 067	6 726	7 000	7 486	7 394
Ignorado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14

Fuente: INEI (2017) HOMBRES HOSPITALIZADOS, SEGÚN CAUSAS Y GRUPOS DE EDAD, 2007-2017. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/health/>

También observamos en la ilustración 3, que en el año 2017 se registraron 644 420 mujeres hospitalizadas en todo el país, de las cuales 24 183 eran por enfermedades

del sistema respiratorios, donde, el grupo de edad más afectado era el de menores de 15 años seguido por el de 50 años a más, igual que en el caso de los hombres.

Ilustración 3 Mujeres hospitalizadas, según causas y grupos de edad, 2007-2017

Enfermedades del sistema respiratorio	25 824	27 235	25 339	28 266	24 013	25 116	26 243	24 424	24 412	25 011	24 183
Menores de 15 años	16 516	16 731	14 496	15 874	13 482	13 840	14 384	13 223	12 735	13 030	12 192
De 15 a 24 años	1 104	1 018	1 176	1 112	912	978	905	827	882	833	755
De 25 a 49 años	2 219	2 417	2 692	2 589	2 154	2 215	2 272	1 969	2 176	2 101	2 020
50 y más años	5 985	7 069	6 975	8 691	7 485	8 083	8 682	8 405	8 619	9 047	9 201
Ignorado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15

FUENTE: INEI (2017) MUJERES HOSPITALIZADAS, SEGÚN CAUSAS Y GRUPOS DE EDAD, 2007-2017. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/health/>

Pasando a enfermedades en específico, tenemos el caso de la tuberculosis (TB) donde en la ilustración 4 podemos observar que se registraron 21 984 casos notificados de tuberculosis a nivel nacional y en el caso de La Libertad, se registraron 1 028 casos, a comparación de departamentos vecinos como Lambayeque, Ancash o Cajamarca, donde se registraron 607, 459 y 184 casos respectivamente.

Ilustración 4 Evolución de casos notificados de tuberculosis, según departamento, 2007-2018

EVOLUCIÓN DE CASOS NOTIFICADOS DE TUBERCULOSIS, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007-2018

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total	23 300	24 827	23 832	23 244	26 800	25 129	24 200	23 297	22 849	22 291	22 064	21 984
Amazonas	126	139	121	107	100	121	89	103	117	73	105	116
Áncash	517	674	569	621	876	772	627	515	534	504	469	459
Apurímac	120	94	95	120	115	123	102	100	75	88	84	83
Arequipa	799	787	736	648	772	741	694	668	620	636	633	565
Ayacucho	395	410	266	228	266	218	285	254	233	213	204	189
Cajamarca	223	179	182	200	218	245	232	224	209	217	233	184
Callao	1 037	1 174	1 178	1 135	1 385	1 240	1 308	1 247	1 261	1 121	1 080	1 231
Cusco	665	704	666	628	827	663	663	594	546	656	452	332
Huancavelica	101	109	87	98	105	97	86	87	70	77	97	21
Huánuco	444	420	377	416	382	421	341	320	395	343	328	371
Ica	711	721	738	763	817	788	698	747	708	737	730	762
Junín	714	797	673	681	772	770	740	671	700	669	638	541
La Libertad	775	1 159	1 177	995	1 182	1 196	1 105	1 097	1 104	952	934	1 028
Lambayeque	579	674	685	583	659	679	759	658	621	561	588	607
Lima	12 589	13 350	12 554	12 354	13 894	12 596	12 306	11 971	11 681	11 839	11 849	11 876
Provincia de Lima 1/	...	...	...	...	12 930	11 729	11 414	11 114	10 815	10 965	10 944	11 002
Región Lima 2/	...	...	...	...	964	867	892	857	866	874	905	874
Loreto	874	737	1 152	1 015	1 185	1 228	1 280	1 134	1 240	967	1 056	1 174
Madre de Dios	169	213	181	165	246	216	239	206	190	188	166	187
Moquegua	122	135	160	130	176	181	110	113	108	123	117	109
Pasco	97	74	60	78	94	96	63	81	86	68	78	22
Piura	481	454	415	459	510	507	478	463	482	385	450	332
Puno	407	379	376	398	430	383	430	430	374	380	416	361
San Martín	348	353	354	329	376	457	363	444	388	376	291	242
Tacna	326	347	365	333	475	463	397	400	372	326	266	331
Tumbes	106	107	100	68	138	128	77	134	85	95	91	100
Ucayali	575	637	564	692	800	800	728	636	650	697	709	761

FUENTE: INEI (2018) EVOLUCIÓN DE CASOS NOTIFICADOS DE TUBERCULOSIS, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007-2018. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/health/>

Otra enfermedad que actualmente está afectando a la población nacional es el COVID-19. En la ilustración 5 podemos ver que hasta el 02 de enero del año 2021 se tiene la cifra registrada de 1 018 099 casos a nivel nacional y 37 489 casos a nivel del departamento de La Libertad.

Un factor repetitivo en este tipo de enfermedades es el hecho de que la población más afectada es aquella menor de 15 años y de 50 años a más, por lo que lo ideal es reducir el número de casos registrados, ya que se quiere evitar que el paciente llegue a un estado crítico o de hospitalización, incluso de esta manera llegando a afectar el índice de mortalidad generado por este tipo de enfermedades, ya que hay algunas donde no se busca erradicarlas, si no, retrasar su expansión lo más que se pueda para que no llegue a afectar al sistema de salud nacional.

Por lo que especialistas en neumología consideran que dichas enfermedades respiratorias son causa de la gran parte de muertes anuales en el mundo. Los siguientes problemas, causas y motivos por lo que los pacientes recurren a un neumólogo para llevar un tratamiento, ya sea temporal, o de por vida:

- a) **Cáncer de Pulmón:** Causada principalmente por el consumo de tabaco, la situación normalmente se vuelve crítica cuando el paciente está cerca de algún lugar que emita humo o vapor, de tal manera que afecta las vías respiratorias. Se le atribuye a más de dos terceras partes de las muertes mundiales anuales.
- b) **Enfermedades Respiratorias Crónicas (EPOC):** Causada principalmente por el consumo excesivo del cigarro y/o tabaco desde temprana edad, es por ella que el riesgo de muerte sea sumamente alto con respecto a esta causa.
- c) **Tuberculosis:** El consumo de tabaco también puede desencadenar una tuberculosis temprana en el paciente, lo que agrava la salud pulmonar, y esto aumenta considerablemente el riesgo de discapacidad y muerte por insuficiencia respiratoria. Los enfermos de tuberculosis deben llevar un tratamiento eficaz a diario, y con medicamentos.
- d) **Contaminación ambiental:** Por último y también importante, la contaminación ambiental generada por los vehículos, cigarros, etc., puede generar en el aire un aproximado de 7000 sustancias químicas, 69 de ellas son cancerígenas o nocivas para el ser humano.

Según el Centro Nacional de Epidemiología Prevención y Control de Enfermedades, en el Perú durante el año 2011 las enfermedades e infecciones respiratorias fueron el principal motivo de muertes en el Perú.

Ilustración 5 Quince primeras causas de muerte. Perú 2011



FUENTE: CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGÍA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES (2018) QUINCE PRIMERAS CAUSAS DE MUERTE. PERÚ 2011. Recuperado de <https://determinantes.dge.gob.pe/mortalidad/mortalidadPorAnio/2018>

La característica principal de que las personas mueran por alguna enfermedad respiratoria es que a menudo estas no son diagnosticadas y tratadas a tiempo. Según la OMS. “Cientos de millones de personas sufren cada día las consecuencias de una enfermedad respiratoria crónica. Hay unos 235 millones de personas que padecen de asma, 64 millones que sufren enfermedad pulmonar obstructiva crónica y rinitis alérgica que a menudo no llegan a diagnosticarse”.

A partir de información brindada en el Boletín Epidemiológico del Perú del 29 de septiembre del 2020 y del 31 de marzo del 2021, se registran las siguientes cifras de casos de infecciones respiratorias agudas (IRA), en menores de 5 años un total de 112,972 casos entre los meses de octubre 2020 y febrero 2021, y en personas mayores a 60 años un total de 102,434 casos en el mismo periodo de tiempo, si tomamos como ejemplo una infección respiratoria aguda en específico tenemos la siguiente información:

Ilustración 6 Índice de episodios de neumonía en menores de 5 años y mayores de 60 años por departamentos, Perú 2020-2021

Regiones	Neumonía < 5 años					Neumonía > 60 años				
	2020		2021		Índice***	2020		2021		Índice***
	Episodios	IA**	Episodios	IA**		Episodios	IA**	Episodios	IA**	
Amazonas	27	5.8	29	6.3	7.4%	9	2.56	30	8.53	233.3%
Áncash	26	2.4	5	0.5	-80.8%	56	3.72	29	1.92	-48.2%
Apurímac	14	3.2	1	0.2	-92.9%	15	3.64	13	3.15	-13.3%
Arequipa	30	2.6	27	2.3	-10.0%	50	2.36	184	8.67	268.0%
Ayacucho	6	0.9	4	0.6	-33.3%	17	2.73	25	4.02	47.1%
Cajamarca	24	1.7	4	0.3	-83.3%	22	1.65	44	3.30	100.0%
Callao	46	5.2	4	0.4	-91.3%	41	2.29	151	8.44	268.3%
Cusco	61	4.8	10	0.8	-83.6%	73	5.25	96	6.91	31.5%
Huancavelica	9	2.3	4	1.0	-55.6%	15	4.86	38	12.32	153.3%
Huánuco	44	5.7	11	1.4	-75.0%	24	3.78	47	7.40	95.8%
Ica	8	0.8	3	0.3	-62.5%	10	0.84	58	4.90	480.0%
Junín	22	1.7	7	0.5	-68.2%	41	2.74	45	3.00	9.8%
La Libertad	59	3.1	6	0.3	-89.8%	69	2.68	110	4.27	59.4%
Lambayeque	39	3.4	7	0.6	-82.1%	34	1.92	76	4.29	123.5%
Lima	435	6.0	174	2.4	-60.0%	289	1.75	616	3.74	113.1%
Loreto	77	6.2	72	5.8	-6.5%	28	3.33	28	3.33	0.0%
Madre de Dios	10	6.4	2	1.3	-80.0%	4	2.59	0	0.00	-100.0%
Moquegua	5	3.8	0	0.0	-100.0%	12	4.12	60	20.58	400.0%
Pasco	13	5.2	3	1.2	-76.9%	10	3.79	43	16.30	330.0%
Piura	81	4.4	13	0.7	-84.0%	116	4.95	247	10.54	112.9%
Puno	58	5.2	4	0.4	-93.1%	46	3.19	44	3.06	-4.3%
San Martín	28	3.0	17	1.8	-39.3%	15	1.88	33	4.13	120.0%
Tacna	2	0.8	1	0.4	-50.0%	3	0.61	11	2.23	266.7%
Tumbes	7	3.2	1	0.5	-85.7%	10	3.55	2	0.71	-80.0%
Ucayali	83	12.3	54	8.0	-34.9%	18	3.49	16	3.10	-11.1%
Total	1,214	4.4	463	1.7	-61.9%	1,027	2.48	2,046	4.94	99.2%

FUENTE: CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE ENFERMEDES (2021) INDICE DE EPISODIOS DE NEUMONÍA EN MENORES DE 5 AÑOS Y MAYORES DE 60 AÑOS POR DEPARTAMENTOS, PERÚ 2020-2021. Recuperado de: https://dge.gob.pe/epipublic/uploads/boletin/boletin_20213.pdf

Con esta información, expertos en IRA, determinan que la influencia del COVID-19 tiene un fuerte impacto en el registro de estos casos, agravando la situación de la persona y de su entorno, muchas veces sin llegarse a detectar, o sin consultar a un médico para su tratamiento, y que a partir de las medidas tomadas por el gobierno desde marzo del 2020 en cuanto a las restricciones establecidas de libre circulación, hace que estas personas generen problemas de subregistros y subnotificaciones de casos a causa de que los controles y tratamientos que se realizan en ellos es de manera presencial.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema informático móvil inteligente para el registro y control diario del tratamiento de los pacientes con enfermedades respiratorias del Consultorio Médico Neumológico Particular Dr. Yuri Liberato Salinas en Trujillo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar investigación sobre la problemática con los expertos en el tema y fuentes externas.
- Generar diseños y construcción de prototipo del sistema informático móvil inteligente para la detección temprana y control de enfermedades respiratorias aplicando la metodología ágil SCRUM.
- Implementar y desplegar el sistema informático móvil inteligente utilizando tecnologías Microsoft y React.
- Crear y entrenar un modelo de aprendizaje profundo usando redes neuronales para identificar si el paciente presenta alguna infección respiratoria aguda a partir de una muestra de audio, utilizando las librerías Librosa, TensorFlow, SKLearn y Keras de Python.
- Validar y obtener resultados a partir del uso de la solución presentada en el consultorio médico neumológico particular Dr. Yuri Liberato Salinas.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Debido a la pandemia declarada en el presente año, surge la necesidad del monitoreo diario y remoto de los pacientes, para poder brindarles un apoyo en lo que respecta a prevención de cualquier enfermedad respiratoria.

Con esta solución, los consultorios que quieran seguir esta metodología se podrán permitir tener una mejor calidad de atención al paciente, donde este sea prioridad y se sienta seguro.

Para que se pueda lograr lo planeado, la solución presenta el uso combinado de tecnologías de IA asociadas a SI y a tecnologías móviles, por lo que se demuestra que no hay alguna limitación para poder realizar la integración de cualquier tipo de tecnología, incluyendo si son propietarias o de uso libre.

La solución presenta un caso de estudio de cómo es posible aplicar tanto la IA, los SI y las tecnologías móviles a una problemática de salud, dejando claro que la tecnología está para ponerse a servicio de cualquier tipo de sector independientemente de su tipo.

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

- El trabajo de pregrado titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIO (HIS) INTEROPERABLE BASADO EN HL7 PARA UN CENTRO MÉDICO DE CATEGORÍA II-1 O SUPERIOR”** presentado en el año 2020, se considera debido a que trata con la misma enfermedad que nosotros hemos seleccionado, por lo que la ejecución de la interoperabilidad que se presenta puede ser útil en nuestro caso, este trabajo de pregrado consiguió habilitar el intercambio de información entre sistemas bajo un formato previamente establecido, que a su vez permite el procesamiento de datos del sistema receptor, independientemente de su lógica de negocio, lo cual también deja raíces para que un futuro se pueda trabajar sobre el mismo esquema.
- El trabajo de maestría titulado **“DEEP LEARNING FOR SEMANTIC SEGMENTATION VERSUS CLASSIFICATION IN COMPUTATIONAL PATHOLOGY: APPLICATION TO MITOSIS ANALYSIS IN BREAST CANCER GRADING”** presentado en el año 2019, es considerado debido a que propone dos arquitecturas de aprendizaje profundo para detectar y clasificar de forma eficiente y eficaz las mitosis en una muestra de tejido histopatológico, el primer método consta de dos partes, que implican un preprocesamiento de la imagen histológica digital y una red neuronal convolucional (CNN) de características libres utilizada para la clasificación binaria, el segundo método consta de una metodología integral que utilizaba la segmentación semántica logrando alcanzar una precisión del 95% en las pruebas, con una puntuación F1 del 94,35%, que es superior a los resultados de la literatura que utilizan técnicas clásicas de procesamiento de imágenes y también superior a los enfoques que utilizan características artesanales combinadas con CNN.
- En el artículo científico titulado **“INTELIGENCIA ARTIFICIAL E INNOVACIÓN PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE DIAGNÓSTICO DE LA TUBERCULOSIS”** del año 2020, se escogió

debido a que abarca ambos temas de nuestro interés y como se menciona se desarrolla debido a que hay una necesidad de desarrollar e implementar soluciones innovadoras y efectivas en el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. Y para eso usan una herramienta eRx que involucra el uso de redes neuronales convolucionales.

- En el artículo científico titulado **“INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA COMO SOLUCIONES FRENTE A LA COVID-19”** del año 2020, se escogió debido a que se muestran proyectos de investigación relacionados con el aprendizaje profundo, el aprendizaje automático, para dar soluciones acerca del monitoreo, detección, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades asociadas con el COVID, también se muestra la relación existente entre las tecnologías innovadoras y la información crítica con el fin de elaborar sistemas que permitan brindar datos relevantes para la toma de decisiones sanitarias.
- En el artículo científico titulado **“PREDICCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO”** del año 2020, se escogió debido al uso del aprendizaje automático, ya que tenían como idea inicial realizar estimaciones de radiación solar utilizando diferentes técnicas de aprendizaje automático para la regresión y clasificación, hubo un punto donde queda demostrado que así como las redes neuronales artificiales son la técnica más utilizada, también hay otros algoritmos como Random Forest, Máquinas de Soporte Vectorial y AdaBoost que brindan estimaciones con suficiente precisión para ser utilizados en su campo de estudio.
- En el artículo científico titulado **“A MACHINE LEARNING APPROACH TO SUPPORT DEEP BRAIN STIMULATION PROGRAMMING”** del año 2020, se considera debido a que abordan la aplicación de Machine Learning para estimar los valores de los parámetros de estimulación cerebral profunda (DBS) para un volumen de tejido activado (VTA) en específico, y lo logran en dos etapas. La primera es una deformación basada en K-vecinos más cercanos para definir un VTA objetivo sujeto a restricciones biofísicas; la segunda etapa es la de estimación de parámetros mediante una proyección de datos para resaltar

las propiedades relevantes del VTA, y un algoritmo de regresión/Clasificación para estimar los parámetros DBS necesarios para generar el VTA objetivo, permitiendo que sea aceptable y manejable en futuros proyectos.

