



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO
ESCOM

Trabajo Terminal

“Herramienta de apoyo para la caracterización de la
Retinopatía Diabética No Proliferativa”

2015-B059

Presentan

Miguel Angel Avendaño Vargas
Lizbet Cristina Bautista Gómez
Stephany Juárez Rojas

Directores

M. en C. José David Ortega Pacheco
Dr. Flavio Arturo Sánchez Garfias

Abril 2016

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

No. TT: 2015-B059

Abril 2016

Documento Técnico

“Herramienta de apoyo para la caracterización de la Retinopatía Diabética No Proliferativa”

Presentan

Miguel Angel Avendaño Vargas ¹

Lizbet Cristina Bautista Gómez ²

Stephany Juárez Rojas ³

Directores

M. en C. José David Ortega Pacheco

Dr. Flavio Arturo Sánchez Garfias

Resumen:

El presente escrito contiene la documentación desarrollada en TT1 de la herramienta de apoyo a oftalmólogos para la caracterización de la Retinopatía Diabética No Proliferativa (RDNP), mediante el análisis de imágenes y reconocimiento de patrones en estudios de fondo de ojo, la cual permitirá la administración de información de los médicos que laboran en el consultorio y de los pacientes que solicitan atención médica para la detección de RDNP.

Palabras clave:

Análisis de imágenes, Reconocimiento de Patrones, Retinopatía Diabética.

¹michael_blackbolita@hotmail.com

²lbautistag1200@alumno.ipn.mx

³sjuarezr0901@alumno.ipn.mx

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Problemática	2
1.3. Trabajo previo	3
1.4. Solución propuesta	7
1.5. Objetivos	7
1.6. Justificación	8
1.7. Organización Documento	9
2. Retinopatía Diabética	11
2.1. Introducción	11
2.1.1. Anatomía ocular	12
2.2. Tipos de Retinopatía	15
2.3. Retinopatía Diabética No Proliferativa	16
3. Procesamiento Digital de Imágenes	18
3.1. Introducción	18
3.2. Sistemas de procesamiento digital de imágenes	24
3.3. Pasos fundamentales en el procesamiento digital de imágenes	26
4. Reconocimiento de patrones	32
4.1. Introducción	32
4.2. Sistemas de reconocimiento de patrones	33
4.3. Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones	33
4.4. Enfoques de reconocimiento de patrones	34
5. Estructura general de la herramienta	36
5.1. Requerimientos funcionales	36
5.2. Requerimientos no funcionales	37
5.3. Descripción de actores	39
5.4. Módulos	40
5.5. Diagrama MVC y tecnologías	43

6. Subsistema Administración de Datos	45
6.1. Requerimientos funcionales	45
6.2. Requerimientos no funcionales	46
6.3. Reglas del negocio	46
6.4. Diagrama de casos de uso	51
6.5. Descripción de casos de uso	52
6.5.1. CU1 Iniciar Sesión	53
6.5.2. CU2 Recuperar Contraseña	56
6.5.3. CU3 Gestionar Médico	58
6.5.4. CU4 Registrar Médico	59
6.5.5. CU5 Visualizar Médico	61
6.5.6. CU6 Actualizar Médico	62
6.5.7. CU7 Eliminar Médico	63
6.5.8. CU8 Gestionar Paciente	65
6.5.9. CU9 Registrar Paciente	67
6.5.10. CU10 Visualizar Paciente	69
6.5.11. CU11 Actualizar Paciente	70
6.5.12. CU12 Eliminar Paciente	72
6.5.13. CU13 Gestionar Perfil	73
6.5.14. CU14 Actualizar Perfil	74
6.5.15. CU15 Gestionar Expediente	76
6.5.16. CU16 Registrar Consulta	78
6.5.17. CU17 Visualizar Consulta	80
6.5.18. CU18 Actualizar Consulta	81
6.5.19. CU19 Eliminar consulta	83
6.5.20. CU20 Generar Reporte de Consultas	84
6.5.21. CU21 Subir Imagen	85
6.5.22. CU22 Visualizar Imagen	86
6.5.23. CU23 Eliminar Imagen	87
6.6. Interacción con usuarios	88
6.6.1. Estructura general de diseño	88
6.6.2. Lista de interfaces de usuario	89
6.6.3. Lista de mensajes	91
6.6.4. Funcionalidad	94
6.7. Modelo de Base de Datos	115
6.8. Diagrama de clases	116
6.9. Diagramas de secuencia	118
6.9.1. Inicio de Sesión	118
6.9.2. Gestión de Médicos	119
6.9.3. Gestión de Pacientes	122
6.9.4. Gestión de Expediente	123
6.10. Implementación	126

6.11. Pruebas	127
7. Subsistema de Análisis de Imágenes	157
7.1. Requerimientos funcionales	157
7.2. Requerimientos no funcionales	158
7.3. Reglas del negocio	158
7.4. Diagrama de casos de uso	160
7.5. Descripción de casos de uso	160
7.5.1. CU24 Configurar Imagen(es) Ojo	161
7.5.2. CU25 Analizar Imagen	163
7.5.3. CU26 Generar Reporte Resultados de Análisis	165
7.5.4. CU27 Guardar Resultados de Análisis	166
7.5.5. CU28 Generar Pre-diagnóstico	167
7.6. Interacción con usuarios	168
7.6.1. Lista de interfaces de usuario	168
7.6.2. Funcionalidad	168
7.7. Modelo de Base de Datos	175
7.8. Diagrama de clases	176
7.9. Diagramas de secuencia	178
7.9.1. DS13. Analizar Imagen	178
7.9.2. DS14. Guardar Resultados del Análisis	180
7.9.3. DS15. Generar Reporte de Resultados del Análisis	181
8. Módulo de Pre-procesamiento	182
8.1. Introducción	182
8.2. Solución Propuesta	183
8.3. Implementación	185
8.4. Pruebas	189