- El artículo científico titulado **“BENIGN INTERPOLATION OF NOISE IN DEEP LEARNING”** del año 2020, se considera debido a que trata acerca de la interpolación de datos de entrenamiento ruidosos en los modelos de aprendizaje profundo para que siga funcionando incluso con datos fuera de la muestra. Esto se comprueba debido a que se muestra que los modelos tienden a ajustarse primero a las muestras no corrompidas, por lo que se concluye que a noción de capacidad del modelo debe modificarse para tener en cuenta la forma distribuida en que se ajustan los datos de entrenamiento.
- El artículo científico titulado **“IDENTIFICATION OF INTERSTITIAL LUNG DISEASES USING DEEP LEARNING”** del año 2020, se considera debido a que aplica tanto la tecnología innovadora que presentamos junto a nuestro sector al que estamos enfocándonos, este trabajo brindó un modelo que sirvió para el análisis de imágenes y que pudo obtener una precisión del 95% en el modelo entrenado, por lo tanto, es capaz de predecir correctamente en la mayoría de los casos. El autor indica que una de las limitaciones fue el número de datos de entrenamiento, por lo que indica que quizás con otras enfermedades no sea casi nada exacta la predicción.
- El artículo científico titulado **“INFLUENZA-LIKE ILLNESS PREDICTION USING A LONG SHORT-TERM MEMORY DEEP LEARNING MODEL WITH MULTIPLE OPEN DATA SOURCES”** del año 2020, se considera debido a que la influenza, como enfermedad respiratoria, causó grandes estragos en la sociedad y en los gobiernos, siendo esta un problema a nivel global, se sabe que hay enfermedades derivada de esta y que con el tratamiento correcto se pueden evitar o disminuir su impacto y la predicción temprana y la respuesta a tiempo es el método de control más efectivo para las epidemias de gripe y puede predecir eficazmente la morbilidad de una

enfermedad similar a la influenza y proporcionar información fiable a las organizaciones pertinentes.

- El artículo científico titulado **“EVOLUTION CONTROL FOR PARALLEL ANN-ASSISTED SIMULATION-BASED OPTIMIZATION APPLICATION TO TUBERCULOSIS TRANSMISSION CONTROL”** del año 2020, se considera debido a que trata sobre el principal obstáculo para la optimización evolutiva basada en un simulador de caja negra computacionalmente costoso es el tiempo de ejecución, y es importante porque los simuladores de caja negra sirven, gracias a su poder computacional, a poder realizar cálculos de manera mucho más rápida, lo que permite acelerar los tiempos de investigación y se logró proponer dos nuevos CE basados en modelos sustitutos de Redes Neuronales Artificiales (RNA) y MCDropout, una técnica de aprendizaje profundo que produce información de incertidumbre sobre las predicciones de las RNA.
- El artículo científico titulado **“DATA ANALYSIS OF COVID-2019 EPIDEMIC USING MACHINE LEARNING METHODS: A CASE STUDY OF INDIA”** del año 2020, se considera debido a que la facilidad con la que el COVID-19 se extiende por toda la India y el impacto que tiene este sobre el país, teniendo una cantidad muy alta de personas infectadas, siendo esta un total de 9.31 millones de casos registrados y lo que se logró fue un modelo de predicción con un intervalo de 7 días que le será de utilidad a los doctores y al gobierno de ese país, pero no se descarta que se pueda trabajar sobre el mismo para poder aumentar ese intervalo.
- El artículo científico titulado **“IMPROVING THE PERFORMANCE OF CNN TO PREDICT THE LIKELIHOOD OF COVID-19 USING CHEST X-RAY IMAGES WITH PREPROCESSING ALGORITHMS”** del año 2020, se considera debido a que trata de igual manera sobre el COVID-19 ya que contaba en ese momento con más de 10 millones de casos confirmados, de los cuales: más de 500 mil muertes en todo el mundo (tasa de mortalidad del 5,3%) y también cuenta con más de 5 millones de personas recuperadas y afecta a los hospitales debido a que tienen una capacidad limitada de equipo para cuidados intensivos,

pero con el modelo se busca apoyar al diagnóstico y un diagnóstico rápido es fundamental para controlar la propagación de la enfermedad y aumenta la eficacia del tratamiento médico y, por consiguiente, las posibilidades de supervivencia sin necesidad de cuidados intensivos.

2.2. MARCO TEORICO

➤ SISTEMA INFORMÁTICO MÓVIL INTELIGENTE

También conocida como APLICACIÓN MÓVIL es definida como un software para dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, con funciones limitadas, que se a pesar de ser pequeñas unidades de software, proporciona diversas funciones y servicios al usuario. (Herazo, 2018)

➤ CLOUD COMPUTING

Se define computación en la nube a todos los servicios en internet donde un usuario se puede conectar de manera remota a través de internet para acceder a diferentes servicios, ya sean documentos, APIs, almacenamiento. (Frankenfield, Retrieved from What is Cloud Computing, 2020)

➤ INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Merriam-Webster define inteligencia artificial como "rama de la ciencia computacional que introduce la simulación de comportamiento inteligente en los ordenadores" y como "la capacidad de una máquina de imitar el comportamiento humano inteligente". (MERRIAM-WEBSTER, 2015) La Encyclopedia Britannica, en cambio, considera que inteligencia artificial es "la habilidad de una computadora digital o controlada por un robot para realizar tareas comúnmente asociadas con la inteligencia de los seres". También se habla de que la inteligencia artificial presenta "niveles" siendo estos considerados como débil, general y fuerte, donde la inteligencia artificial débil resuelve problemas muy bien definidos y acotados, los resultados suelen ser siempre exactos, mientras que la inteligencia artificial general es el más estudiado, ya que en teoría realiza acciones que un ser humano haría, desde dar o resolver algo a partir de un juicio o razonamiento, por lo que se le considera como una inteligencia multitareas y adaptable. Por último, la inteligencia artificial fuerte es algo aún inexistente, pero que está dando sus primeros pasos, donde la máquina obtiene un juicio propio,

pudiendo tomar decisiones por sí misma afectando o alterando resultados poco probables, esto se ve comúnmente en películas de ciencia ficción. (Pastor, 2018)

➤ **DEEP LEARNING**

Los modelos computacionales de Deep Learning imitan estas características arquitecturales del sistema nervioso, permitiendo que dentro del sistema global haya redes de unidades de proceso que se especialicen en la detección de determinadas características ocultas en los datos. Este enfoque ha permitido mejores resultados en tareas de percepción computacional, si las comparamos con las redes monolíticas de neuronas artificiales.

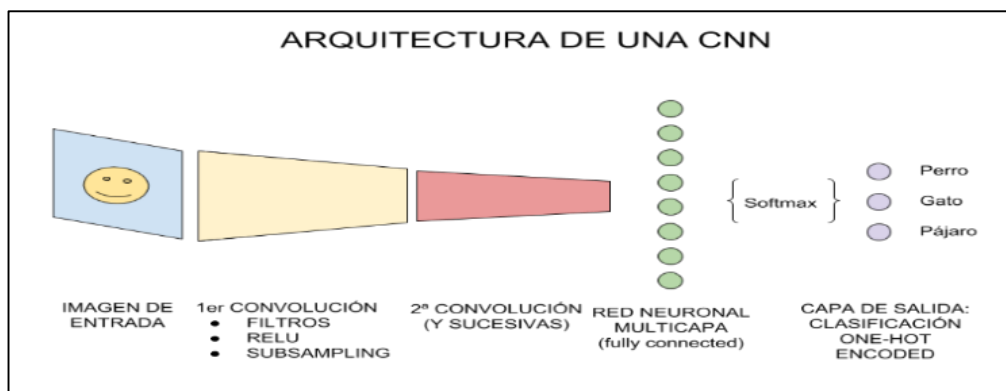
➤ **REDES NEURONALES**

Las redes neuronales artificiales son un modelo computacional que aplica aprendizaje supervisado que trata de imitar el funcionamiento de las redes neuronales de los organismos vivos, de tal manera que se logre un “aprendizaje”. Este recibe un entrenamiento, el cual itera información en un determinado rango de tiempo, para finalmente utilizarla para hacer predicciones, clasificaciones en distintos campos de estudio. (Julián, 2016)

➤ **REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES**

Una red neuronal de tipo convolucional es un tipo de red neuronal que procesa sus capas para lograr identificar características en las entradas que obtiene de su entrenamiento. Se resume en que estas redes neuronales contienen capas ocultas con una jerarquía, donde las primeras capas pueden detectar un modelo lineal, exponencial (curvas) y mientras más se van adentrando en un entrenamiento más complejo va obteniendo nuevas formas complejas que dan resultados mejorados. (Bagnato, 2018)

Ilustración 7 Arquitectura de una Red Neuronal Convolutiva

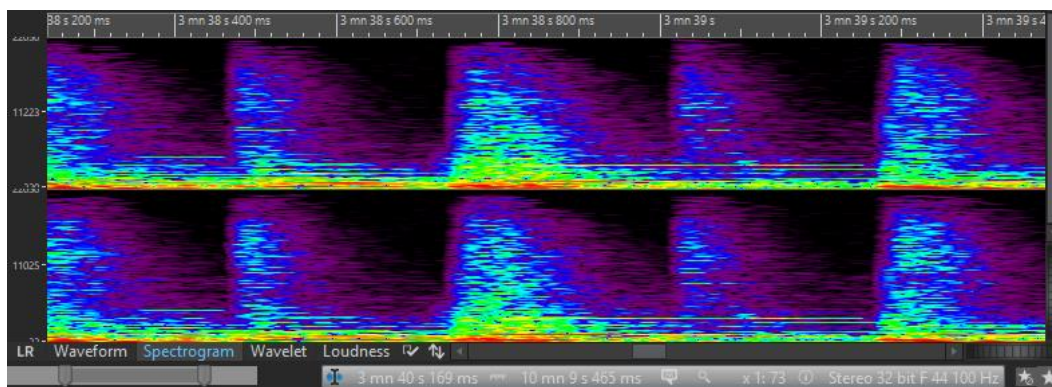


FUENTE: JUAN IGNACIO BAGNATO (2018) ARQUITECTURA DE UNA CNN. Recuperado de: <https://www.aprendemachinelearning.com/como-funcionan-las-convolucional-neural-networks-vision-por-ordenador/>.

➤ ESPECTOGRAMA

Según (Granada, 2014) el espectrograma es una representación visual de las variaciones de la frecuencia en el eje vertical, y de la intensidad del sonido mediante niveles de colores a lo largo del tiempo que se representa en el eje horizontal. Para la obtención del espectrograma se aplica una transformada de Fourier inicialmente a la señal, mediante el algoritmo de la transformada rápida de Fourier o FFT. En la neumología se utiliza para determinar qué tan afectado está un paciente a causa de una enfermedad respiratoria, la cual se puede obtener a partir de las distorsiones de la voz del paciente o de su propia respiración. En esta representación, las notas obtenidas en la onda, si una persona se encuentra sana, será una onda sin alteraciones, mientras que si la persona se encuentra bajo condiciones de una enfermedad respiratoria la onda espectral se distorsiona.

Ilustración 8 Espectrograma



FUENTE: STEINBERG (2017). ESPECTOGRAMA. Recuperado de: https://steinberg.help/wavelab_pro/v9.5/es/wavelab/topics/spectral_editing/spectral_editing_spectrogram_r.html.

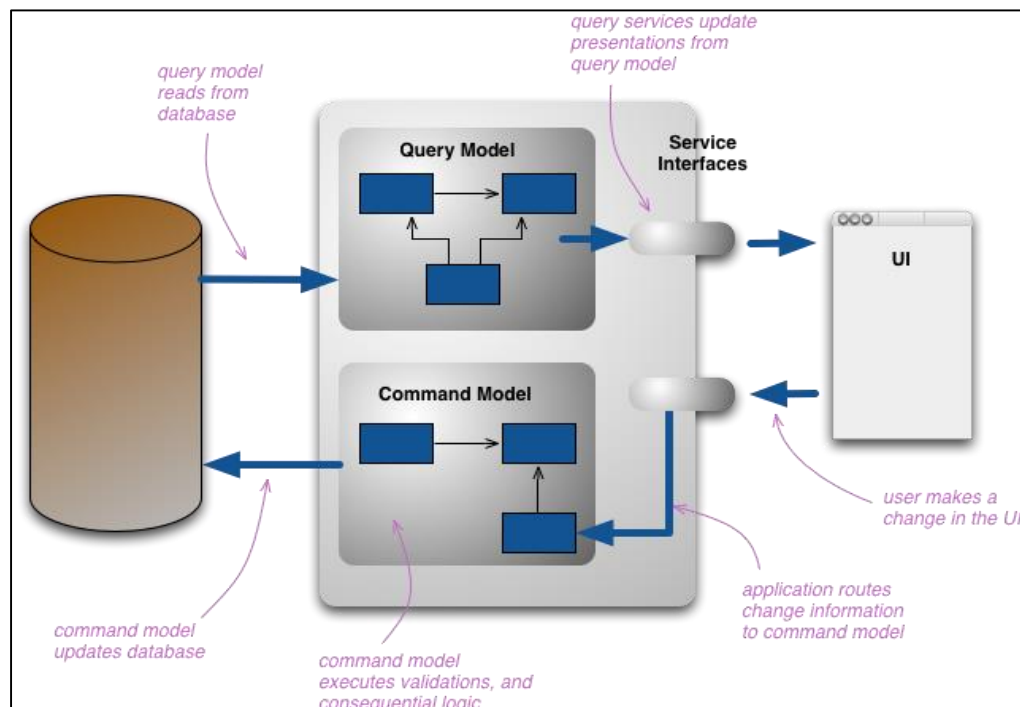
➤ **SIBILANCIA**

Las sibilancias son sonidos agudos y silbantes que se producen durante la respiración a causa de un bloqueo parcial en las vías respiratorias. Generalmente, el sonido de las sibilancias suele ser más evidente cuando se expulsa el aire, aunque también se puede escuchar al tomar aire. (Tahull, 2015)

➤ **ARQUITECTURA DE SOFTWARE DE SEGREGACIÓN DE RESPONSABILIDADES DE CONSULTAS Y COMANDOS**

Según (Amodeo, 2012) **COMMAND QUERY RESPONSABILITY SEGREGATION (CQRS)** es un estilo arquitectónico en el que tenemos dos subsistemas diferenciados, uno responsable de los comandos, y otro responsable de las consultas. Por comando entendemos una petición por parte del usuario u otro sistema, para realizar una operación de negocio, que evolucione el sistema de un estado a otro. Cada uno de estos subsistemas tiene un diseño, modelo de información y mecanismo de persistencia diferente, optimizado para las tareas que deba afrontar.

Ilustración 9 Arquitectura CQRS



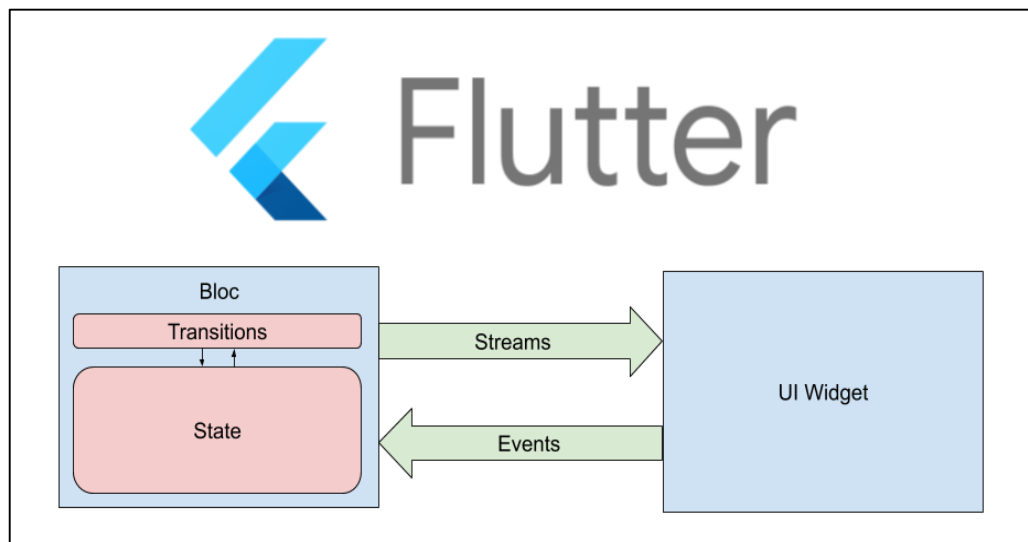
FUENTE: ALBERTO HERVÍAS GARCIA (2020). DIFERENCIAS ENTRE DDD, EVENT SOURCING Y CQRS. Recuperado de: <https://www.iteriam.es/es/agosto-2020/diferencias-ddd-event-sourcing-y-cQRS.html>.

➤ **ARQUITECTURA BLoC PARA APLICACIONES MÓVILES**

Según (Coto, 2019) Business Logic Component es un patrón de diseño de software para realizar proyectos móviles escalables, mantenibles y optimizados. Es un patrón lanzado por Google en 2018 con el objetivo de crear una arquitectura de proyectos móviles para Dart y Kotlin (lenguajes de programación) para que se pueda reutilizar código, basado en componente – lógica.

Un BloC es un componente intermediario entre las vistas y nuestro modelo, como puede ser el presenter cuando utilizamos MVP o el view model al utilizar MVVM.

Ilustración 10 Patrón de Diseño BLoC



FUENTE: ICHI PRO (2020). BLOC EN FLUTTER: IMPLEMENTE UNA ARQUITECTURA LIMPIA Y FLUIDA. Recuperado de: <https://ichi.pro/es/bloc-en-flutter-implemente-una-arquitectura-limpia-y-fluida-255838994939072>.

➤ **TRATAMIENTO DE PACIENTES**

La prescripción de un tratamiento a pacientes es el resultado del estudio de observar y detectar distintos factores sean biológicos, psicológicos, ambientales, sociales, de las cuales se obtiene mejorías en la condición del paciente frente a una enfermedad, las cuales surgen a partir de la ejecución de acciones a corto o largo plazo. (Novás, 2008)

➤ **ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

Se le considera una enfermedad o trastorno respiratorio cualquier condición o afección que afecta al sistema respiratorio. A partir de ello se derivan varios conceptos entorno a las enfermedades respiratorias:

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS (ERC) que son enfermedades de tipo crónico que afectan al pulmón y/o las vías respiratorias.

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS OBSTRUCTIVAS CRÓNICAS (EPOC) que son enfermedades crónicas que impiden el buen funcionamiento de los pulmones.

Las razones de la existencia de enfermedades respiratorias en una persona pueden ser causada por una patología hereditaria, consumo de sustancias nocivas, influencia ambiental, estas condiciones se presentan a cualquier edad y es progresivo en el tiempo. (Nieto, 2019).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **DETECCIÓN TEMPRANA**

Definido como tratamiento precoz, refiere al tratamiento que se realiza a la enfermedad que está afectando al paciente y que se encuentra en la etapa donde puede ser reversible. Incluso se pidió al director general de la OMS en 1974, realizar una compilación y evaluación de métodos para la pronta identificación de las alteraciones de la salud en las personas asalariadas, todo esto para incrementar las fuerzas de lucha contra las enfermedades que se pueden tratar de forma temprana. (OMS, 1987)

- **CONTROL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

El concepto de control de las enfermedades respiratorias está dividido en diferentes etapas: prescripción de síntomas, indicios clínicos, seguimiento, prescripción del tratamiento. Donde nos involucramos es en la etapa de seguimiento, ya que es en la cual nuestro proyecto cubrirá las necesidades de esta etapa, las cuales son registro de atenciones del paciente y la obtención de resultados de forma adecuada y oportuna. Toda esta información está registrada y adaptada a las normas establecidas por el ministerio de Salud, donde nuestro proyecto sería el equivalente al Registro de Atención Diaria que está dirigido a los establecimientos que no cuenten con un Sistema Informático de Salud. (MINSA, 1997)

2.4. HIPÓTESIS

El uso de un sistema informático móvil inteligente construido con Flutter, Microsoft Azure, ASP.Net Core controla el tratamiento diario de pacientes en un consultorio médico privado neumológico Dr. Yuri Liberato Salinas en la ciudad de Trujillo en el año 2020.

2.5. VARIABLES

- **VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sistema informático móvil inteligente

- **VARIABLE DEPENDIENTE**

Control del tratamiento médico diario de los pacientes

2.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TIPO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
VI Sistema informático móvil inteligente para el control médico	Desarrollo de sistema informático móvil inteligente para el uso de los pacientes que se atienden en el consultorio médico neumológico privado	Nro. de procesos manejados por el SI	Cuantitativo	Observación	Guía de observación (G.O)
		Nro. de funcionalidades de I/O del SI	Cuantitativo	Observación	G. O
		Nro. de base de datos utilizados por el SI	Cuantitativo	Observación	G. O
		Nro. de dispositivos móviles compatibles	Cuantitativo	Observación	G. O
		Capacidad utilizada en almacenamiento en la nube	Cuantitativo	Observación	G. O
		Precisión del modelo de Deep learning para el análisis de audios	Cuantitativa	Observación	G. O
VD	Registro de los distintos formularios	Nro. de pacientes atendidos	Cuantitativo	Observación	G. O

Control de tratamiento médico diario de los pacientes	en el sistema informático móvil inteligente para el control de tratamiento médico, tales como síntomas, condiciones, signos y diferentes datos necesarios por el médico tratante	Satisfacción del paciente	Cualitativo	Encuesta	Cuestionario
		Satisfacción del doctor	Cualitativo	Encuesta	Cuestionario
		Reducción de tiempo en el tratamiento	Cuantitativo	Encuesta	Entrevista
		Nro. de atenciones realizadas	Cuantitativo	Observación	G. O

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EMPLEADA

III.METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1. ENFOQUE

Cuantitativo

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Correlacional

3.2. POBLACION Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Nuevos pacientes que iniciaran un tratamiento de enfermedades respiratorias en el consultorio médico privado del Dr. Yuri Liberato Salinas, y un doctor, el anteriormente mencionado.

3.2.2. MUESTRA

Se trata de una investigación pre – experimental, por lo que por recomendación del experto se tomaran a 10 nuevos pacientes que iniciaran su tratamiento contra alguna enfermedad respiratoria.

3.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

Resultados de las 10 encuestas (1 por paciente) realizadas al doctor sobre su experiencia y satisfacción en el uso del sistema informático móvil.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se determinó usar el diseño pre – experimental con observación antes y después, porque la hipótesis planteada se adecua a este diseño.

Tabla 2 Diseño de Investigación

Diseño del modelo pre – experimental	G => O₁ => X => O₂
G (muestra)	Pacientes involucrados en el uso del sistema informático móvil
X (estimulo)	Sistema Informático Móvil
O (observación)	O ₁ : Observación antes del estimulo
	O ₂ : Observación después del estimulo

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

3.4.1. TECNICAS

- Observación: Se revisará la base de datos del consultorio médico, para corroborar si el número de pacientes nuevos, atendidos en un día normal coincide con los últimos registros hechos en la base de datos.
- Entrevistas: Se realizará entrevistas a los pacientes para saber que necesidades tienen en esta época con restricciones sanitarias para el uso de un sistema informático móvil inteligente para el monitoreo y control de la enfermedad respiratoria detectada desde casa. También se realizará entrevista a un neumólogo para saber cuál es el proceso para la detección de una enfermedad respiratoria, que bases debemos considerar en el sistema informático móvil inteligente y cuáles son los pasos necesarios para realizar un control o monitoreo satisfactorio.
- Cuestionarios: Para recolectar información en cuanto funcionalidad y satisfacción, como también de acertamiento en los resultados obtenidos gracias al sistema informático móvil inteligente.

3.4.2. INSTRUMENTOS

- Guía de observación
- Cuestionarios
- SQL Server 2008 R2
- Microsoft Office 360 Excel
- Sistema informático móvil inteligente

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para los resultados obtenidos se planea utilizar Shapiro Wilks en R para contrastar la hipótesis planteada, ya que el tipo de investigación es cuasiexperimental, donde se planea normalizar los datos en pacientes tratados / registrados antes del uso del sistema informático móvil inteligente y en pacientes tratados / registrados después del uso del sistema informático móvil en el consultorio médico privado neumológico del Dr. Yuri Liberato Salinas.

CAPÍTULO IV
PRESENTACIÓN DE
RESULTADOS

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. DOMINIO DEL PROBLEMA

En reunión con un especialista en el tema de enfermedades respiratorias, logramos hacer un levantamiento de información, desde cómo se realiza el proceso de cita médica de un paciente, hasta la obtención de resultados a partir de un tratamiento específico para una enfermedad respiratoria crónica específica, las cuales son el centro de nuestra investigación. En dicha reunión detectamos los problemas más comunes en un tratamiento, es que el paciente suele posponer las citas, así como también el doctor tiene una desinformación de como avanza la enfermedad o en qué nivel de gravedad se encuentra, los registros que tiene no le permiten recomendar medicamentos adecuados para dicho tratamiento.

4.1.2. MODELO DE PROCESOS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para el desarrollo de la solución se toma en consideración 3 elementos importantes, las cuales convergerán siempre en un sistema central, el cual es nuestro sistema informático móvil inteligente.

4.1.2.1. SISTEMA ADMINISTRATIVO WEB

El sistema administrativo web permitirá al doctor hacer registro de sus pacientes, desde los datos generales según su historia clínica hasta la asignación de permisos a la aplicación, ya que no todos los pacientes tendrán acceso a ella. A su vez, podrá ver el detalle de cada control que haga determinado paciente en determinada fecha, donde obtiene los resultados ya procesados para ser aprobados o rechazados por el doctor, en caso de que sea cualquier resultado simplemente podrá registrar el tratamiento correspondiente y la medicina recomendada para la mejora del paciente.

4.1.2.2. MODELO DE DEEP LEARNING PARA ANÁLISIS DE AUDIO

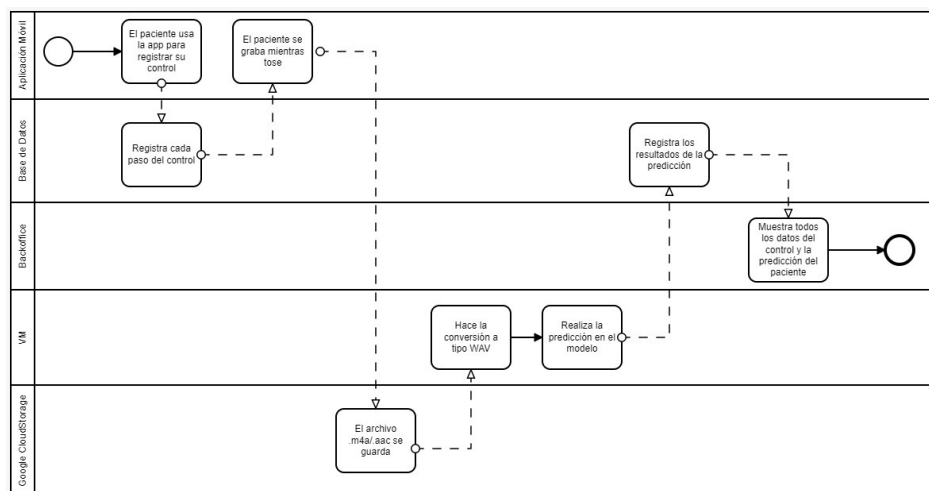
En una máquina virtual proporcionada por Microsoft Azure, se creó una API para hacer 3 procesos que en conjunto forma el modelo. Desde el

sistema informático móvil inteligente, se realiza la grabación de la tos, respiración o elemento auditivo que contenga alguna anomalía o sibilancia, esta grabación pasa por la API construida, donde se transforma el formato del audio (M4A en sistemas Android o ACC en sistemas iOS) a formato WAV el cual pasará por un modelo de Neuronal Networking, para obtener los resultados deseados para la investigación, donde finalmente determinará qué tan avanzada está la enfermedad según la detección de dichas anomalías o sibilancias en el audio. Finalmente, la API devuelve el resultado al sistema web mencionado anteriormente.

4.1.2.3. SISTEMA INFORMATICO MOVIL INTELIGENTE

El corazón de la investigación propuesta es el sistema informático móvil inteligente (SIMI), en el cual, el paciente podrá acceder una vez que el doctor haya permitido el acceso desde el sistema administrativo. Una vez dentro, según el calendario dado por el médico previa cita, el paciente podrá responder una serie de preguntas que determinará el registro u omisión de formularios, los cuales servirán al doctor para determinar un tratamiento eficiente para la enfermedad de dicho paciente, la aplicación cuenta con un apartado para la grabación de audio de la tos, respiración, o elemento auditivo que contenga alguna anomalía o sibilancia.

Ilustración 11 Modelo de Proceso de la solución propuesta (Elaboración propia)



4.1.3. REQUERIMIENTOS

4.1.3.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Bajo un esquema de historias de usuario, donde se considera los roles de administrador del sistema, doctores y pacientes, podemos determinar la funcionalidad de nuestra solución al problema antes mencionado. Para el detalle de cada historia de usuario, ver: *Anexo 1*.

Tabla 1 Historias de Usuario del SIMI

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
HU-01	<i>Como administrador del sistema web deseo tener acceso al sistema, para poder realizar las diferentes operaciones en ella.</i>
HU-02	<i>Como administrador del sistema web deseo registrar los datos del doctor, para que estos puedan ingresar al sistema.</i>
HU-03	<i>Como administrador del sistema web deseo ver, editar y eliminar los doctores ya registrados, para tener un control en los recursos.</i>
HU-04	<i>Como administrador del sistema web deseo asignar o revocar permiso de acceso del doctor al sistema móvil, para restringir el acceso por permisos.</i>
HU-05	<i>Como doctor deseo tener acceso al sistema web para registrar los datos de mis pacientes, para poder tener un control de ellos.</i>
HU-06	<i>Como doctor deseo ver, editar y eliminar en el sistema web a los pacientes ya registrados, para poder tener un control de ellos.</i>
HU-07	<i>Como doctor deseo asignar o revocar permiso de acceso de un paciente al sistema móvil, para restringir el acceso por permisos.</i>
HU-08	<i>Como doctor deseo autenticarme en el sistema móvil para el control de los pacientes y sus tratamientos y controles.</i>
HU-09	<i>Como doctor deseo poder ver los controles recientes de mis pacientes para poder analizar los datos obtenidos en el control.</i>
HU-10	<i>Como doctor deseo poder ver el resultado del análisis de audio que envió un paciente en uno de sus controles diarios para ver qué tan afectado o comprometido se ve su sistema respiratorio.</i>
HU-11	<i>Como doctor deseo poder ver la lista de síntomas en el día de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>
HU-12	<i>Como doctor deseo poder ver la lista de signos en el día de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>
HU-13	<i>Como doctor deseo poder ver la lista de condiciones de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>
HU-14	<i>Como doctor deseo poder aprobar el diagnóstico dado por la aplicación, para poder registrar las recomendaciones y medicamentos necesarios.</i>

HU-15	<i>Como doctor deseo poder registrar las recomendaciones y medicamentos necesarios para poder darle al paciente un correcto tratamiento.</i>
HU-16	<i>Como doctor deseo poder registrar una fecha de cita presencial o virtual con un paciente, para poder darle un seguimiento más profundo a la enfermedad.</i>
HU-17	<i>Como paciente deseo poder acceder al sistema, para poder hacer el registro de los controles diarios.</i>
HU-18	<i>Como paciente deseo poder ver la información del médico tratante, para tener una comunicación directa con él en caso sea necesario.</i>
HU-19	<i>Como paciente deseo poder registrar una muestra de audio de mi respiración, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-20	<i>Como paciente deseo poder registrar los síntomas que puedo presentar en un día, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-21	<i>Como paciente deseo poder registrar los signos que puedo presentar en un día, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-22	<i>Como paciente deseo poder registrar las condiciones actuales de mi persona, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-23	<i>Como paciente deseo poder registrar algún síntoma, signo o condición no listada, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-24	<i>Como paciente deseo poder registrar mi nivel de saturación de oxígeno en la sangre, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>
HU-25	<i>Como paciente deseo validar que solo debo enviar un control diario, para que el médico tratante no tenga dificultades al hacer un diagnóstico.</i>
HU-26	<i>Como paciente deseo poder ver mi perfil para modificar algún dato general, para que la información dada sea verídica en todos sus aspectos.</i>

4.1.3.2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

- ✓ El usuario debe poder conectarse a internet desde cualquier plataforma
- ✓ El usuario debe tener acceso a un smartphone Android o iOS

4.1.4. DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y DESPLIEGUE DE LA SOLUCIÓN

4.1.4.1. DISEÑO DEL SISTEMA INFORMÁTICO MÓVIL

Para el diseño del sistema, se utilizó un software de modelado Adobe XD, el cual proporciona elementos para la creación del prototipo de la aplicación. Para ello se determinaron formularios básicos, un splash screen de presentación del producto, una guía de uso, una pantalla para la asignación de permisos al micrófono y notificaciones. Luego se pasa a la parte del registro o consulta, una pantalla de inicio de sesión, una pantalla principal con información relevante, registro del control que consiste en 4 partes, registro de síntomas, signos y condiciones, y la grabación de audio a analizar usando Deep Learning.

Ilustración 12 Diseño de pantallas de bienvenida e instrucciones de uso (Elaboración propia)

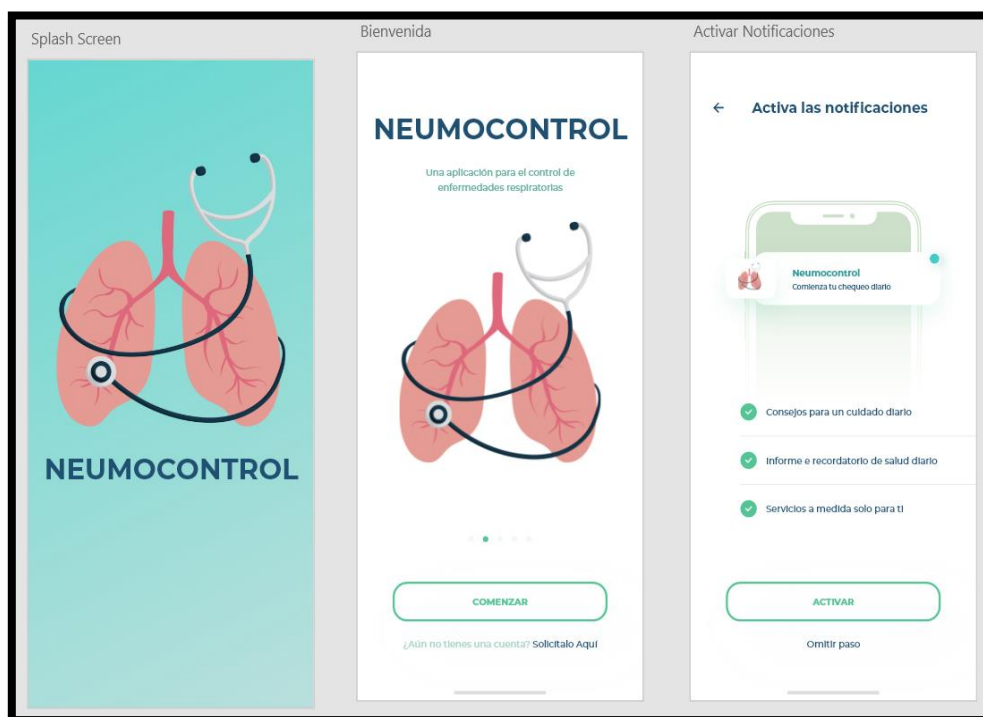


Ilustración 13 Diseño de pantallas de inicio de sesión, principal y grabación de audios (Elaboración propia)