Índice de figuras

1.1. Retina con Retinopatía Diabética [2].	2
1.2. Diagrama de la solución propuesta	7
2.1. Comparación anatomía del ojo y cámara fotográfica [19].	13
2.2. Globo ocular [20].	13
2.3. Diagrama esquemático de los fotorreceptores [21].	14
2.4. Cuadrantes del Ojo [?].	15
2.5. Imágenes fondo de ojo: a)RDNP leve con microaneurisma y exudados, b)RDNP moderada con hemorragias retinales y exudados, c)RDNP severa con hemorragias retinales severas [24].	17
3.1. Convención de ejes de una imagen [25].	18
3.2. Efecto de las operaciones más comunes[28].	22
3.3. Top-Hat o sombrero de copa blanco[28].	22
3.4. Bot-Hat o sombrero de copa negra[28].	23
3.5. Componentes de un Sistema de Procesamiento de Imágenes [26].	24
3.6. Pasos fundamentales en el Procesamiento Digital de Imágenes [26].	26
3.7. Adquisición de una imagen [30].	27
3.8. Realce de una imagen [30].	27
3.9. Restauración de una imagen [30].	28
3.10. Procesamiento de una imagen en color [30].	28
3.11. Ondeletas de una imagen [30].	29
3.12. Compresión de una imagen [30].	29
3.13. Proceso morfológico en una imagen [30].	30
3.14. Segmentación de una imagen [30].	30
4.1. Diagrama de un Sistema de Reconocimiento de Patrones [32].	33
5.1. Diagrama de Módulos.	40
5.2. Diagrama aplicación web en 3 capas.	43
5.3. Diagrama MVC.	44
6.1. Diagrama de Casos de Uso: Administración de Datos	51
6.2. Estructura general de diseño de la aplicación web.	88

6.3.	Modelo Entidad-Relación Administración de Datos	115
6.4.	Modelo Relacional Administración de Datos	115
6.5.	Diagrama de Clases Administración de Datos	117
6.6.	Iniciar Sesión.	118
6.7.	Recuperar Contraseña.	119
6.8.	Gestionar Médico.	120
6.9.	Registrar Médico.	120
6.10.	Visualizar Médico.	121
6.11.	Actualizar Médico.	121
6.12.	Eliminar Médico.	122
6.13.	Gestionar Expediente.	123
6.14.	Registrar Consulta.	124
6.15.	Visualizar Consulta.	124
6.16.	Actualizar Consulta.	125
6.17.	Eliminar Consulta.	125
6.18.	Interfaz Inicio de Sesión.	128
6.19.	Interfaz Menú Administrador.	128
6.20.	Interfaz Recuperar Contraseña.	129
6.21.	Correo electrónico Recuperación de Contraseña	130
6.22.	Interfaz Gestión de Médicos.	131
6.23.	Interfaz Formulario Registro de Médico.	132
6.24.	Interfaz Registro de Médico con éxito.	133
6.25.	Interfaz Visualizar Médico.	134
6.26.	Interfaz Actualizar Médico.	135
6.27.	Actualiza datos del Médico	135
6.28.	Interfaz Actualizar Médico con éxito.	136
6.29.	Confirmación eliminación de Médico.	137
6.30.	Eliminación Médico.	137
6.31.	Interfaz Gestión de Pacientes.	138
6.32.	Interfaz Formulario Registro Paciente.	140
6.33.	Interfaz Registro Paciente con éxito.	140
6.34.	Interfaz Visualizar Paciente.	141
6.35.	Interfaz Actualizar Paciente.	142
6.36.	Interfaz Formulario Actualizar Paciente con éxito.	143
6.37.	Confirmación eliminación de Paciente.	144
6.38.	Eliminación Paciente.	144
6.39.	Interfaz Gestión de Perfil.	145
6.40.	Actualización de Perfil.	146
6.41.	Actualización de Perfil con éxito.	147
6.42.	Interfaz Gestión de Expedientes.	148
6.43.	Interfaz Registro de Consulta.	149
6.44.	Selección de imagen(es) registro de Consulta.	149

6.45. Registro de Consulta con éxito.	150
6.46. Interfaz Visualizar Consulta.	151
6.47. Interfaz Actualizar Consulta.	152
6.48. Actualizar Consulta con éxito.	152
6.49. Confirmación eliminación de Consulta.	153
6.50. Eliminación Consulta.	154
6.51. Reporte Consultas.	155
6.52. Visualizar Imagen.	156
7.1. Diagrama de Casos de Uso: Análisis de Imágenes	160
7.2. Modelo Entidad-Relación Análisis de Imágenes	175
7.3. Modelo Relacional Análisis de Imágenes	175
7.4. Diagrama Clases Análisis de Imágenes	176
7.5. Archivo de Información Microaneurismas	177
7.6. Archivo de Información Exudados	177
7.7. Analizar Imagen.	178
7.8. Realizar Análisis Imagen	179
7.9. Generar Pre-diagnóstico Imagen.	180
7.10. Guardar Resultados del Análisis.	181
7.11. Generar Reporte de Resultados del Análisis	181
8.1. Diagrama de bloques de pre-procesamiento.	183
8.2. Selección de imagen.	186
8.3. Cambio de parámetros.	187
8.4. a) Normalización de tamaño. b) Canal “Intensidad” del espacio de color HSI. c) Reducción de ruido.	187
8.5. d) Detección y ocultamiento de disco óptico. e) Homogeneización de iluminación. f) Atenuación de reflejos indeseados.	188
8.6. g) Resaltar red arterial. h) Transformación al espacio de color RGB.	188
8.7. Prueba de Normalización al 10 %.	189
8.8. Pruebas de Normalización al 20 %.	189
8.9. Pruebas de Normalización al 40 %.	189
8.10. Prueba 1 de Conversión a HSI.	190
8.11. Prueba 2 de Conversión a HSI.	190
8.12. Prueba 3 de Conversión a HSI.	190
8.13. Prueba 4 de Conversión a HSI.	191
8.14. Prueba 1 de reducción de ruido con 10 % de ruido.	191
8.15. Prueba 2 de reducción de ruido con 30 % de ruido.	192
8.16. Prueba 3 de reducción de ruido con 50 % de ruido.	192
8.17. Prueba 4 de reducción de ruido con 70 % de ruido.	192
8.18. Prueba 1 de ocultamiento de disco óptico.	193
8.19. Prueba 2 de ocultamiento de disco óptico.	193
8.20. Prueba 3 de ocultamiento de disco óptico.	193

8.21. Prueba 4 de ocultamiento de disco óptico.	194
8.22. Prueba 1 de homogeneización de iluminación.	194
8.23. Prueba 2 de homogeneización de iluminación.	194
8.24. Prueba 3 de homogeneización de iluminación.	195
8.25. Prueba 4 de homogeneización de iluminación.	195
8.26. Prueba 1 de atenuación de reflejos indeseados.	196
8.27. Prueba 2 de atenuación de reflejos indeseados.	196
8.28. Prueba 3 de atenuación de reflejos indeseados.	196
8.29. Prueba 4 de atenuación de reflejos indeseados.	197
8.30. Prueba 1 de resaltamiento de red arterial.	197
8.31. Prueba 2 de resaltamiento de red arterial.	198
8.32. Prueba 3 de resaltamiento de red arterial.	198
8.33. Prueba 4 de resaltamiento de red arterial.	198
8.34. Conversión 1 a RGB y resultado final.	199
8.35. Conversión 2 a RGB y resultado final.	199
8.36. Conversión 3 a RGB y resultado final.	199
8.37. Conversión 4 a RGB y resultado final.	200