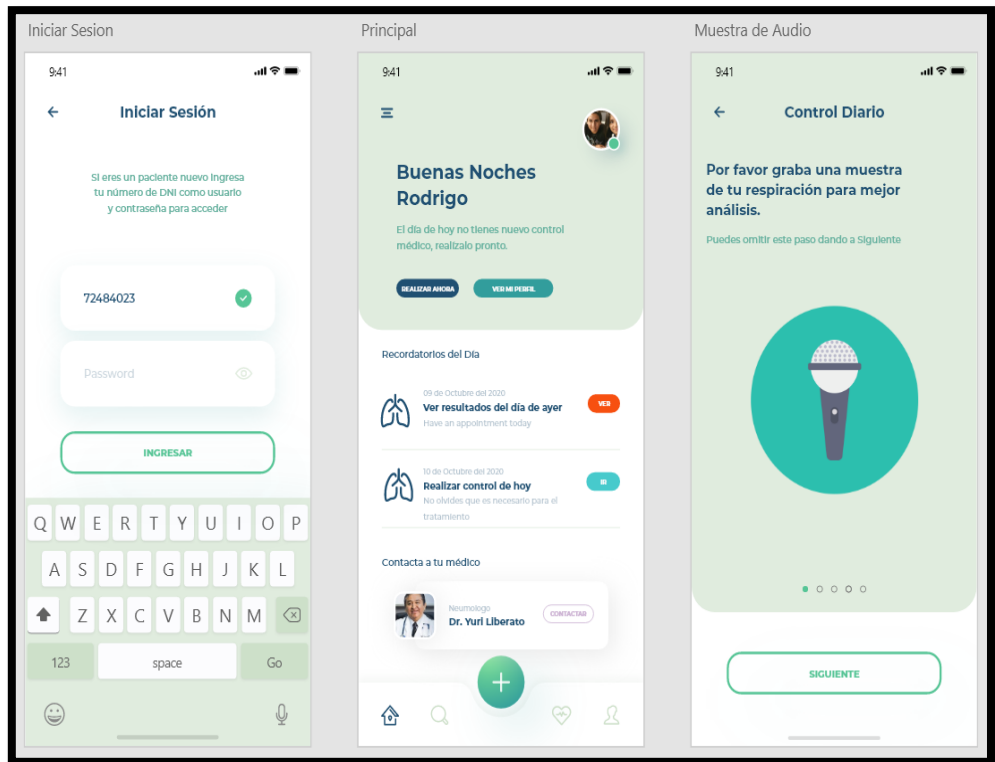
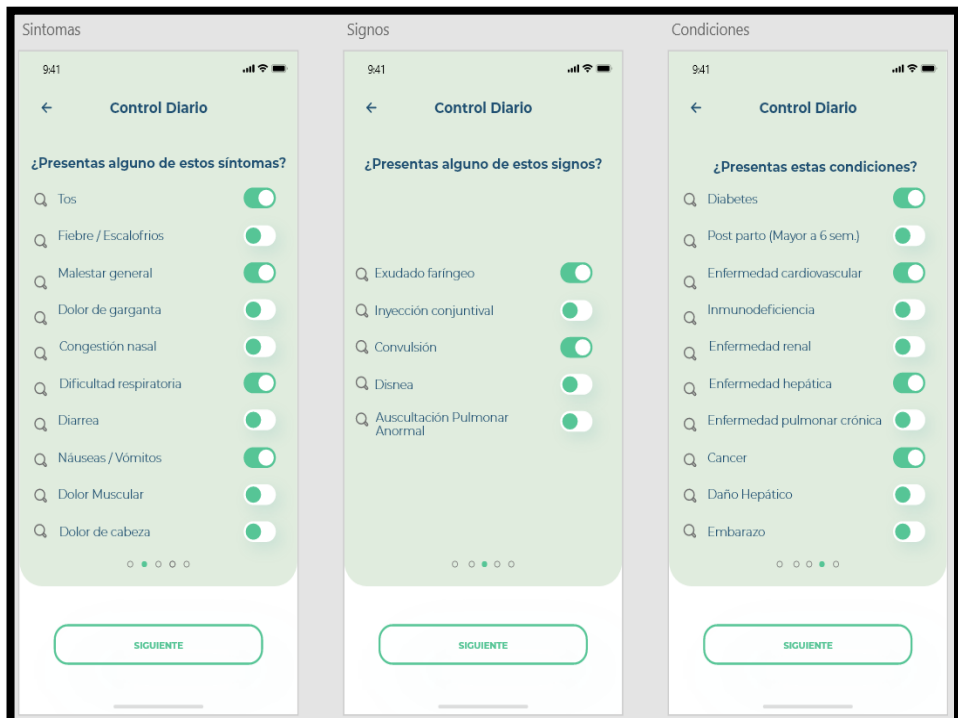


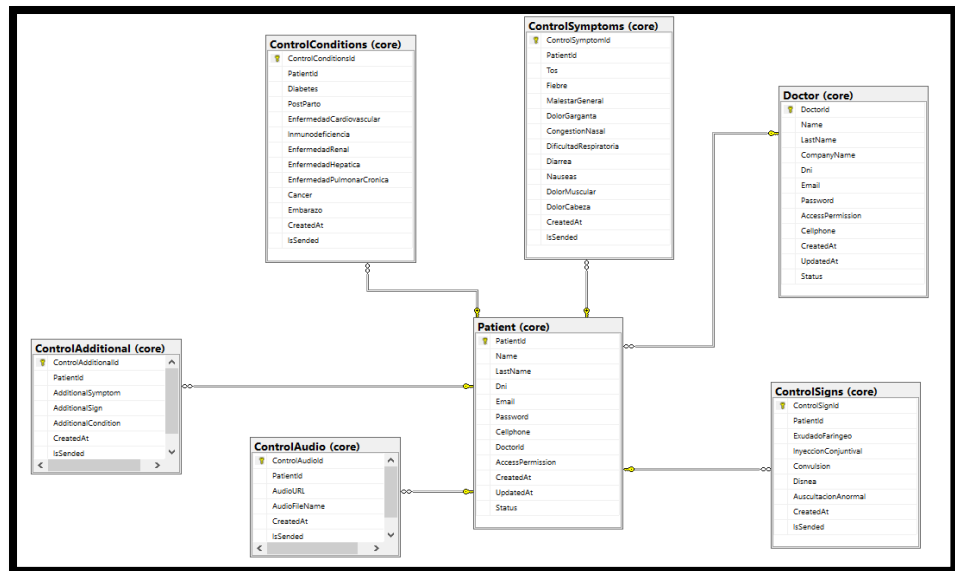
Ilustración 14 Diseño de pantallas de registro de síntomas, signos y condiciones del paciente en el control diario (Elaboración propia)



4.1.4.2. DISEÑO DEL ESQUEMA DE BASE DE DATOS

Para el desarrollo del sistema, se usará una base de datos alojada en Azure, y administrada con Microsoft Azure Data Studio o Microsoft SQL Server Management Studio el cual proporciona la creación de esquemas, por lo cual obtuvimos lo siguiente.

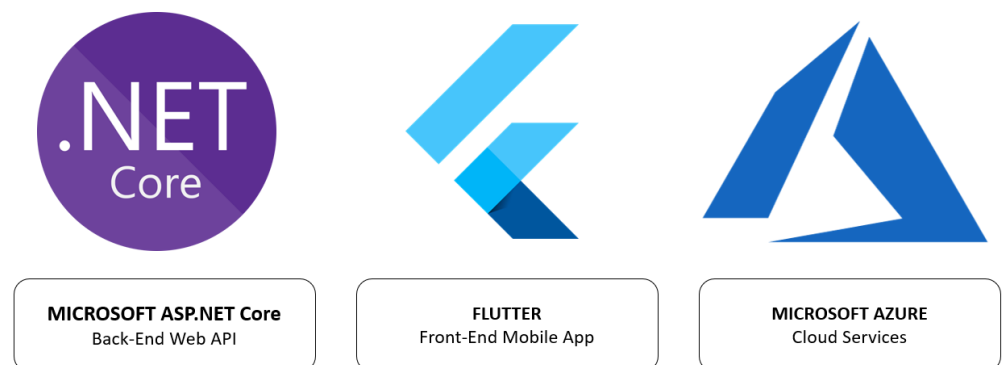
Ilustración 15 Esquema de base de datos (Elaboración propia)



4.1.4.3. IMPLEMENTACIÓN

El primer paso en la implementación del proyecto es seleccionar las tecnologías a utilizar, las cuales cubren con los requerimientos dados anteriormente, para ello seleccionamos los siguientes:

Ilustración 16 Tecnologías para el desarrollo de la solución (Elaboración propia)



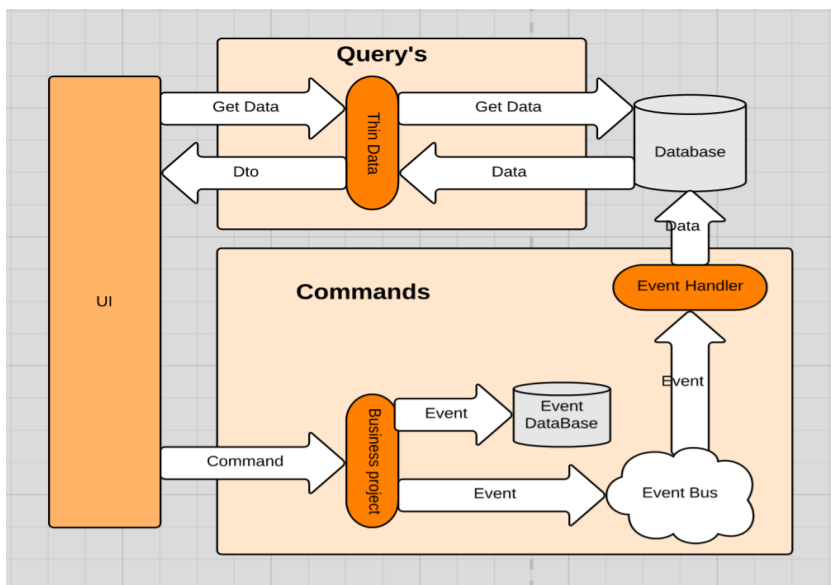
4.1.4.3.1. DESARROLLO DE LA CAPA DE BACK-END

Para el desarrollo del back-end se usará ASP.NET Core, el cual permite la creación de APIs que ejecutaran distintas operaciones tales como POST para el registro, PUT para la modificación de algún registro, GET para traer datos desde la base de datos, DELETE para eliminar cualquier registro.

Para mantener un orden y buenas prácticas al momento de programar dichas operaciones, elegimos una arquitectura de software que se adapte a nuestras necesidades en cuanto los requerimientos funcionales, así como una identificación de cada método u operación a ejecutar, para lo cual usaremos la arquitectura CQRS (Command, Query Responsibility Segregation).

En la mayoría de los sistemas CQRS, las funciones de lectura y registro o escritura utilizan diferentes modelos de datos, a veces incluso diferentes almacenes de datos. Este tipo de segregación hace que sea más fácil registrar o leer y escribir operaciones como también controlar la seguridad de nuestras aplicaciones, pero la desventaja es que agrega complejidad adicional a tu sistema.

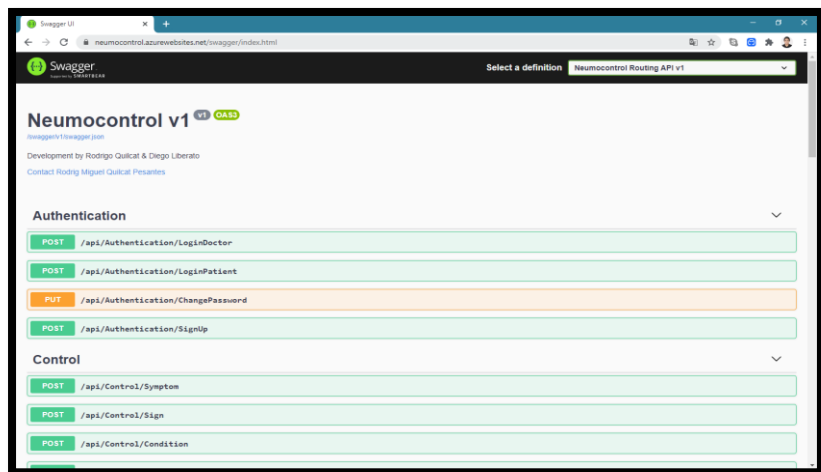
Ilustración 17 Arquitectura CQRS



FUENTE: ERIC TORRE (2014). CQRS I: PRIMER VISTAZO. Recuperado de: <https://www.forcode.es/general/cqrs-primer-vistazo/>.

En nuestra aplicación back-end podremos realizar las operaciones de registro de pacientes y doctores, observar los datos de cada uno en forma detallada o en forma de lista, también podremos eliminar o modificar algún dato conveniente de cualquier registro existente, y por último el registro, modificación, lectura y eliminación de controles realizados por el paciente desde el aplicativo móvil. Para poder visualizar dichas operaciones, y observar cómo deben ingresarse los datos a la API y que resultado nos devolverá, usamos una UI llamada SWAGGER, lo cual nos devolverá nuestras operaciones programadas.

Ilustración 18 Swagger API documentación (Elaboración propia)



4.1.4.3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA WEB ADMINISTRATIVO

Para el sistema web, también usaremos ASP.NET Core, usando los elementos ASPX para formularios web, en ella, el doctor podrá acceder al sistema, ver la lista de sus pacientes, luego ver el detalle de cada uno, modificar algún dato, revocar o asignar permisos a la aplicación móvil para el registro de los controles, y también podrá ver el historial de controles. Los resultados del desarrollo son los siguientes:

Ilustración 19 Inicio de sesión al sistema administrativo web (Elaboración propia)

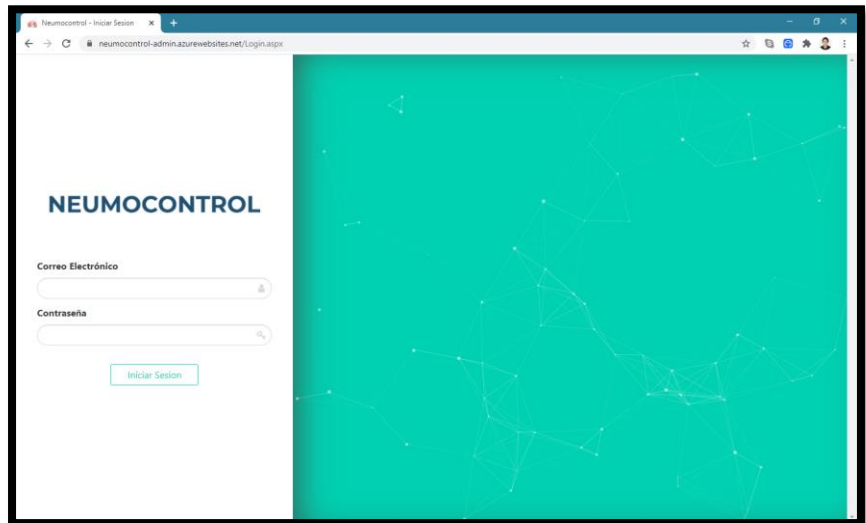


Ilustración 12 Dashboard del sistema administrativo web (Elaboración propia)

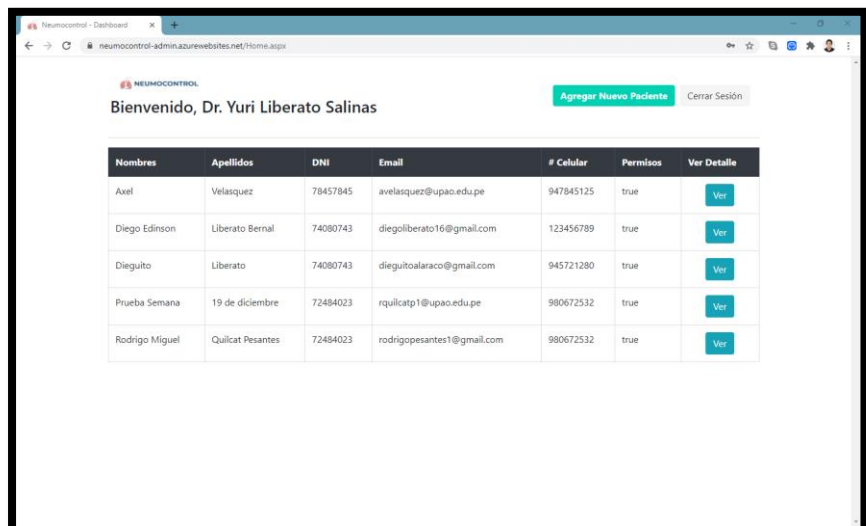


Ilustración 13 Registro de pacientes (Elaboración propia)

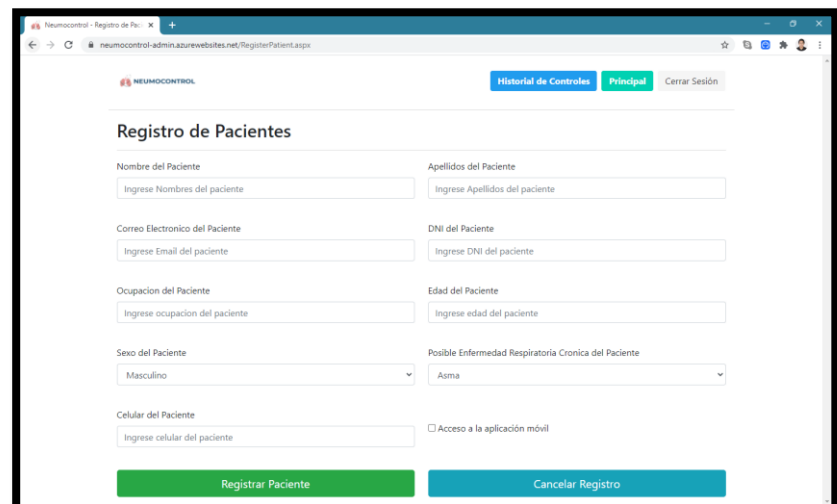


Ilustración 14 Detalle de pacientes (Elaboración propia)

The screenshot shows a web browser window with the URL `neumocontrol-admin.azurewebsites.net/RegisterPatient.aspx?patientId=4CD82398-D236-453C-B04B-A224FD026366`. The page title is "Neumocontrol" and it has navigation links for "Historial de Controles", "Principal", and "Cerrar Sesión". The main heading is "Registro de Pacientes". The form contains the following fields:

Nombre del Paciente	Apellidos del Paciente
Diego Edinson	Liberato Bernal
Correo Electronico del Paciente	DNI del Paciente
diegoliberato16@gmail.com	74080743
Ocupacion del Paciente	Edad del Paciente
Desarrollador	21
Sexo del Paciente	Posible Enfermedad Respiratoria Cronica del Paciente
Sin determinar	EPOC
Celular del Paciente	Acceso a la aplicación móvil
123456789	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the form, there are two buttons: "Editar Paciente" (yellow) and "Eliminar Paciente" (red).

Ilustración 15 Historial de Controles del paciente (Elaboración propia)

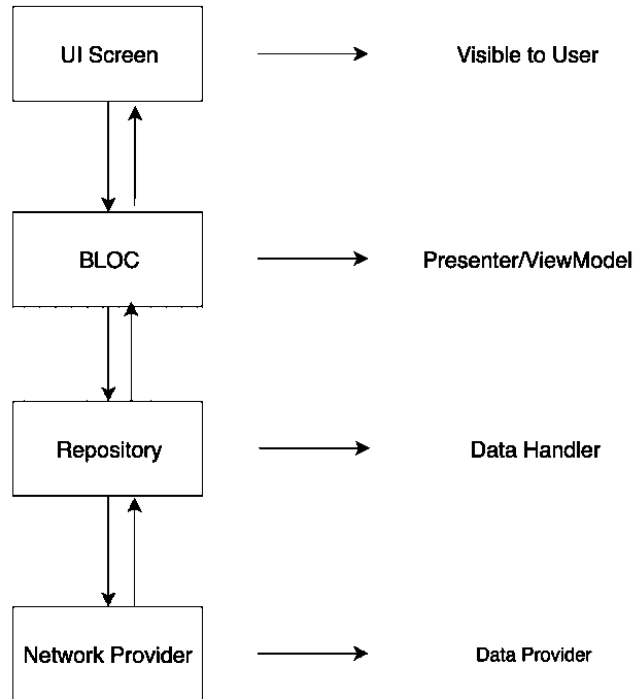
The screenshot shows a web browser window with the URL `neumocontrol-admin.azurewebsites.net/PatientControl.aspx?patientId=5F42C132-5EE1-4815-A70F-89A1781D9440`. The page title is "Neumocontrol" and it has navigation links for "Regresar" and "Cerrar Sesión". The main heading is "Control de Paciente". The page contains the following sections:

- Control de Sintomas del día de hoy**: A table with columns "Síntoma" and "Resultado".
- Control de Signos del día de hoy**: A table with columns "Signo" and "Resultado".
- Control de Condiciones del día de hoy**: A table with columns "Condición" and "Resultado".
- Muestra de audio grabada por el paciente**: A section with an audio player showing "0:00 / 0:00" and a "Calcular predicción" button.

4.1.4.3.3. DESARROLLO DEL SIMI

Para el desarrollo del SIMI utilizaremos el framework de Flutter, para la construcción de aplicaciones nativas para Android o iOS. En el cual se usará el patrón de diseño de software BLOC que en resumen el flujo de comunicación en la aplicación consta de la UI recibe datos desde la API para el inicio de sesión, se usa un provider para almacenar los datos de inicio, luego cada UI de la aplicación tendrá componentes para que cada componente ejecute las acciones necesarias según los requerimientos funcionales. Por último, se usa repositorios (conexión a la API a través de clases o View Models) para ejecutar los métodos programados anteriormente.

BLOC pattern for Flutter



FUENTE: CESAR VEGA (2019). IMPLEMENTA ARQUITECTURA A TU PROYECTO FLUTTER USANDO EL PATRÓN BLOC. Recuperado de: <https://medium.com/comunidad-flutter/implementa-arquitectura-a-tu-proyecto-flutter-usando-el-patr%C3%B3n-bloc-2cb031722166>.

En cuanto a los resultados obtenidos en la fase de implementación de la aplicación, tenemos los siguientes formularios, basados en el diseño previamente realizado en este capítulo.

Ilustración 18 Pantalla de inicio de la aplicación (Elaboración propia)

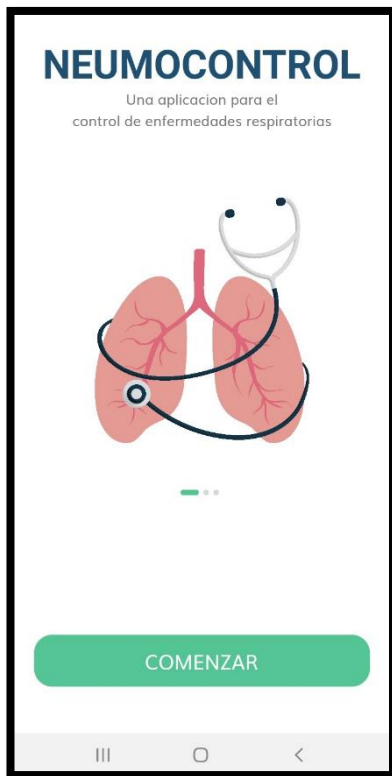


Ilustración 17 Pantalla de inicio de sesión de la aplicación (Elaboración propia)



Ilustración 20 Pantalla principal de la aplicación (Elaboración propia)

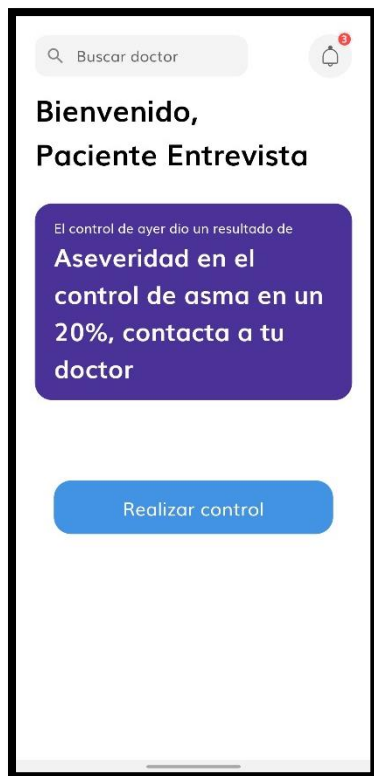


Ilustración 19 Pantalla de verificación de la aplicación (Elaboración propia)

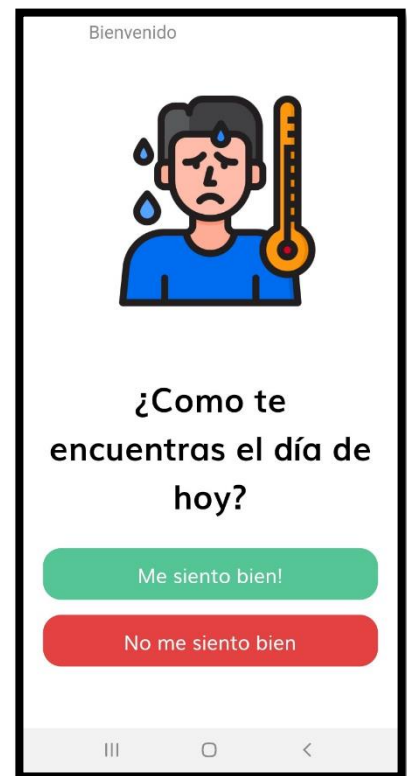


Ilustración 22 Pantalla de control de síntomas (Elaboración propia)

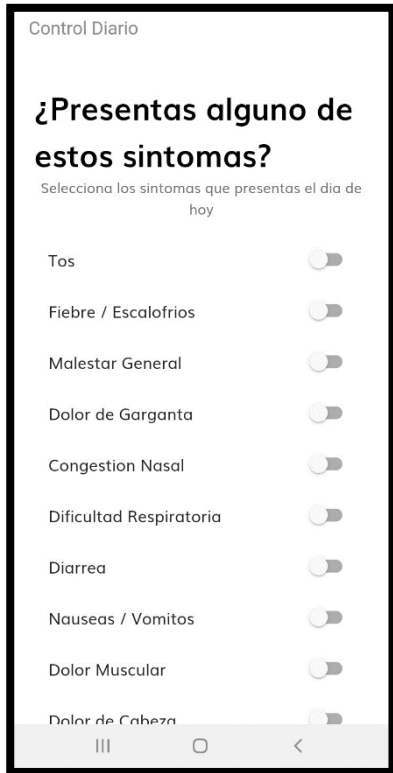


Ilustración 21 Pantalla de control de signos (Elaboración propia)

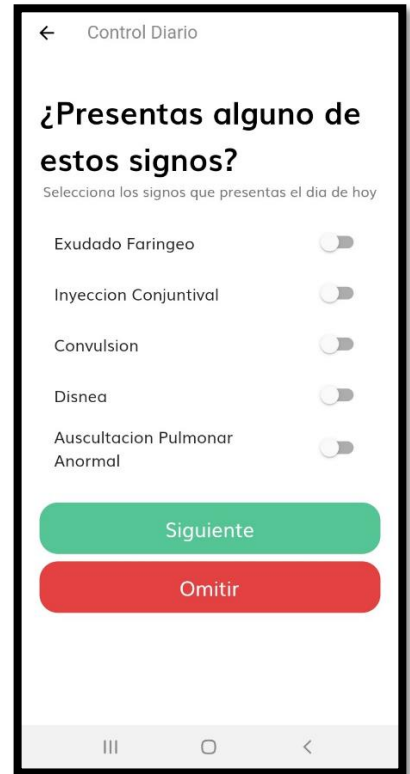


Ilustración 24 Pantalla de control de condiciones (Elaboración propia)

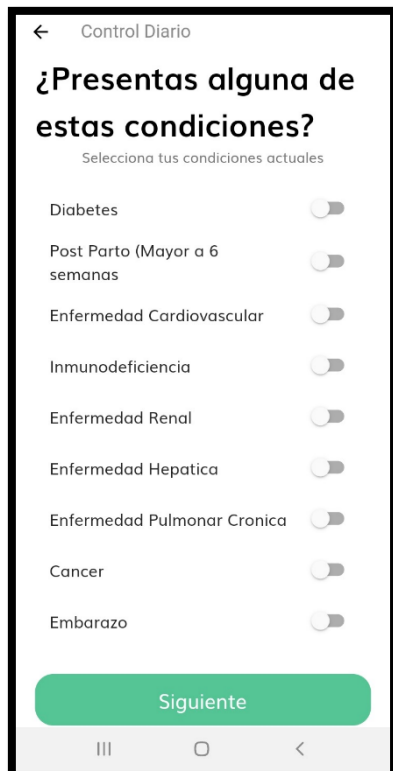


Ilustración 23 Pantalla de pregunta sobre malestar adicional (Elaboración propia)



Ilustración 26 Pantalla de malestares adicionales (Elaboración propia)

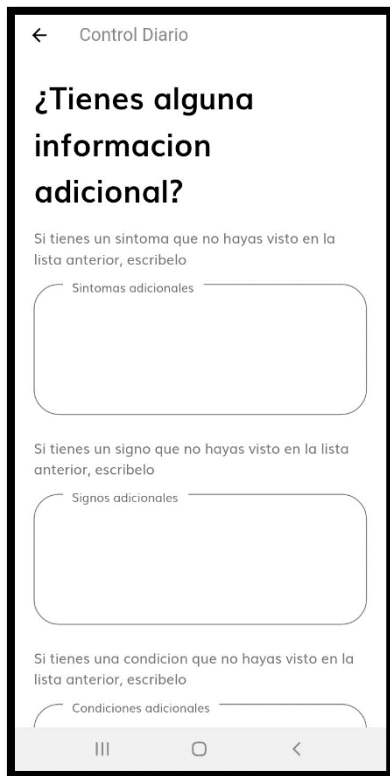


Ilustración 25 Pantalla de validación de respiración (Elaboración propia)



Ilustración 27 Pantalla de grabación de audio (Elaboración propia)



Ilustración 36 Pantalla de confirmación de envío de datos (Elaboración propia)



4.1.4.3.4. DESARROLLO DEL MODELO DE DEEP LEARNING PARA EL ANÁLISIS DE AUDIO

4.1.4.3.4.1. USO DEL DEEP LEARNING EN CASOS CLÍNICOS RESPIRATORIOS

El uso de Deep Learning dentro del ámbito respiratorio ya ha tenido ciertas aplicaciones, hay trabajos donde se busca la detección de enfermedades respiratorias mediante Deep Learning, pero este tipo de modelo requiere un equipo personalizado para la obtención de una muestra de audio correcta que facilite la determinación de diferencia entre los diferentes tipos de enfermedades respiratorias. Recientemente, debido a la pandemia han surgido proyectos para detectar específicamente pacientes con COVID-19, haciendo una comparación entre pacientes sanos y pacientes con COVID-19, pero algunos tienen la limitante de los datos, ya que para que una predicción de audio pueda ser exacta, tiene que ser una gran cantidad para lograr una precisión alta.

4.1.4.3.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS (DATASETS)

Una fuente de recolección de datos es que se hizo hecho una búsqueda en internet de audios de tos sin silbidos o con silbidos o alguna otra enfermedad, otra fuente que se ha considerado es el hecho de considerar apoyo de personas que nos puedan brindar un audio de muestra de su tos.

Después de la recolección, para incrementar el tamaño del dataset, se han implementado 2 técnicas, las cuales son Pitch Shift y Time Stretch, en el caso del primero consiste en un cambio en la tonalidad del audio, para nuestro caso se le aplicó un aumento y una disminución de cuatro semitonos, la segunda técnica consiste en afectar la velocidad en la que el audio se reproduce, de igual forma que con la otra técnica, se hicieron dos variables, una onde la velocidad aumentaba en un 0.5 y otra donde disminuía un 0.15.

4.1.4.3.4.3. PREPROCESAMIENTO

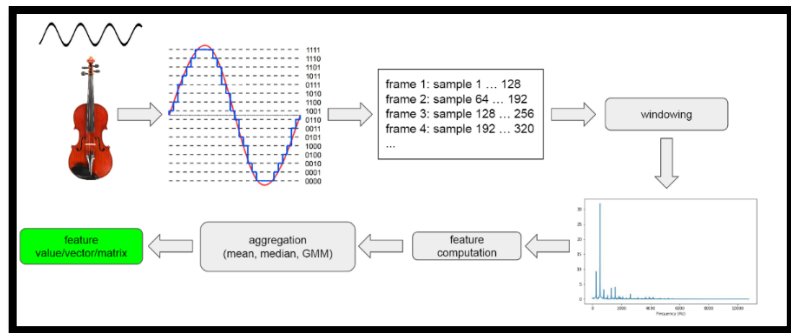
El preprocesamiento que se detalla se ha usado para el desarrollo de la red neuronal, el procedimiento es apoyado gracias al paquete de Python “scikit” ya que se ha usado el método del escalador de mínimos y máximos, donde, como el nombre lo indica, transforma cada una de las características mediante una escala hacia un rango determinado. Este estimador traduce cada característica y la transforma en un valor entre cero y uno.

4.1.4.3.4.4. MODELADO DE DATOS

Para poder entender cómo se trabajará, hay que comprender los datos, cuando se trata de manejo de audio existen características que los diferencian, estas se pueden dividir en características de tiempo y de frecuencia. Para poder obtener estas características se tiene que pasar por un proceso, la ilustración 28 ayuda a identificarlo, este proceso empieza con la obtención del sonido en su entorno natural, luego pasa a ser convertido a una señal digital y luego esta señal se divide en frames (entendible como cortes o segmentos que componen toda la señal) y estos a su vez contienen samples con los datos del audio, luego, como el esquema se trata de una característica de frecuencia, se hace un proceso de windowing para poder identificar la presencia de las mismas, luego pasa a la computación de estas características, se hace una agregación de los resultados obtenidos anteriormente y termina con un valor final de la característica a buscar. En lo que respecta a la computación de características, se ha usado el paquete de “librosa”, una librería de Python que nos permite hacer el manejo de pistas de audios, esto incluye la extracción de sus características, cuando se extraen las características por defecto lo hace con un tamaño de 23 frames y al final para la agregación se ha sacado la media de los valores calculados para obtener como resultado un valor representativo del audio.

Para este caso, las características obtenidas han sido, el cromá calculado en cada clase de tono cromático, el coeficiente cefálico de frecuencia de Mel (MFCC), la tasa de cruce por cero (Zero-crossing rate), el centroide espectral, el roll-off espectral y la raíz media al cuadrado (RMS).

Ilustración 28 Procesamiento del audio



FUENTE: VALERIO VELARDO (2020). HOW TO EXTRACT AUDIO FEATURES. Recuperado de: <https://github.com/musikalkemist/AudioSignalProcessingForML/blob/master/6-%20How%20to%20extract%20audio%20features/How%20to%20extract%20audio%20features%20.pdf>

4.1.4.3.4.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE DEEP LEARNING

Ya una vez pasado por la obtención de datos, se hace la extracción de la característica en la cual se va a basar este nuevo modelo, la cual sería el melspectrograma. La premisa del modelo consiste en que se obtiene el audio del paciente, se le extrae el melspectrograma y este pasa a una red neuronal convolucional donde se podrá lograr la predicción. Una vez conocido el proceso en sí, toca hablar del entrenamiento, la distribución viene siendo de 70/30, una separación de 70% para el entrenamiento y un 30% para pruebas. Se hizo la división física de las imágenes de los melspectrogramas para que se pueda realizar el entrenamiento, luego pasa a un preprocesamiento, donde las imágenes y los datos obtenidos se transforman a un valor entre 0 y 1 y las imágenes son redimensionadas a un 200 x 200. Como se puede apreciar en

la ilustración 29, los nodos de entrada alimentan toda la red con las dimensiones de 200 x 200 con 3 bytes de color, luego, pasan por 4 capas ocultas convolutivas de activación ReLu, donde al final se pasa a una capa de DNN con 512 neuronas con activación ReLu también y ahí recién se pasa a la capa de salida que cuenta con activación Sigmoide. También se le indicó al modelo ciertas características, por ejemplo, que cuente con un optimizador de Adam, una extensión de la gradiente descendente estocástica, que en este caso sirve para poder adaptar el learning rate durante el entrenamiento y es más sensible a comparación del resto, también se configuró que para la métrica de la pérdida (loss) se use crosentropía binaria y para ya el entrenamiento, se le dieron 16 épocas (epochs) para poder apreciar los resultados.