Índice de tablas

1.1. Trabajo previo: Trabajos terminales y tesis	4
1.2. Trabajo previo: Publicaciones de detección de Retinopatía Diabética	5
1.3. Trabajo previo: Sistemas comerciales de Retinopatía Diabética	6
2.1. Escala de Severidad de la RDNP (adaptada del ETDRS)	17
3.1. Entrada y salida de los niveles de PDI	20
6.1. Resumen de Casos de Uso: Administración de Datos	52
7.1. Resumen de Casos de Uso: Análisis de Imágenes	160

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

El análisis de imágenes es un conjunto de técnicas orientadas a la extracción de información cuantitativa en imágenes digitales. Dicho procedimiento nos permite realizar la detección o reconocimiento de objetos, separando aquellos factores que sean de nuestro interés e identificando las características que posee, para su posterior procesamiento.

Estas técnicas pueden ser utilizadas en distintas áreas de investigación, entre ellas la médica, la cual resulta de sumo interés. El estudio de imágenes digitales en medicina tiene como objetivo proporcionar herramientas computacionales que asistan al especialista en la toma de decisiones, basándose en la cuantificación y visualización de las patologías de interés y sus estructuras anatómicas. Por ende, el análisis de imágenes se puede aplicar en la caracterización de enfermedades, por ejemplo: la diabetes.

La diabetes es una enfermedad que compromete múltiples órganos y afecta el sistema visual, dentro de éste último la retina es el tejido que sufre las consecuencias más devastadoras, lo cual se conoce como Retinopatía Diabética (RD). Esta enfermedad es una de las causas principales de ceguera, ocurre cuando la diabetes daña a los pequeños vasos sanguíneos de la retina, el cual es el tejido sensible a la luz situado en la parte posterior del ojo. La Retinopatía Diabética se puede clasificar en:

- Retinopatía Diabética No Proliferativa (RDNP). Los cambios que se producen en ese tipo de retinopatía, están limitados a la retina y no pasan más allá de la membrana limitante de ésta. Además es la etapa más temprana de la RD.
- Retinopatía Diabética Proliferativa (RDP). En este tipo de retinopatía las lesiones sobrepasan la retina, y puede afectar tanto la visión central como la periférica, causando una pérdida de la visión más severa que la RDNP [1].

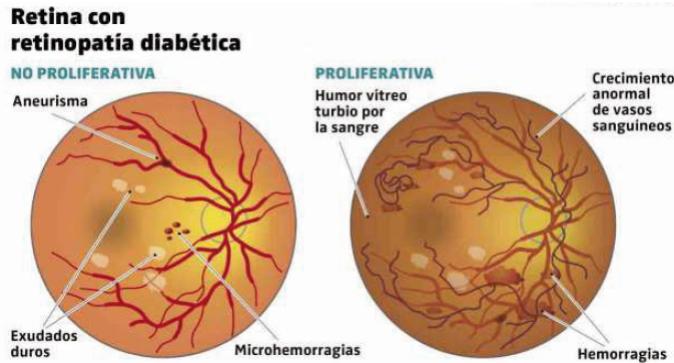


Figura 1.1: Retina con Retinopatía Diabética [2].

La RDNP presenta tres síntomas característicos:

- Microaneurismas. Pequeñas protuberancias en los vasos sanguíneos de la retina que con frecuencia dejan escapar líquidos.
- Hemorragias. Son pequeñas manchas de sangre que entran en la retina.
- Exudados. Depósitos de lípidos blancos o blanco amarillentos [3].

1.2. Problemática

El problema principal de la Retinopatía Diabética radica en que suele ser asintomática en su fase inicial, razón por la cual la persona se da cuenta que la padece cuando los cambios en la retina son graves, provocando síntomas como: visión borrosa, pérdida gradual de agudeza visual, manchas, sombras o áreas de visión perdidas, así como dificultades en la visión nocturna.

Un examen completo de la vista es de suma importancia para la detección de esta enfermedad, el cual incluye: la medición de la agudeza visual, la presión intraocular (PIO) y el examen o exploración del fondo de ojo. Las imágenes obtenidas durante la realización de este último estudio son esenciales en la detección y diagnóstico de la Retinopatía Diabética, ya que el especialista (oftalmólogo u optometrista) las analiza detalladamente para identificar los rasgos característicos. Sin embargo, en ocasiones la calidad de la imagen no es adecuada para emitir un diagnóstico certero, además de que los rasgos al ser pequeños, son difíciles de identificar, si el especialista presenta fatiga visual, puede emitir un diagnóstico erróneo.

Debido a lo anterior, se han desarrollado herramientas computacionales que permiten analizar las imágenes de fondo de ojo de manera automática o semi-automática, brindando apoyo al especialista médico en el análisis de las imágenes, facilitando así la toma de decisiones al momento de

emitir su diagnóstico. No obstante, la mayoría de estas herramientas no satisfacen de manera integral las necesidades de los especialistas, debido a que no analizan los signos requeridos, o bien, no le proporcionan un pre-diagnóstico con base a la información empleada para la clasificación de la enfermedad. En el caso de los proyectos realizados en instituciones educativas permiten en su mayoría la detección de una sola característica de la RDNP, a diferencia de los sistemas comerciales, los cuales analizan al menos dos de ellas. Sin embargo, es importante destacar que, éstos últimos están disponibles a un alto precio, incluso algunos ni siquiera lo hacen de conocimiento público.

Además del problema relacionado con el análisis de las imágenes de fondo de ojo para la caracterización de dicha enfermedad, tanto hospitales como consultorios médicos oftalmológicos requieren gestionar una gran cantidad de información e imágenes, pero en su mayoría las herramientas diseñadas para el análisis de imágenes no permiten la administración de los datos de médicos ni de pacientes.

La problemática anterior se puede resumir con la siguiente pregunta: ¿Se puede desarrollar una herramienta que cuente con un módulo administrativo que además permita analizar en imágenes de fondo de ojo por lo menos dos signos característicos de la RDNP y generar un pre-diagnóstico?

1.3. Trabajo previo

Con la finalidad de ayudar a detectar características de la Retinopatía Diabética, se han desarrollado trabajos terminales a nivel licenciatura, así como aplicaciones comerciales e investigaciones. A continuación se presentan algunos de ellos:

- **Trabajos terminales y tesis**

La Tabla 1.1 contiene información acerca de algunos de los trabajos terminales realizados en ESCOM para la detección y clasificación de los síntomas característicos de la RDNP. Así como una tesis de maestría del Centro de Investigación en Computación (CIC).