Ilustración 29 Esquema de la Red Neuronal Convolutacional (Elaboración propia)

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 198, 198, 16)	448
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 99, 99, 16)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 97, 97, 32)	4640
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 48, 48, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 46, 46, 64)	18496
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 23, 23, 64)	0
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 21, 21, 64)	36928
max_pooling2d_3 (MaxPooling2D)	(None, 10, 10, 64)	0
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 8, 8, 64)	36928
max_pooling2d_4 (MaxPooling2D)	(None, 4, 4, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 1024)	0
dense (Dense)	(None, 512)	524800
dense_1 (Dense)	(None, 1)	513
Total params: 622,753		
Trainable params: 622,753		
Non-trainable params: 0		

4.1.4.3.4.6 APORTE PARA LA SOLUCIÓN PRESENTADA

Para el negocio, esto implica una buena ventaja, ya que, en este caso, ayuda al establecimiento de un diagnóstico del paciente e incluso cuenta con potencial para poder escalar a cubrir otras características de las cuales requiera el negocio. Como punto negativo podríamos tener el hecho de que la implementación de un modelo de IA puede llegar a costar un poco más, dependiendo del modelo que se esté aplicando y sobre todo de la carga que se hace al momento de procesar los datos obtenidos para que sirvan de entrada en cualquier modelo de IA.

La única mejora que se podría realizar es a nivel de datos, ya que, por el momento, se cuenta con un dataset pequeño, lo cual llega a afectar las métricas resultantes de cualquier modelo de IA.

4.1.4.3.4.7. COMPARACION CON OTROS MODELOS DE APRENDIZAJE

Como se puede apreciar en la Tabla 4, se desarrollaron otros modelos previos antes de poder determinar cuál era el más adecuado para este trabajo, por lo que la tabla refleja algunas características esenciales y sus diferencias entre estos modelos. Empezando por el KNN donde este recibió como input varias características y fue configurado con el número de vecinos igual a 3, nos arroja una presión del 73%; luego, el DNN recibe las mismas características, pero esta red es configurada con 100 epochs y un batch size de 32 lo que nos termina arrojando una precisión del 0.48, lo que la hace la más baja de todas. Siguiendo tenemos a la SVM, donde de igual manera se le pasaron las características y el kernel usado fue el lineal y nos arroja una precisión del 65%, luego tenemos el Random Forest, se hizo solamente para poder experimentar con el modelo por lo que no se esperaban grandes resultados y pues estos tampoco se obtuvieron ya que si vemos la diferencia entre el RMSE y el MAE no es mucha. Y por último se tiene el CNN donde no se usaron todas las características, sino solo el melspectograma para poder hacer esta clasificación, este modelo fue configurado para 16 epochs y 2 pasos por epoch, para que pueda trabajar con nuestro número de datos hasta este momento.

Tabla 2 Tabla de comparación con el resto de los modelos

	KNN	DNN	SVM	RF	CNN
Características del modelo	n_neighbors = 3	Epochs = 100 batch_size = 32	Kernel = linear	n_estimators = 200	steps_per_epoch = 2 epochs = 16
Características del audio	Spectral Roll-Off Root Mean Squared MFCC Zero-crossing rate Spectral centroid Chromagram				Melspectrogram
División del dataset	70/30				
Accuracy	0.73	0.4800	0.653	-	0.8600
Loss	-	0.6884	-	-	0.2989
RMSE	-	-	-	0.3806	-
MAE	-	-	-	0.2544	-
Modelo Exportable	NO	SI	NO	NO	SI

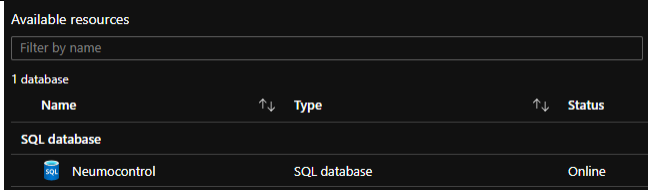
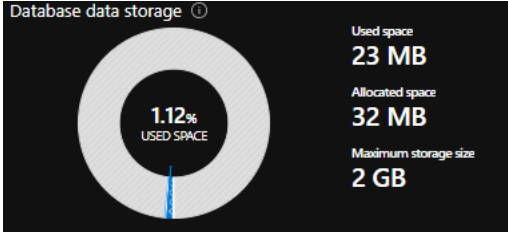
Debido a las métricas obtenidas con el modelo CNN, es que este ha sido escogido para ser utilizado en la aplicación, debido a su alta precisión y su poca pérdida, solo se tiene que exportar el modelo entrenado y con él se pueden realizar las predicciones sin problema.

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. RESULTADOS DE INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla 3 Resultados de indicadores de la VI

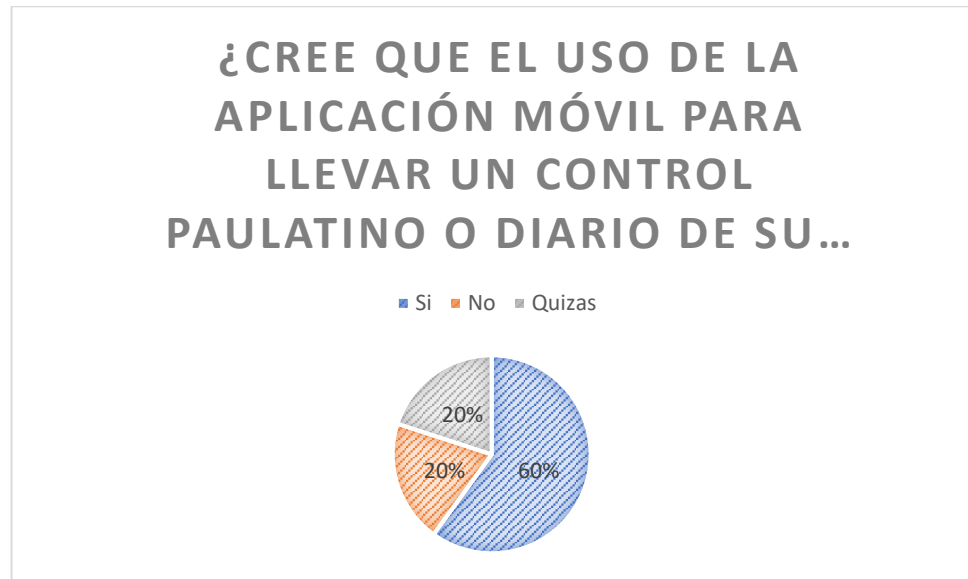
INDICADORES	RESULTADOS	EVIDENCIA
Nro. de procesos manejados por el SI	21 procesos	https://neumocontrol.azurewebsites.net/swagger/index.html
Nro. de funcionalidades de I/O del SI	12 procesos	https://neumocontrol.azurewebsites.net/swagger/index.html
Nro. de base de datos utilizados por el SI	1 base de datos	

		
Nro. de dispositivos móviles compatibles	Incalculable	<p>Cualquier dispositivo que cumplan las siguientes características:</p> <p>ANDROID: mínimo 1GB de RAM, 24.5 MB de almacenamiento de instalación, sistema operativo Android 10 en adelante</p> <p>IOS: mínimo 1GB de RAM, 20.1 MB de almacenamiento de instalación, sistema operativo iOS 7 en adelante</p>
Capacidad utilizada en almacenamiento en la nube	23 MB utilizados	
Precisión del modelo de Deep Learning para el análisis de audios	0.86 (86%)	<pre>model.evaluate(validation_generator) 3/3 [=====] - 1s 173ms/step - loss: 0.2989 - accuracy: 0.8600 [0.29886746406555176, 0.8600000143851147]</pre>

4.2.2. RESULTADOS DE INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

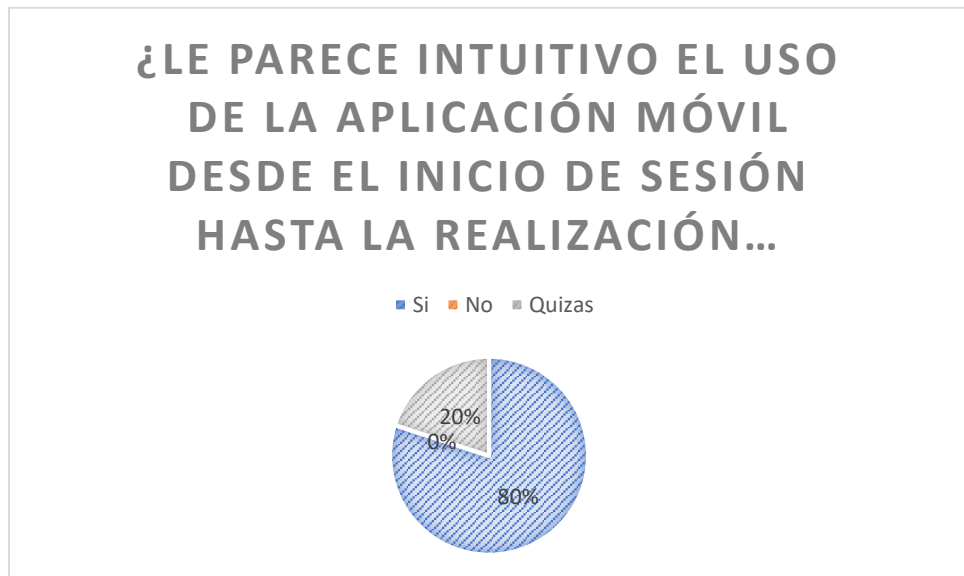
Se realizó una entrevista a 10 pacientes, seleccionados en apoyo de un doctor especialista en el tema, el cual nos recomendó trabajar con pacientes cuyo tratamiento tenga que involucrar alguna enfermedad crónica respiratoria. Se utilizó una herramienta predefinida, tanto para aplicar al mismo doctor como a los pacientes mencionados. (Ver ANEXO 02). Luego de realizar dicha entrevista, se realizará una interpretación de los resultados del estudio. (Ver ANEXO 03A)

Ilustración 30 Resultados Pregunta 1 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia)



En esta pregunta, un 60% de las personas entrevistadas le daría un uso responsable a la aplicación para llevar una evaluación diaria para el control de su enfermedad respiratoria, mientras que algunos pacientes, por la edad como atributo influyente (en un 20%) estaba indeciso en el uso de este, mientras que el 20% restante no tenía confianza en una herramienta tecnológica para llevar dicho monitoreo.

Ilustración 40 Resultados Pregunta 2 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia)



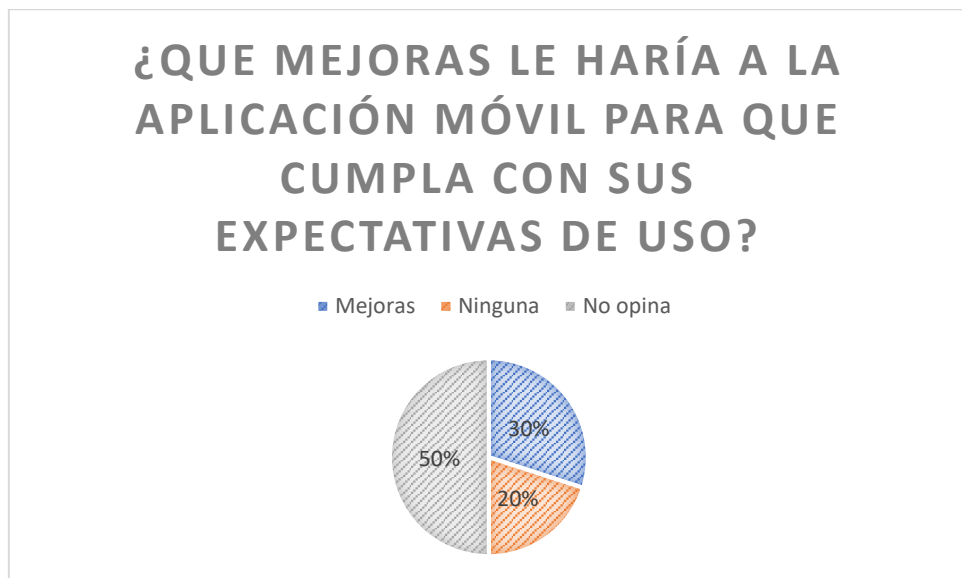
Un 80% considera que la aplicación es intuitiva, ya que es fácil de usar y por las distintas guías que presenta, mientras que el 20% restante optaron por realizar opiniones en cuanto mejoras del producto

Ilustración 31 Resultados Pregunta 3 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia)



De los pacientes seleccionados, un 70% está de acuerdo que llevar un control de cualquier enfermedad, sobre todo, de una enfermedad respiratoria crónica es muy importante, ya que el objetivo de dicho control es reducir los riesgos en agravar la situación del paciente.

Ilustración 32 Resultados Pregunta 4 de la Entrevista a Pacientes (Elaboración propia)



El 50% de los pacientes entrevistados, propusieron mejoras, desde la apariencia, el flujo y controles de la aplicación, hasta proponer nuevas funcionalidades. El 20% decidió que la herramienta era más que suficiente en su versión actual, mientras que el 30% no respondieron la pregunta.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

5.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.1.1.1. PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS

Se plantea que:

- ➔ H_0 es la hipótesis nula: “El uso de un sistema informático móvil inteligente construido con Flutter, Microsoft Azure, ASP.Net Core no controla el tratamiento diario de pacientes en un consultorio médico privado neumológico Dr. Yuri Liberato Salinas en la ciudad de Trujillo en el año 2020”.
- ➔ H_1 es la hipótesis alternativa: “El uso de un sistema informático móvil inteligente construido con Flutter, Microsoft Azure, ASP.Net Core controla el tratamiento diario de pacientes en un consultorio médico privado neumológico Dr. Yuri Liberato Salinas en la ciudad de Trujillo en el año 2020”.

5.1.1.2. NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Se determina que el valor obtenido en la prueba estadística es menor o igual al intervalo de confianza, nuestra H_1 será aceptada y H_0 será rechazada. ($\alpha = 0,05$ y confianza: 0.60).

5.1.1.3. PRUEBA ESTADISTICA

La muestra que se determinó para esta investigación es de 10 pacientes del consultorio clínico privado neumológico del Dr. Yuri Liberato Salinas, por lo que se aplicará la técnica estadística de T-Student y normalizaremos los datos con Shapiro Wilks. Se seleccionaron estas técnicas porque se observaron dos momentos, una pre-implementación del sistema informático móvil inteligente y una post-implementación de esta.

5.1.1.4. CALCULO DE LA PRUEBA ESTADISTICA

Utilizaremos los resultados obtenidos por nuestra evaluación de software, según la norma IEEE 29119 donde evaluamos el uso, funcionalidad, diseño y resultados del software realizado, tanto antes (pre) de la implementación de esta en el consultorio médico privado neumológico del Dr. Yuri Liberato Salinas, como después de su implementación (post).

Tabla 6 Indicadores de la prueba estadística

INDICADORES	PRE	POST	DIF
¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON LA FUNCIONALIDAD DEL SOFTWARE PARA EL USO DE CONTROL MÉDICO DIARIO?	2.9	3.6	0.7
¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON EL DISEÑO DE LA APLICACIÓN?	2	4.7	2.7
¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON LOS RESULTADOS DADOS POR LA APLICACIÓN?	3.8	4	1.8
DEL 1 AL 5, ¿QUE PUNTAJE CONSIDERA PARA RECOMENDAR LA APLICACIÓN A OTRAS PERSONAS?	3.8	4.3	1.5

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{n}, \delta = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}}, t_c = \frac{\bar{D}}{\frac{\delta}{\sqrt{n}}}$$

Tc: T estadístico **δ:** Desviación estándar **n:** Tamaño de la muestra

D: Promedio o media aritmética de las diferencias entre los momentos pre y post

Tabla 7 Resultados de la contrastación de variables y resultados

D: 1.675	δ: 0.82	n: <u>10</u>	t: 6.45	p-valor: 0.59
-----------------	----------------	---------------------	----------------	----------------------

Interpretación: El P (0.59) obtenido por la prueba, es menor al nivel de confianza calculado para la prueba de hipótesis, por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, por lo que la hipótesis alternativa es aceptada, por lo que queda demostrado que “El uso de un sistema informático móvil inteligente construido con Flutter, Microsoft Azure, ASP.Net Core controla el tratamiento diario de pacientes en un consultorio médico privado neumológico Dr. Yuri Liberato Salinas en la ciudad de Trujillo en el año 2020”.

5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

→ OE1: Realizar investigación sobre la problemática con los expertos en el tema y fuentes externas.

Según las fuentes expertas se determinó que una de las causas principales del aumento progresivo de enfermedades respiratorias en el país, se debe a un mal control y poco interés del paciente en realizarse dicho control, donde

los casos más comunes se registran en ancianos y niños. Además se consultó con un experto en el tema, el cual también nos explica que por la coyuntura vivida el virus que causa el CORONAVIRUS genera fuertes síntomas y alargan el proceso de supervivencia del virus en el cuerpo humano, lo que desencadena en un empeoramiento de la enfermedad respiratoria en el paciente, por lo que requiere de un control continuo de los síntomas, para evitar el agravamiento del caso.

Justificación del proyecto

Es por lo que la construcción de un sistema informático móvil inteligente que permita realizar un control paulatino de los síntomas y condiciones que el paciente presenta desde el inicio de su tratamiento, pueda permitir al doctor realizar un correcto análisis y estudio de la enfermedad, para que no concluya en un agravamiento de la enfermedad en el paciente.

- OE2: Generar diseños y construcción de prototipo del sistema informático móvil inteligente para la detección temprana y control de enfermedades respiratorias aplicando la metodología ágil SCRUM

Se empezó a diseñar la aplicación de la manera tradicional, usando lápiz y papel para el primer MVP, luego de ello se utilizó una herramienta de software gratuito para realizar un prototipado más real, que a su vez permita realizar una navegación completa por la aplicación.

Justificación del proyecto

Uno de los pasos fundamentales en el desarrollo de software, es el diseño de la aplicación y el paso de este a un prototipo, con el cumplimiento de este objetivo, podemos contrastar lo que los usuarios desean utilizar, y si cumple con el objetivo de la aplicación. Antes de empezar el desarrollo, el prototipo puede servir para conocer las funcionalidades, a un nivel visual, así como también la navegación y posibles rutas dentro de esta.

- OE3: Implementar y desplegar el sistema informático móvil inteligente utilizando tecnologías Microsoft y React.

Para la fase de implementación se realizó todos los procesos de desarrollo de software requeridos para su creación, según la metodología ágil, desde el modelamiento de la base de datos, arquitectura de software, y configuración de un entorno de DevOps de Microsoft Azure para el despliegue del producto y que los usuarios puedan usarla.

Justificación del proyecto

Si deseamos una aplicación correctamente funcional, debemos percatarnos que en primer lugar las funciones básicas que el usuario requiere para su uso estén implementadas, testeadas y validadas. Estos pasos están dentro del marco de desarrollo ágil de software. Luego de ello, se empieza a construir la parte visual, a partir de los diseños creados y presentados al cliente, finalmente en un entorno de DevOps (Microsoft Azure), desplegamos la

aplicación y se publica en las tiendas de aplicación de Android y iOS para que los usuarios puedan descargarlo y usarlo.

- ➔ OE4: Crear y entrenar un modelo de aprendizaje profundo usando redes neuronales para identificar si el paciente presenta alguna infección respiratoria aguda a partir de una muestra de audio, utilizando las librerías Librosa, TensorFlow, SKLearn, Keras y Python.

Se creó un modelo de aprendizaje profundo donde el primer paso para hacerlo funcionar como debe, se entrena con datasets públicos del corte investigativo, en este caso muestras de audios de sibilancias, o ruidos generados por los pacientes, donde se detecta las alteraciones del audio, estas sibilancias obtenidas pasan por un clasificador de audio, usando Keras y Librosa, el cual determina si es un paciente sano/con poco riesgo de agravamiento, o si es una persona con presencia de sibilancias debe llevar un tratamiento, con TensorFlow y Python se genera un archivo de exportación con el modelo ya entrenado, este se implementara en la solución de front-end o sistema informático móvil inteligente.

Justificación del proyecto

El experto en el tema que utiliza la aplicación, en este caso, el doctor, necesita todos los datos posibles, no solo los del control, que en este caso son los síntomas y condiciones diarios que presente el paciente, en este caso hay una función adicional, donde el paciente graba su respiración, este audio se almacena en Firebase, luego pasa a una maquina virtual en Azure, donde en un endpoints publicado, se analiza la muestra de audio, utilizando técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje profundo, si la muestra de audio presenta una anormalidad en las frecuencias analizadas, el doctor sabrá que el paciente requiere de un tratamiento mas condicionado y el uso de otras medicinas para su tratamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se realizó un modelo de aprendizaje profundo, utilizando e identificando muestras de audio, la cual como entrada se transforma en imágenes para procesar en una red neuronal.
2. Se realizó un prototipo de aplicación móvil con la herramienta Adobe XD
3. Se realizó un sistema informático móvil inteligente como herramienta de apoyo para los médicos neumólogos tratantes de pacientes con enfermedades respiratorias crónicas en la ciudad de Trujillo, utilizando las tecnologías de Visual Studio 2019, SQL Server 2017, Microsoft Azure, Firebase, Flutter y Python.
4. Se planteó el uso de una nueva arquitectura de software, creada a partir de la combinación de dos existentes, tanto como la arquitectura limpia como la arquitectura de responsabilidad de segregación de consultas y transacciones.
5. Según los resultados de la investigación, el sistema informático móvil inteligente tiene un nivel de aceptación por parte de pacientes con enfermedades respiratorias crónicas con un 70% de satisfacción con el producto.
6. Según resultados de la investigación, el sistema administrativo web, es denominado por los médicos tratantes como una herramienta de apoyo de recolección de datos y una herramienta de seguimiento para los pacientes.
7. Según resultados de la investigación, se estima que la cantidad de pacientes atendidos gracias al sistema informático móvil inteligente, aumente en un 20% semanal a lo normal que es con una cita presencial.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mejorar la experiencia de usuario del sistema informático móvil inteligente, agregándole nuevas alertas de confirmación, pantallas de carga, guías por cada nivel del control diario y un dashboard más intuitivo.
2. Para un resultado mejor por parte del modelo de Deep learning aplicando redes neuronales, aumentar y diversificar el data set de tal modo que el modelo tenga un entrenamiento capaz de aumentar la precisión actual.
3. Se recomienda utilizar nuevos parámetros o métricas en la obtención del resultado del modelo de Deep learning, por ejemplo, el uso de frecuencias, limpieza de audios exteriores ajenos al audio de muestra original.
4. Se recomienda aumentar la capacidad de respuesta del servidor API y de base de datos en Azure, para un mejor tiempo de respuesta al momento de realizar alguna consulta o transacción desde el sistema informático inteligente móvil, como también desde el sistema administrativo web.
5. Es recomendable implementar un formulario dentro del sistema informático móvil inteligente que contenga los datos personales y foto de perfil del usuario paciente para que pueda personalizar dichos datos.
6. Es recomendable implementar un formulario que tenga los términos y servicios que ofrece el sistema informático móvil en cuanto a la recolección de muestras de audio y datos personales del paciente.
7. Es recomendable implementar guías de usuario dentro del sistema administrativo web, para poder entender los resultados hechos por el modelo de aprendizaje profundo, sea la muestra de audio como tal y el espectrograma reflejado.
8. Se recomienda realizar paulatinamente una copia de seguridad como medida de contingencia en caso haya un problema con el servidor de archivos y de base de datos, tales como fallos con la conexión remota, respuestas del firewall, ataques externos, infección con malware, etc.
9. Es recomendable testear la aplicación en dispositivos Android con una antigüedad en el sistema operativo desde Android 5 hasta la versión actual de Android 10 y en dispositivos iOS desde iOS 7 hasta la versión actual de iOS 14.

SIGLARIO

- SIMI: Sistema Informático Móvil Inteligente
- CMPN: Consultorio Médico Privado Neumológico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amodeo, E. (9 de marzo de 2012). CQRS QUE ES. Obtenido de EAMODEORUBIO: <https://eamodeorubio.wordpress.com/2012/09/03/cqrs-1-que-es/>
- Bagnato, J. (29 de noviembre de 2018). COMO FUNCIONAN LAS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS. Obtenido de APRENDE MACHINE LEARNING: <https://www.aprendemachinelearning.com/como-funcionan-las-convolutional-neural-networks-vision-por-ordenador/>
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K. y Olabe, J. (2012). Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. Bilbao, España: ESIGELEC.
- Briffoteaux, G., Ragonnet, R., Mezmaiz, M., Melab, N., & Tuytens, D. (2020). Evolution Control for parallel ANN-assisted simulation-based optimization application to Tuberculosis Transmission Control. *Future Generation Computer Systems*, 113, 454–467. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.07.005>.
- Coto, E. (4 de Julio de 2019). FLUTTER PATRON BLOC PARA PRINCIPIANTES COMO YO. Obtenido de Medium: <https://medium.com/comunidad-flutter/flutter-patr%C3%B3n-bloc-para-principiantes-como-yo-a853e58c2681>.
- Díaz, M. J. (2020). Inteligencia artificial y Big Data como soluciones frente a la COVID-19. *Revista de Bioética y Derecho*, (50), 315-331. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1886-58872020000300019.
- Frankenfield, J. (28 de Julio de 2020). Investopedia. Obtenido de What is Cloud Computing: <https://www.investopedia.com/terms/c/cloud-computing.asp>
- Garay, J. (2019). Deep Learning for Semantic Segmentation versus Classification in Computational Pathology: Application to mitosis analysis in Breast Cancer grading (Tesis de Maestría). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gómez-Orozco, V., De La Pava, I., Álvarez-Meza, A., Álvarez-López, M., & Orozco-Guiterrez, Á. (8 de septiembre de 2020). A machine learning approach to support deep brain stimulation programming. Obtenido de *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 95, 20–33: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20190729>.
- Granada, A. d. (20 de mayo de 2014). Análisis Espectral: ¿Qué es y que se representa en las gráficas? Obtenido de Ayuntamiento de Granada: <https://www.granada.org/inet/sonidos.nsf/d483b298c3f6a1b9c1257cdd00384c53/3fdcf36a7489b607c1257cde0024bb34!OpenDocument>.
- Heidari, M., Mirniaharikandehi, S., Khuzani, A. Z., Danala, G., Qiu, Y., & Zheng, B. (2020). Improving the performance of CNN to predict the likelihood of COVID-19 using chest X-ray images with preprocessing algorithms. *International Journal*

of Medical Informatics, 144, 104284.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104284>.

Herazo, L. (23 de agosto de 2018). ¿QUÉ ES UNA APLICACION MÓVIL? Obtenido de AN INCUBATOR: <https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/>

Julián, G. (30 de diciembre de 2016). LAS REDES NEURONALES QUE SON Y POR QUE ESTAN VOLVIENDO. Obtenido de XAKATA: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/las-redes-neuronales-que-son-y-por-que-estan-volviendo>

MERRIAM-WEBSTER. (1 de junio de 2015). ARTIFICIAL INTELIGENCE. Obtenido de MERRIAM-WEBSTER: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial%20intelligence>

MINSA. (1997). Gestión de Servicios de Salud - Serie 3. Cajamarca: APRISABAC

Murphy, K. P. (2012). Machine learning: a probabilistic perspective. Cambridge, MA: MIT Press.

Nieto, C. S. (11 de junio de 2019). ENFERMEDADES RESPIRATORIAS A TENER EN CUENTA CON EL ESPECIALISTA NEUMOLOGO. Obtenido de TOPDOCTORS: <https://www.topdoctors.es/articulos-medicos/enfermedades-respiratorias-a-tener-en-cuenta-con-el-especialista-neumologo>

Novás, J. D. (10 de octubre de 2008). EL TRATAMIENTO MEDICO: EXPERIENCIA, BASE TEORICA Y METODO. Obtenido de SCIELO: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2008000400009

Organización Mundial de la Salud. (1987). Detección precoz de enfermedades profesionales. Organización Mundial de la Salud.

Ordoñez-Palacios, L., León-Vargas, D., Bucheli-Guerrero, V., & Ordoñez-Eraso, H. (5 de marzo de 2020). Predicción de radiación solar en sistemas fotovoltaicos utilizando técnicas de aprendizaje automático. Obtenido de Revista Facultad de Ingeniería, 29(54), e11751: <https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.11751>.

Pastor, J. (20 de octubre de 2018). QUE ES INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Obtenido de XATAKA: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/que-inteligencia-artificial>

Raju, N., Augustine, P., & H, A. (29 de marzo de 2020). Identification of interstitial lung diseases using deep learning. Obtenido de International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 10(6), 6283: <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i6.pp6283-6291>.

Russom, P. (2011). Big data analytics. TDWI Best Practices Report, Fourth Quarter.

Tahull, J. M. (12 de febrero de 2015). SIBILANCIAS. Obtenido de TOPDOCTORS: <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/sibilancias>.

- Vargas, C. (2020). Implementación de un Sistema de Información Hospitalario (HIS) interoperable basado en HL7 para un Centro Médico de categoría II-1 o superior. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP.
- Walter, C., & Brunette, M. (12 de marzo de 2020). Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. Obtenido de Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 37(3), 554–558.: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.373.5585>.
- Wilhelmus, M., Davel, M., & Barnard, E. (8 de diciembre de 2020). Benign interpolation of noise in deep learning. Obtenido de South African Computer Journal, 32(2): <https://doi.org/10.18489/sacj.v32i2.833>.
- Yadav, R. S. (2020). Data analysis of COVID-2019 epidemic using machine learning methods: a case study of India. International Journal of Information Technology, 12(4), 1321–1330. <https://doi.org/10.1007/s41870-020-00484-y>.
- Yang, C. T., Chen, Y. A., Chan, Y. W., Lee, C. L., Tsan, Y. T., Chan, W. C., & Liu, P. Y. (2020). Influenza-like illness prediction using a long short-term memory deep learning model with multiple open data sources. The Journal of Supercomputing, 76(12), 9303–9329. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03182-5>.

ANEXOS

ANEXO N° 01

Historias de usuario para la construcción del SIMI

Historia de Usuario 01

Historia de Usuario	
Número: HU-01	Usuario: Administrador
Nombre de historia: <i>Acceso al sistema web</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 3	
Programador responsable: <i>Diego Liberato</i>	
Descripción: <i>Como administrador del sistema web deseo tener acceso al sistema, para poder realizar las diferentes operaciones en ella.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>Entro a la plataforma web</i>	<i>Muestre las opciones de administración</i>
Test de Aceptación:	

El administrador puede modificar datos de la aplicación.

Historia de Usuario 02

Historia de Usuario	
Número: HU-02	Usuario: Administrador
Nombre de historia: <i>Registro de doctores</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Baja</i>
Puntos estimados: <i>5</i>	
Programador responsable: <i>Diego Liberato</i>	
Descripción: <i>Como administrador del sistema web deseo registrar los datos del doctor, para que estos puedan ingresar al sistema.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El administrador accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para la inserción de datos</i>
Test de Aceptación: <i>El administrador puede agregar doctores sin problema alguno</i>	

Historia de Usuario 03

Historia de Usuario	
Número: HU-03	Usuario: Administrador
Nombre de historia: <i>Manejo de perfiles de doctores</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alto</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 6	
Programador responsable: <i>Diego Liberato</i>	
Descripción: <i>Como administrador del sistema web deseo ver, editar y eliminar los doctores ya registrados, para tener un control en los recursos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El administrador accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para el manejo de perfiles</i>
Test de Aceptación:	

El administrador puede eliminar o editar perfiles de doctores sin problema alguno

Historia de Usuario 04

Historia de Usuario	
Número: HU-04	Usuario: Administrador
Nombre de historia: <i>Manejo de permisos de la app móvil</i>	
Prioridad en negocio: <i>Medio</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Medio</i>
Puntos estimados: 6	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como administrador del sistema web deseo asignar o revocar permiso de acceso del doctor al sistema móvil, para restringir el acceso por permisos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero

<i>El administrador accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para el manejo de permisos</i>
Test de Aceptación:	
<i>El administrador debe revocar acceso a la aplicación móvil desde el portal web</i>	

Historia de Usuario 05

Historia de Usuario	
Número: HU-05	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Registrar datos de pacientes</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Baja</i>
Puntos estimados: <i>6</i>	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo tener acceso al sistema web para registrar los datos de mis pacientes, para poder tener un control de ellos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero

<i>El doctor accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para el registro de pacientes</i>
Test de Aceptación: <i>Los pacientes se registran correctamente en la base de datos y aparecen en la lista de pacientes</i>	

Historia de Usuario 06

Historia de Usuario	
Número: HU-06	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Manejo de perfiles de pacientes</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Baja</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo ver, editar y eliminar en el sistema web a los pacientes ya registrados, para poder tener un control de ellos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Crterios de Aceptación:	

Cuando	Espero
<i>El doctor accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para el registro de pacientes</i>
Test de Aceptación: <i>El doctor puede eliminar, consultar y editar datos del paciente.</i>	

Historia de Usuario 07

Historia de Usuario	
Número: HU-07	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Manejo de permisos a los pacientes</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Media</i>
Puntos estimados: <i>7</i>	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo asignar o revocar permiso de acceso de un paciente al sistema móvil, para restringir el acceso por permisos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Crterios de Aceptación:	

Cuando	Espero
<i>El doctor accede al portal web</i>	<i>Tener un módulo para el manejo de permisos</i>
Test de Aceptación: <i>El doctor debe revocar acceso a la aplicación móvil desde el portal web</i>	

Historia de Usuario 08

Historia de Usuario	
Número: HU-08	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Inicio de sesión en el sistema móvil</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Media</i>
Puntos estimados: 5	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo autenticarme en el sistema móvil para el control de los pacientes y sus tratamientos y controles.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	

Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede al aplicativo móvil</i>	<i>Tener una pantalla de inicio de sesión</i>
Test de Aceptación:	
<i>El doctor puede ingresar al sistema móvil sin problemas.</i>	

Historia de Usuario 09

Historia de Usuario	
Número: HU-09	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Consulta de controles recientes</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Media</i>
Puntos estimados: 5	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder ver los controles recientes de mis pacientes para poder analizar los datos obtenidos en el control.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup:	

<i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede al perfil de un paciente</i>	<i>Tener una opción de consulta de controles</i>
Test de Aceptación:	
<i>El doctor puede consultar los controles anteriores del paciente</i>	

Historia de Usuario 10

Historia de Usuario	
Número: HU-10	Usuario: Doctor
Nombre de historia:	
<i>Visualizar resultado de análisis de audio</i>	
Prioridad en negocio:	Riesgo en desarrollo:
<i>Alta</i>	<i>Media</i>
Puntos estimados:	
<i>9</i>	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	
<i>Como doctor deseo poder ver el resultado del análisis de audio que envió un paciente en uno de sus controles diarios para ver qué tan afectado o comprometido se ve su sistema respiratorio.</i>	
Observaciones:	

Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede a los datos de un control</i>	<i>Una pantalla donde indique el resultado del análisis</i>
Test de Aceptación: <i>Se muestran los resultados del análisis de audio del paciente.</i>	

Historia de Usuario 11

Historia de Usuario	
Número: HU-11	Usuario: Doctor
Nombre de historia: <i>Visualizar la lista de síntomas del control</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder ver la lista de síntomas en el día de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>	
Observaciones:	

Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede a los datos de un control</i>	<i>Una pantalla donde indique la lista de síntomas</i>
Test de Aceptación: <i>Se muestran la lista de síntomas que el paciente registró en su control.</i>	

Historia de Usuario 12

Historia de Usuario	
Número: HU-12	Usuario: Doctor
Nombre de la Historia <i>Visualizar la lista de signos del control</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	

<i>Como doctor deseo poder ver la lista de signos en el día de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede a los datos de un control</i>	<i>Una pantalla donde indique la lista de signos</i>
Test de Aceptación: <i>Se muestran la lista de signos que el paciente registró en su control.</i>	

Historia de Usuario 13

Historia de Usuario	
Número: HU-13	Usuario: Doctor
Nombre de la Historia <i>Visualizar la lista de condiciones del control</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados:	

7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder ver la lista de condiciones de un paciente, para tener una mayor certeza en el diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede a los datos de un control</i>	<i>Una pantalla donde indique la lista de condiciones</i>
Test de Aceptación: <i>Se muestran la lista de condiciones que el paciente registró en su control.</i>	

Historia de Usuario 14

Historia de Usuario	
Número: HU-14	Usuario: Doctor
Nombre de la Historia <i>Aprobar/desaprobar el diagnóstico</i>	
Prioridad en negocio:	Riesgo en desarrollo:

<i>Media</i>	<i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder aprobar o desaprobado el diagnóstico dado por la aplicación</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor accede a los resultados de un control</i>	<i>Una pantalla donde pueda aprobar/desaprobar el diagnóstico</i>
Test de Aceptación: El doctor puede aprobar / desaprobado el <i>diagnóstico</i> mostrado por la aplicación.	