- **Artículos de investigación**

Algunas investigaciones que abordan el tema de la Retinopatía Diabética son presentadas en la Tabla 1.2.

- **Sistemas comerciales**

La Tabla 1.3 contiene información acerca de algunos sistemas comerciales realizados para la detección y clasificación de los síntomas característicos de la RDNP.

Concepto	Descripción
Trabajo terminal	[2004-0790] “Detección y clasificación de hemorragias en imágenes oftalmoscópicas de retina humana”
Autores	Selene Ramírez Acuayte y Carlos David Tejeda Sánchez
Resumen	Detecta eficientemente las hemorragias del tipo puntiforme, en forma de mancha, de flama o astilla y subretinianas, con base en técnicas de segmentación por morfología matemática, logrando resultados de hasta un 90 % de efectividad.[4]
Trabajo terminal	[2004-0807] “Detección y clasificación de exudados en imágenes oftalmoscópicas de retina humana”
Autores	Grissel Espinosa Castañeda y Gabriela Filomeno Anaya
Resumen	Detecta y clasifica automáticamente los exudados duros y los suaves o algodonosos. Normaliza en tamaño las imágenes en colores y las pre-procesa para mejorarlas; segmenta la papila óptica, la mácula lútea y los exudados; los clasifica en duros y algodonosos y determina sus características (número, tamaño y posición) utilizando técnicas de morfología matemática. Alcanza resultados del 92 % de efectividad.[5]
Trabajo terminal	[2005-0850] “Detección y clasificación de microaneurismas en imágenes oftalmoscópicas de retina humana”
Autores	Amado Demesa Arévalo, Omar Arturo Villegas Argota y Manuel Alejandro Vega Munguía
Resumen	Realiza la segmentación de los microaneurismas utilizando técnicas de morfología matemática para realizar dos tipos de análisis: global y local. Se lograron resultados por encima del 55 % de efectividad. [6]
Trabajo terminal	[2009-0141] “Clasificación de padecimientos de Retinopatía Diabética mediante la segmentación de imágenes y memorias asociativas”
Director	Luna Benoso Benjamín et al.
Resumen	Este trabajo consiste en detectar dos lesiones particulares de la enfermedad: hemorragias y exudados, por medio del análisis de imágenes para determinar si el paciente padece o no Retinopatía Diabética, haciendo uso de memorias asociativas.[7]
Tesis	[B061054] “Desarrollo de Sistema de Análisis de Retinas Humanas”
Autor	Iván Ríos Hernández.
Resumen	Desarrollo de sistema de imágenes oftalmoscópicas de retina para la detección de afecciones: microaneurismas, hemorragias, drusas y exudados.[8]

Tabla 1.1: Trabajo previo: Trabajos terminales y tesis

Concepto	Descripción
Investigación	Automatic prediction of Diabetic Retinopathy and Glaucoma through retinal image analysis and data mining techniques.
Autores	Ramani, R.G. Balasubramanian, L. Jacob, S.G.
Resumen	Este trabajo propone un enfoque computacional para la detección automática de enfermedades haciendo uso de técnicas de análisis de imagen y de minería de datos para clasificar con precisión las imágenes de la retina como: retina normal, retinopatía diabética y glaucoma. Se analizaron dieciséis algoritmos que contribuyen a proporcionar mejores resultados.[9]
Investigación	A survey on automated microaneurysm detection in Diabetic Retinopathy retinal images.
Autores	Agrawal, A. Bhatnagar, C. Jalal, A.S.
Resumen	En este artículo se revisan y analizan técnicas, algoritmos y metodologías utilizadas para la detección de microaneurismas de retinopatía diabética en imágenes del fondo de ojo de la retina.[10]
Investigación	A method to assist in the diagnosis of early diabetic retinopathy: Image processing applied to detection of microaneurysms in fundus images.
Autores	Rosas, R. Martínez, J. Hernández, J. Uribe, L.
Resumen	Propone un nuevo enfoque para la detección de microaneurismas basado en la reducción de la iluminación no uniforme, la normalización del contenido de la imagen en escala de grises, binarización de la imagen y aplicación de la transformada de Radon. Se presentan teorías, resultados, retos y resultados relacionados con el método de detección propuesto. [11]

Tabla 1.2: Trabajo previo: Publicaciones de detección de Retinopatía Diabética

Concepto	Descripción
Sistema	Retinal Analysis Tool
Compañía	Advanced Concepts in Imaging Software(ADCIS)
Descripción	Sistema capaz de procesar imágenes a color del fondo del ojo enfocadas en la degeneración macular y Retinopatía Diabética. Dicha herramienta mejora la calidad visual de la imagen aplicando operaciones de filtrado; detecta microaneurismas, exudados y hemorragias.[12]
Sistema	RetSoftPlus
Compañía	Computer Research Institute of Montreal (CRIM)
Descripción	Diseñado específicamente para el análisis de imágenes de retina. Los datos son almacenados en carpetas que contienen las imágenes originales del paciente; detecta dos de las estructuras anatómicas de la retina, el disco óptico y la mácula, y dos de las lesiones, los microaneurismas y los exudados.[13]
Sistema	Retinopathy Image Search and Analysis (RISA)
Compañía	Oak Ridge National Laboratory
Descripción	Tecnología desarrollada para el análisis y búsqueda de imágenes con Retinopatía Diabética haciendo uso del método basado en el contenido de recuperación de imágenes (CBIR). [14]

Tabla 1.3: Trabajo previo: Sistemas comerciales de Retinopatía Diabética

1.4. Solución propuesta

La solución inicial propuesta de la aplicación a desarrollar está dividida en dos subsistemas fundamentales, como se muestra en la Figura 1.2.

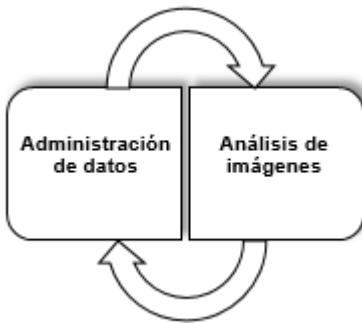


Figura 1.2: Diagrama de la solución propuesta

A continuación se describen de manera general las funciones de cada apartado:

Administración de Datos: La aplicación permitirá realizar diferentes gestiones de datos, entre ellas están: la gestión de pacientes que solicitan atención médica para la detección de RDNP, la gestión de médicos y la gestión del perfil de los usuarios. Por último, se incluirá la gestión de expedientes, donde se registrará información de las consultas efectuadas y se podrán asociar imágenes de fondo de ojo del paciente para su posterior análisis, siendo el análisis de imágenes el siguiente subsistema a describir.

Análisis de Imágenes: En este apartado se realizarán las funciones necesarias para obtener un pre-diagnóstico de RDNP que sirva de apoyo al médico en la detección de dicha enfermedad. Durante el análisis, se llevarán a cabo las etapas de pre-procesamiento, segmentación, extracción de características y clasificación de una imagen de fondo de ojo para caracterizar la Retinopatía Diabética No Proliferativa. Los resultados obtenidos serán presentados al médico por medio del subsistema de Administración de Datos.

1.5. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una herramienta de apoyo a oftalmólogos para caracterizar la Retinopatía Diabética No Proliferativa, mediante el análisis de imágenes y reconocimiento de patrones en imágenes de fondo de ojo.

Objetivos específicos

1. Determinar los rasgos característicos de la RDNP que la aplicación será capaz de analizar.
2. Seleccionar y utilizar los algoritmos de pre-procesamiento necesarios para resaltar los detalles de interés presentes en las imágenes de fondo de ojo.
3. Identificar en las imágenes aquellos elementos de la retina importantes para la detección de la RDNP.
4. Determinar el o los algoritmos adecuados para la detección y extracción de las características seleccionadas de la RDNP.
5. Analizar qué información del paciente y resultado obtenido del análisis de la RDNP son relevantes para la generación de un reporte médico junto con los comentarios del especialista.
6. Determinar los elementos que deberán ser gestionados respecto a los médicos, pacientes y expedientes clínicos.

1.6. Justificación

La diabetes hace que la Retinopatía Diabética sea una de las causas más frecuentes de casos nuevos de ceguera en diversos países, razón por la cual se ha convertido en un verdadero problema de salud pública. De todas las manifestaciones de la diabetes, la Retinopatía Diabética debido a la incapacidad visual que produce es sin duda la de mayor importancia.

Se estima que aproximadamente 25 % de la población diabética evoluciona con formas graves de Retinopatía Diabética No Proliferativa. La prevalencia de cualquier tipo de retinopatía en la población se correlaciona con la duración o tiempo de evolución de la diabetes. Esta prevalencia es de 12 % en pacientes con diabetes de menos de 10 años de evolución; de 26 a 30 % en sujetos con diabetes de 10 a 14 años de estar presente; de 65 % en individuos con diabetes entre 15 a 24 años de duración, elevándose la prevalencia casi a 90 % en pacientes con más de 25 años de evolución de esta enfermedad.[3]

Una vez desarrollado tal padecimiento es imposible su retroceso aunque puede detenerse su evolución, es por ello la importancia de la detección de los signos que permitan la caracterización de la retinopatía, permitiendo así al especialista diagnosticar y tratar adecuadamente dicha enfermedad, ya que de lo contrario podría ocasionar la pérdida total de la visión. El desarrollo de la herramienta propuesta, pretende servir de apoyo a oftalmólogos en la caracterización de la RDNP, al permitir la identificación de sus rasgos característicos, esto debido a que es la primera etapa y el caso más común de la Retinopatía Diabética, lo cual representa el 80 % de todos los casos, además es poco

probable que se produzca Retinopatía Diabética Proliferativa en ausencia de la No Proliferativa.

La herramienta a desarrollar, permitirá a los especialistas analizar las imágenes del fondo de ojo de manera automatizada o semi-automatizada, con lo cual se busca agilizar este proceso de manera significativa, ya que los especialistas continuamente analizan manualmente una gran cantidad de imágenes de la retina. Un aspecto importante es que, la herramienta no solo beneficiará a especialistas, sino que de manera indirecta a las personas que padecen diabetes, el cual es un sector significativo de la población, se estima que la prevalencia es de 2 a 4 % de la población general, y se calcula que el 4 % de diabéticos niega o desconoce padecer la enfermedad, debido a que no muestra señales evidentes, los cambios en la retina son conocidos por el paciente cuando han progresado a un nivel grave.

Por lo descrito anteriormente, se puede observar que la herramienta a desarrollar es multidisciplinaria, ya que requiere de conocimiento en diversas áreas, entre las cuales destacan medicina, oftalmología, análisis de imágenes, reconocimiento de patrones, entre otras áreas involucradas en Ing. en Sistemas Computacionales.

1.7. Organización Documento

El presente documento está conformado por 8 capítulos, los cuales se mencionan a continuación:

Capítulo 1. Introducción

En este capítulo se expone el contexto del trabajo, la problemática identificada, así como los trabajos previos relacionados con el Trabajo Terminal presente, los cuales involucran otros trabajos terminales, tesis, artículos de investigación y sistemas comerciales. Además, se indica de manera general la solución propuesta para el problema planteado, los objetivos y la justificación de la herramienta a desarrollar.

Capítulo 2. Retinopatía Diabética

El capítulo presenta los conceptos y definiciones básicas de Retinopatía Diabética, contiene información de la anatomía ocular y tipos de retinopatía, especialmente información sobre Retinopatía Diabética No Proliferativa, que es el tema central a tratar.

Capítulo 3. Análisis de Imágenes

En este apartado se presenta información referente al análisis y procesamiento digital de imágenes, enfocándonos en los componentes de un sistema de procesamiento digital y los pasos fundamentales que éste involucra.

Capítulo 4. Reconocimiento de patrones

En el capítulo se presenta una introducción acerca del reconocimiento de patrones, los componentes que constituyen un sistema de este tipo, así como sus distintos enfoques.

Capítulo 5. Estructura General de la Herramienta

Se indica de manera general cuáles son los requerimientos funcionales y no funcionales que la herramienta deberá satisfacer conforme las necesidades del cliente, así como las reglas del negocio identificadas según los procesos llevados a cabo en un consultorio médico en particular; se describen los actores del sistema, así como sus funciones principales.

Así bien, se indica que, la herramienta se conformará por dos subsistemas principales: Administración de Datos y Análisis de Imágenes, indicando sus respectivos módulos en el diagrama correspondiente.

Capítulo 6. Subsistema Administración de Datos

Este capítulo contempla el análisis y diseño para el subsistema de Administración de Datos, el cual será el encargado de gestionar la información referente a la gestión de usuarios (Administrador y Médicos), pacientes y consultas.

En dicha sección se presentan los requerimientos funcionales, los requerimientos no funcionales, las reglas del negocio específicas para el subsistema, así como el diagrama de casos de uso y su descripción. A su vez, se muestra la interacción del usuario, el modelo de base de datos, diagrama de clase, diagramas de secuencia, implementación y las pruebas que corroboran su funcionamiento.