Historia de Usuario 15

Historia de Usuario	
Número: HU-15	Usuario: Doctor
<i>Nombre de la Historia</i>	

Registrar recomendaciones y medicamentos	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder registrar las recomendaciones y medicamentos necesarios para poder darle al paciente un correcto tratamiento.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor aprueba el diagnóstico</i>	<i>Una pantalla donde pueda ingresar las recomendaciones y medicamentos</i>
Test de Aceptación: El doctor puede registrar las recomendaciones y medicamentos exitosamente.	

Historia de Usuario 16

Historia de Usuario

Número: HU-16	Usuario: Doctor
Nombre de la Historia <i>Registrar fecha de cita</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como doctor deseo poder registrar una fecha de cita presencial o virtual con un paciente, para poder darle un seguimiento más profundo a la enfermedad.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El doctor desapruueba el diagnóstico</i>	<i>Una pantalla donde pueda registrar una fecha de cita médica</i>
Test de Aceptación: El doctor puede generar una fecha de cita médica exitosamente.	

Historia de Usuario 17

Historia de Usuario	
Número: HU-17	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Acceso al sistema móvil</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder acceder al sistema móvil, para poder hacer el registro de los controles diarios.</i>	
Observaciones: <i>La primera vez que ingrese, su contraseña será su DNI</i>	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al sistema móvil</i>	<i>Una pantalla de inicio de sesión</i>
Test de Aceptación: <i>El paciente puede ingresar al sistema móvil.</i>	

Historia de Usuario 18

Historia de Usuario	
Número: HU-18	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Visualizar datos del médico</i>	
Prioridad en negocio: <i>Media</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Bajo</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder ver la información del médico tratante, para tener una comunicación directa con él en caso sea necesario.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero

<i>El paciente accede al perfil de su médico</i>	<i>Una pantalla donde indique la información de contacto del médico</i>
Test de Aceptación: <i>El paciente puede visualizar la información de contacto de su médico en el perfil de este.</i>	

Historia de Usuario 19

Historia de Usuario	
Número: HU-19	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Registrar muestra de audio</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Alta</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder registrar una muestra de audio de mi respiración, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	

Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al módulo de control diario</i>	<i>Una pantalla u opción que le permita grabar y registrar la muestra de audio</i>
Test de Aceptación:	
<i>El paciente no tiene problemas al grabar y registrar su muestra de audio.</i>	

Historia de Usuario 20

Historia de Usuario	
Número: HU-20	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia	
<i>Registro de síntomas</i>	
Prioridad en negocio:	Riesgo en desarrollo:
<i>Alta</i>	<i>Medio</i>
Puntos estimados:	
7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	
<i>Como paciente deseo poder registrar los síntomas que puedo presentar en un día, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup:	
<i>Por definir</i>	

Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al módulo de control diario</i>	<i>Una pantalla donde registre los síntomas</i>
Test de Aceptación:	
<i>El paciente registra sus síntomas sin problema alguno.</i>	

Historia de Usuario 21

Historia de Usuario	
Número: HU-21	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia	
<i>Registrar los signos</i>	
Prioridad en negocio:	Riesgo en desarrollo:
<i>Alta</i>	<i>Medio</i>
Puntos estimados:	
7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	
<i>Como paciente deseo poder registrar los signos que puedo presentar en un día, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>	
Observaciones:	

Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al módulo de control diario</i>	<i>Una pantalla donde registre los signos</i>
Test de Aceptación: <i>El paciente registra sus signos sin problema alguno.</i>	

Historia de Usuario 22

Historia de Usuario	
Número: HU-22	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Registro de condiciones</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Medio</i>
Puntos estimados: <i>7</i>	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	

Como paciente deseo poder registrar las condiciones actuales de mi persona, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.

Observaciones:

Prototipos o Mockup:

Por definir

Criterios de Aceptación:

Cuando

Espero

El paciente accede al módulo de control diario

Una pantalla donde registre las condiciones

Test de Aceptación:

El paciente registra sus condiciones sin problema alguno.

Historia de Usuario 23

Historia de Usuario	
Número: HU-23	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Registrar síntoma, signo o condición no listada</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Medio</i>
Puntos estimados: <i>7</i>	

Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder registrar algún síntoma, signo o condición no listada, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al módulo de control diario</i>	<i>Una pantalla donde registre algún síntoma, signo o condición no listada</i>
Test de Aceptación: <i>En caso de que tenga un síntoma, signo o condición no listada puede registrarlo sin problema.</i>	

Historia de Usuario 24

Historia de Usuario	
Número: HU-24	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Registro del nivel de saturación de oxígeno</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Medio</i>
Puntos estimados:	

7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder registrar mi nivel de saturación de oxígeno en la sangre, para que el médico tratante pueda tener un mejor diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede al módulo de control diario</i>	<i>Una pantalla donde registre su nivel de saturación de oxígeno en la sangre</i>
Test de Aceptación: <i>El paciente puede registrar su saturación de oxígeno sin problema.</i>	

Historia de Usuario 25

Historia de Usuario	
Número: HU-25	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia <i>Validación de control diario</i>	
Prioridad en negocio: <i>Alta</i>	Riesgo en desarrollo: <i>Medio</i>

Puntos estimados:	
7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción:	
<i>Como paciente deseo validar que solo debo enviar un control diario, para que el médico tratante no tenga dificultades al hacer un diagnóstico.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup:	
<i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente termine su control diario</i>	<i>No poder volver a registrar otro control hasta el próximo día</i>
Test de Aceptación:	
<i>El paciente no puede registrar dos controles diarios en un solo día.</i>	

Historia de Usuario 26

Historia de Usuario	
Número: HU-26	Usuario: Paciente
Nombre de la Historia	
<i>Editar datos generales del perfil</i>	
Prioridad en negocio:	Riesgo en desarrollo:

<i>Alta</i>	<i>Medio</i>
Puntos estimados: 7	
Programador responsable: <i>Por definir</i>	
Descripción: <i>Como paciente deseo poder ver mi perfil para modificar algún dato general, para que la información dada sea verídica en todos sus aspectos.</i>	
Observaciones:	
Prototipos o Mockup: <i>Por definir</i>	
Criterios de Aceptación:	
Cuando	Espero
<i>El paciente accede a su perfil</i>	<i>Tener la opción de editar datos</i>
Test de Aceptación: <i>El paciente puede cambiar datos de su perfil sin problema.</i>	

ANEXO N° 02

MODELO DE ENTREVISTAS PARA VALIDACIÓN Y RESULTADOS

DOCTOR:

1. ¿Cree que el análisis de audios le permita tener un mejor y rápido diagnóstico al momento de tratar un paciente?

2. ¿En qué tipo de enfermedades respiratorias sería factible aplicar la solución presentada?
3. ¿Le parece dificultoso usar el sistema administrativo web? ¿Qué mejoras le haría en caso de que fuera así?
4. Al usar esta solución para agilizar dichos tratamientos, ¿Cree que generaría una competencia o interés en otros médicos para aplicar la solución presentada?

PACIENTES:

¿CREE QUE EL USO DEL APLICATIVO MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE PROCESO O TRATAMIENTO? ¿POR QUÉ?	
Paciente 1	
.	
Paciente 10	

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL?	
Paciente 1	
.	
Paciente 6	

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?	
Paciente 1	
.	
Paciente 6	

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON TUS EXPECTATIVAS DE USO?	
Paciente 1	
.	
Paciente 6	

ANEXO N° 03

MODELO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE PRE Y POST IMPLEMENTACIÓN SEGÚN NORMA IEEE 29119 Y RESULTADOS EN PACIENTES Y DOCTOR

- Extremadamente Satisfecho: 5
- Muy satisfecho: 4
- Algo satisfecho: 3
- No tan satisfecho: 2
- Nada satisfecho: 1

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON LA FUNCIONALIDAD DEL SOFTWARE PARA EL USO DE CONTROL MÉDICO DIARIO?	
Paciente 1	4
Paciente 2	4
Paciente 3	4
Paciente 4	3
Paciente 5	2
Paciente 6	3
Paciente 7	5
Paciente 8	4
Paciente 9	4
Paciente 10	3

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON EL SERVICIO BRINDADO SIN EL SOFTWARE PARA EL USO DE CONTROL MÉDICO DIARIO?	
Paciente 1	3
Paciente 2	2
Paciente 3	2
Paciente 4	4
Paciente 5	3
Paciente 6	3
Paciente 7	2
Paciente 8	4
Paciente 9	3
Paciente 10	3

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON EL DISEÑO DE LA APLICACIÓN?	
Paciente 1	5
Paciente 2	5
Paciente 3	5
Paciente 4	5
Paciente 5	5
Paciente 6	4
Paciente 7	5
Paciente 8	4
Paciente 9	4
Paciente 10	5

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON ASISTIR AL CONSULTORIO DIARIAMENTE?	
Paciente 1	2
Paciente 2	3
Paciente 3	3
Paciente 4	2
Paciente 5	1
Paciente 6	3
Paciente 7	1
Paciente 8	1
Paciente 9	1
Paciente 10	3

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON LOS RESULTADOS DADOS POR LA APLICACIÓN?	
Paciente 1	4
Paciente 2	5
Paciente 3	4
Paciente 4	3
Paciente 5	4

Paciente 6	4
Paciente 7	4
Paciente 8	5
Paciente 9	3
Paciente 10	4

¿QUE TAN SATISFECHO ESTÁ CON LOS RESULTADOS DADOS POR SU CONTROL DIARIO EN CONSULTORIO?	
Paciente 1	4
Paciente 2	5
Paciente 3	5
Paciente 4	4
Paciente 5	4
Paciente 6	3
Paciente 7	2
Paciente 8	3
Paciente 9	4
Paciente 10	4

DEL 1 AL 5, ¿QUE PUNTAJE CONSIDERA PARA RECOMENDAR LA APLICACIÓN A OTRAS PERSONAS?	
Paciente 1	4
Paciente 2	4
Paciente 3	2
Paciente 4	3
Paciente 5	4
Paciente 6	4
Paciente 7	5
Paciente 8	5
Paciente 9	4
Paciente 10	3

DEL 1 AL 5, ¿QUE PUNTAJE CONSIDERA PARA RECOMENDAR EL SERVICIO DEL DR EN CONSULTORIO A OTRAS PERSONAS?	
Paciente 1	4
Paciente 2	4
Paciente 3	5
Paciente 4	4
Paciente 5	4
Paciente 6	4
Paciente 7	5
Paciente 8	5
Paciente 9	4
Paciente 10	4

ANEXO N° 04

RESULTADOS DE ENTREVISTAS PARA VALIDACIÓN EN PACIENTES

PACIENTE #1 (P.J.A.V. – 21 años)

¿CREE QUE EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE, Y POR QUÉ? ¿QUE TAN DISPUESTO ESTA USTED A INSTALAR ESTA APLICACIÓN? ¿QUÉ TAN DISPUESTO ESTA PARA QUE REALICE EL MONITOREO BAJO LA INDICACION DEL DOCTOR?

- Si, porque es más factible para nosotros ya que no es necesario asistir a un centro médico para que se analicen los síntomas
- Estoy dispuesto
- Según lo indique el doctor no habría problema

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL, Y POR QUÉ?

Es intuitivo, porque es más interactivo y es más fácil poder llevar el control

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?

Es muy importante ya que podemos verificar los avances o la situación actualizada en la que se encuentra la enfermedad

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON SUS EXPECTATIVAS DE USO?

- Las tildes en algunas pantallas
- Falta integrar conceptos básicos de términos médicos
- En lugar de poner el concepto básico, un botón que diga que es y redirija a una página web que diga el concepto

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL DASHBOARD O PANTALLA PRINCIPAL. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Me parece interesante porque da un diagnóstico del día anterior que está validado por el doctor

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL CONTROL DE AUDIO. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

El botón de pausar en el control de audio está de mas

PACIENTE #2 (C.M.B.C. – 21 años)

¿CREE QUE EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE, Y POR QUÉ? ¿QUE TAN DISPUESTO ESTA USTED A INSTALAR ESTA APLICACIÓN? ¿QUÉ TAN DISPUESTO ESTA PARA QUE REALICE EL MONITOREO BAJO LA INDICACION DEL DOCTOR?

- Si, porque es una forma más práctica, ahorra tiempo y si es efectiva puede ser una gran herramienta para prevenir varias enfermedades
- Si un familiar tuviera y pasaría con el doctor, si lo instalaría
- Claro, si es que el doctor me dijo que yo estoy mal y que lo tengo que hacer, también depende un poco de la severidad de la enfermedad

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL, Y POR QUÉ?

Si, porque está todo muy detallado y están bien ubicados los elementos, los pasos son fáciles, es bueno en el caso de las personas mayores

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?

Es muy importante, porque se evitarían enfermedades o muertes que, como en este caso, si se pueden controlar y evitar, las personas que están predispuestas tienen que hacerse este control

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON SUS EXPECTATIVAS DE USO?

- Que se enseñara más información del doctor
- Tener la opción de crear una red de doctores, para que el paciente que lo use se pueda guiar

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL DASHBOARD O PANTALLA PRINCIPAL. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Es simple y cumple con su objetivo, de informar los resultados, aunque podrían agregarse más cosas, más detalles

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL CONTROL DE AUDIO. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Le agregaría la función de poder escuchar el audio

PACIENTE #3 (A.A.T.C. – 21 años)

¿CREE QUE EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE, Y POR QUÉ? ¿QUE TAN DISPUESTO ESTA USTED A INSTALAR ESTA APLICACIÓN? ¿QUÉ TAN DISPUESTO ESTA PARA QUE REALICE EL MONITOREO BAJO LA INDICACION DEL DOCTOR?

- Si ayuda, ahorita por el tema de la pandemia y el COVID, debe haber más gente que quiera cuidarse y prevenirse de enfermedades, para que se cuiden y se protejan de la enfermedad
- Yo si estaría dispuesto, porque tengo familiares con riesgo y yo también padezco de asma
- Solamente bajo las indicaciones del doctor

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL, Y POR QUÉ?

Si, está fácil de acceder, te indica que poner y es fácil de usar

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?

Para una persona con enfermedades respiratorias, es importante que se revise según lo que dicte el doctor, en mi caso sería de mucha importancia

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON SUS EXPECTATIVAS DE USO?

- Más animaciones para que se vea más amigable

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL DASHBOARD O PANTALLA PRINCIPAL. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Está bien, es funcional

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL CONTROL DE AUDIO. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Poner una imagen de referencia para las personas mayores, para que se puedan guiar

PACIENTE #4 (M.A.T.A. – 22 años)

¿CREE QUE EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE, Y POR QUÉ? ¿QUE TAN DISPUESTO ESTA USTED A INSTALAR ESTA APLICACIÓN? ¿QUÉ TAN DISPUESTO ESTA PARA QUE REALICE EL MONITOREO BAJO LA INDICACION DEL DOCTOR?

- Si, porque en esta condición del COVID no se puede salir mucho y la aplicación facilita para que saber cómo vas
- Bastante, porque me enfermo seguido
- Bastante, para poder observar mi seguimiento y mejoras progresivas

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL, Y POR QUÉ?

Si, porque me guía en todo lo que debo responder, si hay algo extra lo puedo poner y me dirige

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?

Si es importante porque debes ver el seguimiento y evolución de tu tratamiento, para ver como mejores o si sigues igual

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON SUS EXPECTATIVAS DE USO?

- Explicar en un paréntesis conceptos médicas

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL DASHBOARD O PANTALLA PRINCIPAL. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Agregarle más color, permitir personalización por parte del paciente, el resto está bien, los resultados de ayer están y que me pueda mostrar resultados anteriores

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL CONTROL DE AUDIO. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

La idea está bien, no le agregaría ni le quitaría nada

PACIENTE #5 (N.L.B. – 24 años)

¿CREE QUE EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL PARA LLEVAR UN CONTROL PAULATINO O DIARIO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA AYUDARÁ EN LA MEJORA DE ESTE, Y POR QUÉ? ¿QUE TAN DISPUESTO ESTA USTED A INSTALAR ESTA APLICACIÓN? ¿QUÉ TAN DISPUESTO ESTA PARA QUE REALICE EL MONITOREO BAJO LA INDICACION DEL DOCTOR?

- Si, porque a veces puedo sentir que empeoro o a veces no recuerdo bien cuando veo algunas citas, no recuerdo la fecha de ciertos síntomas
- Muy dispuesto
- Dependiendo de cómo me sienta, si estoy en crisis o pasando por medicación es muy posible que siga haciendo los controles para ver la mejoría

¿LE PARECE INTUITIVO EL USO DE LA APLICACIÓN MÓVIL DESDE EL INICIO DE SESIÓN HASTA LA REALIZACIÓN COMPLETA DEL CONTROL, Y POR QUÉ?

Si, es muy fácil y te guía por los pasos sin hacer mucho, los botones están grandes y es fácil elegir

¿QUE TAN IMPORTANTE CREE QUE ES TENER UN CONTROL DIARIO O PAULATINO DE SU ENFERMEDAD RESPIRATORIA?

Es importante porque así me ayuda a saber si el tratamiento que estoy teniendo con mi condición va mejorando o no

¿QUE MEJORAS LE HARÍA A LA APLICACIÓN MÓVIL PARA QUE CUMPLA CON SUS EXPECTATIVAS DE USO?

- Cambiar el termino médico por uno más entendible
- Al momento de grabar, que los botones de control de audio sean más visibles y que se muestre cuando se está grabando, no solo letras

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL DASHBOARD O PANTALLA PRINCIPAL. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

Muy bonita, le agregaría un modo oscuro, porque el fondo blanco es muy brillante a veces

UNA VEZ VISTA LA PANTALLA DEL CONTROL DE AUDIO. ¿QUE COMENTARIOS O MEJORES TIENE SOBRE LA MISMA?

La idea está bien y me gustaría saber si solamente se almacena los audios o si el médico o algún programa lo analiza y si me manda una respuesta ahí mismo