Capítulo 7. Subsistema Análisis de Imágenes

Este capítulo contempla el análisis y diseño para el subsistema de Análisis de Imágenes, el cual será el encargado de caracterizar signos de Retinopatía Diabética No Proliferativa y generar un pre-diagnóstico que sirva de apoyo al oftalmólogo.

Contiene los requerimientos funcionales, los requerimientos no funcionales y las reglas del negocio específicas para el subsistema; el diagrama y descripción de casos de uso. Se muestra la interacción del usuario, las modificaciones requeridas del modelo de base de datos, diagrama de clase y diagramas de secuencia.

Capítulo 8. Módulo Pre-procesamiento

El presente capítulo contiene el detalle del primer módulo del subsistema de Análisis de Imágenes: Pre-procesamiento. Se indica la solución propuesta para mejorar la calidad de las imágenes de fondo de ojo y resaltar los detalles de interés, así como la implementación y pruebas para corroborar su funcionamiento.

Capítulo 2

Retinopatía Diabética

2.1. Introducción

Aunque el ojo es denominado a menudo el órgano de la visión, en realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico. La luz visible (al ojo humano) tiene longitudes de onda de 380nm (violeta) a 780nm (rojo)[15]. La luz es una onda electromagnética que tiene propiedades de ondas y de partículas (fotones)a mayor longitud de onda, menor frecuencia y menor energía. El ojo humano es el órgano anatómico que recoge en su interior la estructura sensible que hace posible el inicio del complejo proceso de la visión, es un sistema óptico positivo o convergente que forma una imagen invertida del mundo externo sobre la capa sensible de la retina, situada al fondo del globo ocular.

El globo ocular es un órgano par situado a ambos lados del plano sagital, protegido por grasa y tejidos blandos y por las paredes óseas que componen las cavidades orbitarias, donde además del globo ocular se alojan el nervio óptico, los músculos oculares, la glándula lagrimal, vasos y nervios [16].

La retina es la capa más interna del ojo, y contiene las células nerviosas sensibles a la luz y las fibras que se conectan con el cerebro a través del nervio óptico. La retina está fijada en su lugar a través de la presión de un gel (cuerpo vítreo) dentro del ojo. La retina es una capa de tejido en la parte posterior del ojo que percibe la luz y envía las imágenes al cerebro. En el centro de este tejido nervioso se encuentra la mácula. La mácula permite enfocar la vista hacia el centro y la agudeza necesaria para leer, conducir y ver claramente los detalles [17]. Las enfermedades de la retina afectan este importante tejido. Puede afectarle la vista y algunas pueden ser lo suficientemente graves como para causar ceguera, entre ellas se encuentra la Retinopatía Diabética, la cual es la principal manifestación del compromiso ocular en los pacientes diabéticos. Desde el punto de vista oftalmológico, es un problema de salud pública de gran magnitud, ya que esta es una de las principales causas de ceguera en adultos en el mundo occidental. La Retinopatía Diabética ocurre cuando la diabetes daña a los pequeños vasos sanguíneos de la retina, el cual es el tejido sensible a la luz

situado en la parte posterior del ojo.

La Retinopatía Diabética es la principal causa de ceguera en adultos con edad productiva (entre 40 a 60 años de edad), en países como los Estados Unidos de Norteamérica y en México. Se trata de una enfermedad progresiva y asintomática hasta los estadios avanzados, como resultado de un daño vascular que se caracteriza por aumento de permeabilidad y daño capilar. El riesgo de ceguera en pacientes diabéticos es aproximadamente 25 veces mayor al resto de la población, de forma que 98 % de los diabéticos tipo 1 y el 60 % de los tipo 2, sufren Retinopatía Diabética en algunos de sus grados después de 20 años de evolución de su enfermedad [18].

La Retinopatía Diabética es la tercera causa de ceguera irreversible en el mundo, pero la primera en personas de edad productiva (16 a 64 años) en países en vías de desarrollo, generando grandes pérdidas económicas, por esto, es importante desarrollar herramientas de apoyo para la detección temprana de alguna Retinopatía. Si bien la Retinopatía Diabética no afecta la visión hasta etapas muy tardías, por lo cual, es necesaria la educación temprana del paciente para no descuidar sus controles sanitarios, evitando con ello alteraciones irreversibles que llevan a la ceguera.

2.1.1. Anatomía ocular

En el ojo los principios de formación de la imagen son los mismos que los de un sistema óptico convencional. La luz entra en el ojo a través de la córnea, para ser enfocada en la retina después de la refracción en la córnea, el elemento refractivo de mayor potencia, y la lente del cristalino (Véase Figura 2.1) [17]. Haciendo una analogía, el funcionamiento del ojo humano es muy similar al de una cámara fotográfica, esta comparación es usada dado que las estructuras de ambos sistemas son muy semejantes, donde la lente de la cámara y su análogo en el ojo (córnea, pupila y cristalino) tienen como función hacer que la luz que incide a través de éstas, enfoque en un sólo punto, la película fotográfica o la retina, respectivamente.

Esta información se transmite al cerebro a través del nervio óptico, el cual conecta al ojo con el cerebro. Para que la córnea y el lente trabajen en forma óptima deben ser perfectamente transparentes y tener las curvaturas adecuadas, de no ser así, la imagen proporcionada será defectuosa o no enfocará en el sitio apropiado.

El globo ocular, esfera de unos 24 mm de diámetro anteroposterior, está formado de fuera a dentro por tres capas concéntricas:

1. La exterior es la túnica fibrosa o córneo-escleral que se compone de dos segmentos esféricos; el anterior la córnea, es la porción más pequeña y prominente; el posterior es la esclerótica. Revistiendo los párpados por su cara posterior (interior) y parte de la esclera anterior (por su exterior) está la conjuntiva, membrana en la que se vierte la secreción lagrimal que participará en la nutrición y protección de las capas superficiales de la córnea.
2. La capa intermedia (úvea) es la túnica vascular, la componen por delante, el iris, por detrás,

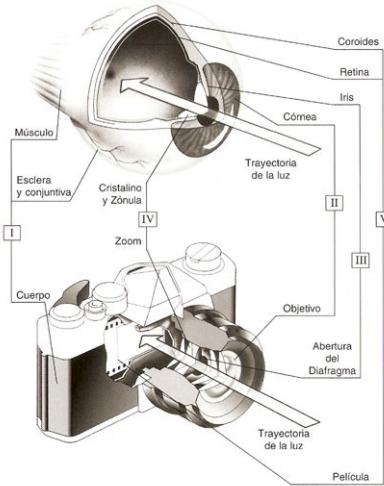


Figura 2.1: Comparación anatomía del ojo y cámara fotográfica [19].

la coroides, y la unión de ambos, un engrosamiento que se conoce con el nombre de cuerpo ciliar.

3. La capa interna, túnica nerviosa es la retina, que se continúa por delante con la capa profunda del cuerpo ciliar y del iris.

En la Figura 2.2 se muestra el corte transversal del ojo humano y sus elementos:

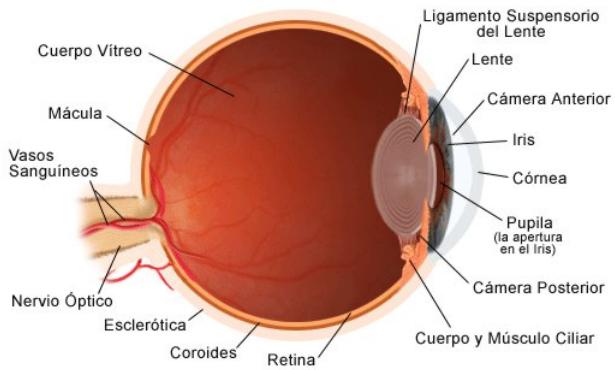


Figura 2.2: Globo ocular [20].

Entre las diversas estructuras oculares, en este capítulo solo se explicarán las partes anatómicas que son más relevantes para la herramienta a desarrollar.

La **retina** se extiende sobre la superficie interna de la parte posterior del globo ocular hasta casi el cuerpo ciliar, internamente está en contacto con el cuerpo vítreo y externamente con la coroides. Su estructura es muy compleja tanto anatómica como funcionalmente ya que se trata de una prolongación del sistema nervioso central donde comienza el proceso de análisis de la información luminosa. Desde un punto de vista óptico, la retina es la pantalla sobre la que se forma la imagen. Se puede considerar como parte de una superficie esférica cóncava con un radio de curvatura alrededor de -12 mm. Esta curvatura se aproxima a las condiciones ópticas ideales para obtener una mayor eficacia de la visión periférica. La retina contiene dos tipos de fotorreceptores; bastones y conos (Figura 2.3), los cuales son los responsables de la transducción de la luz en impulsos eléctricos nerviosos y la transmisión de estos impulsos al cerebro, donde serán interpretados como imágenes.

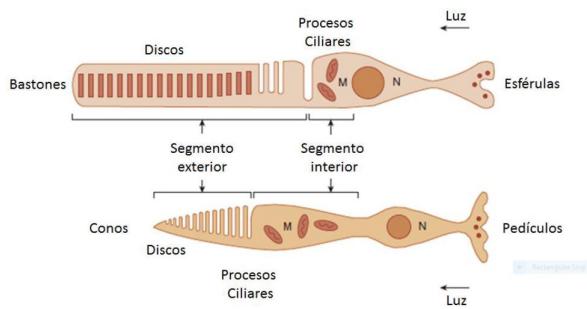


Figura 2.3: Diagrama esquemático de los fotorreceptores [21].

Los **bastones** y **conos** constituyen dos sistemas distintos que operan a diferentes niveles de luminancia. Los conos son responsables de la visión diurna y los bastones funcionan con la débil luz que está presente en el crepúsculo y en la oscuridad.

La zona de la retina de entrada del nervio óptico se llama **disco óptico o papila óptica**. En ella no hay conos ni bastones y por lo tanto representa un punto ciego en el campo visual del sujeto.

La **mácula** se caracteriza por tener una coloración un poco más amarillenta que el resto de la retina y por la disminución notable del calibre de los vasos retinianos en esa región. Su centro se encuentra a 1.5 diámetros papilares.

La **fóvea** se localiza en el centro de la mácula, una región de 1.5 mm, donde la retina es más gruesa por tener mayor número de células ganglionares. La fóvea corresponde a la región de la retina con mayor sensibilidad.

El **fondo de ojo** es la parte posterior del interior del globo ocular que se observa a través de la pupila, está conformado por la retina, la papila óptica, los vasos sanguíneos, la mácula y la fóvea [16] [17].

En la Figura 2.4 se puede observar que, el fondo de ojo se divide por cuadrantes tomando como referencia el disco óptico:

- Temporal Superior
- Temporal Inferior
- Nasal Superior
- Nasal Inferior

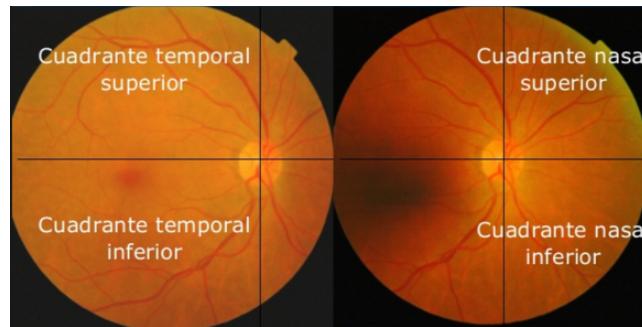


Figura 2.4: Cuadrantes del Ojo [?].

2.2. Tipos de Retinopatía

En la práctica clínica es necesaria una clasificación oftalmoscópica de la Retinopatía Diabética, fácilmente memorizable y reproducible por oftalmólogos y por todos los demás clínicos que han de tratar pacientes diabéticos. En la actualidad, existe una clasificación elaborada por un grupo multidisciplinario, el Global Diabetic Retinopathy Project Group (GDRPG), cuya publicación en 2003 por la Academia Americana de Oftalmología se ha convertido en el estándar de trabajo para una práctica clínica de calidad. Esta clasificación está basada en el trabajo realizado por el Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), por lo se pueden encontrar publicaciones que trabajan con esta clasificación.

La clasificación actual de la Retinopatía Diabética evalúa de manera separada el edema macular y se divide en los siguientes estadios según ETDRS:

- Sin Retinopatía.
- Retinopatía Diabética No Proliferativa.
- Retinopatía Diabética Proliferativa [18].

Sin embargo, debido a que la herramienta a desarrollar será realizada para caracterizar la Retinopatía Diabética No Proliferativa, se especificará más a detalle este tipo de Retinopatía.

2.3. Retinopatía Diabética No Proliferativa

Los cambios que se producen en la RDNP están limitados a la retina y no pasan más allá de la membrana limitante interna de ésta. Los elementos característicos que se pueden apreciar en el examen oftalmoscópico comprenden microaneurismas, hemorragias intrarretinales en forma de manchas (dot-and-blot), edema retinal, exudados céreos o lipídicos (hard exudates), dilataciones venosas y rosarios venosos (venous beading), anomalías intrarretinales microvasculares (AMIR), manchas algodonosas (cotton-wool o soft), anomalías arteriales y áreas de cierre capilar.

Los cambios producidos en la retina de los pacientes con Retinopatía Diabética pueden ser detectados por profesionales calificados, como los oftalmólogos u optometristas a través del examen del fondo de ojo del paciente [22]. A continuación se enlistan los cambios patológicos que se presentan en este tipo de Retinopatía.

- **Microaneurismas (MA):** Primeros signos oftalmoscópicos de la RD se localizan en la capa nuclear interna de la retina, se observan como pequeños puntos rojos, redondeados, con bordes lisos bien definidos. Miden entre 15 y 125 micras. Localizados con mayor frecuencia en el lado temporal de la mácula. Se forman de capilares venosos y con mayor frecuencia de los arteriales.
- **Hemorragias Intrarretinales (H):** Se producen por ruptura de microaneurismas, capilares o vénulas, su forma depende de su localización en capas de la retina. Se dividen en:
 - Profundas: Localizadas en capas medias de la retina, son rojas, pequeñas y redondeadas, de bordes irregulares.
 - Superficiales: Son alargadas o en llama, se localizan en la capa de fibras nerviosas, se originan a partir de las arteriolas precapilares más superficiales.
- **Exudados Duros (ED):** Depósitos blancos o blanco amarillentos (céreos) con límites irregulares pero precisos, de tamaño variable se localizan entre la capa plexiforme externa y la nuclear interna. Depósitos extracelulares de lípidos y lipoproteínas. Se ven aislados o agrupados, en forma de estrella, anillo (parcial o completo) o placas compactas.
- **Exudados Blandos (Depósitos Algodonosos) (EB):** Redondeados u ovales, blanco amarillentos, de bordes imprecisos, localizados superficialmente en capa de fibras nerviosas, causadas por oclusión capilar a ese nivel, que determina la interrupción del flujo axoplásmico originado por la isquemia y la acumulación subsiguiente del material transportado, son en realidad microinfartos.
- **Anomalías Microvasculares Intrarretinianas (AMIR):** Alteraciones de la red capilar en forma de segmentos vasculares intrarretinales, dilatados y tortuosos alrededor o adyacentes a las zonas de no perfusión. Sus características son: localización interretiniana, ausencia de extravasación que derivan de vénulas retinianas y desarrollan asas de neocapilares que también drenan en una vénula retiniana [23].

Para exemplificar y observar de mejor manera las patologías de la Retinopatía Diabética se muestra la Figura 2.5, donde se observan los microaneurismas, exudados y hemorragias desde leves hasta más severas en distintas imágenes de fondo de ojo.

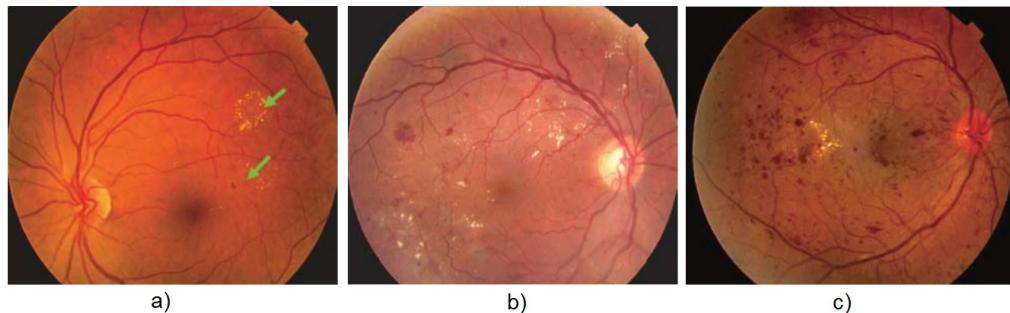


Figura 2.5: Imágenes fondo de ojo: a)RDNP leve con microaneurisma y exudados, b)RDNP moderada con hemorragias retinales y exudados, c)RDNP severa con hemorragias retinales severas [24].

En un intento por mejorar la comunicación entre los oftalmólogos, los médicos generales y especialistas involucrados en el cuidado de pacientes diabéticos, además de mejorar la comunicación entre los médicos a nivel mundial, en el año 2003 se publicó una nueva clasificación internacional para medir la severidad de la Retinopatía Diabética y Edema Macular. Esta clasificación se basa en datos recolectados a partir de diversos estudios clínicos y epidemiológicos de Retinopatía Diabética y simplifica la clasificación de RD del ETDRS mostrada en la Tabla 2.1 [24].

Severidad	Lesiones Presentes
Mínima	Sólo microaneurismas.
Leve Figura 2.5 a	Microaneurismas, hemorragias retinales, exudados duros.
Moderada Figura 2.5 b	RDNP leve más exudados algodonosos, más hemorragias, AMIR mínimo y/o rosarios venosos en 1 cuadrante.
Severa Figura 2.5 c	Presencia de una de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> ■ Hemorragias retinales/microaneurismas severas en los 4 cuadrantes. ■ Rosarios venosos en 2 o más cuadrantes. ■ AMIR severo en por lo menos 1 cuadrante.
Muy Severa	2 o 3 de las características de la RDNP severa

Tabla 2.1: Escala de Severidad de la RDNP (adaptada del ETDRS)

Capítulo 3

Procesamiento Digital de Imágenes

3.1. Introducción

Procesamiento Digital de Imágenes (PDI), hace referencia a procesar imágenes del mundo real de manera digital por medio de un equipo de cómputo. Es un campo de investigación muy amplio relacionado con otros tales como física, matemáticas, computación, así como el conocimiento cada vez mayor de ciertos órganos del cuerpo humano que intervienen en la percepción y en la manipulación de las imágenes.

El PDI estudia los fundamentos de la adquisición, procesamiento y despliegue de imágenes, su objetivo incluye desde el mejorar el aspecto de éstas hasta el análisis y reconocimiento de objetos.

La información que a continuación se presenta contiene conceptos básicos de dicha área:

Imagen

Una imagen puede ser definida como una función de dos dimensiones $f(x,y)$, donde x y y son coordenadas espaciales(planas), y la amplitud de f en cualquier par de coordenadas (x,y) se llama la intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto. La Figura 3.1 muestra la convención de coordenadas que se usará.

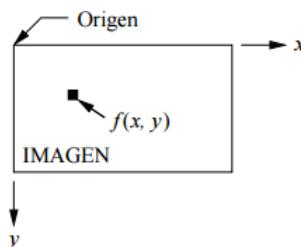


Figura 3.1: Convención de ejes de una imagen [25].

Imagen digital

Una imagen digital es una imagen $f(x, y)$ que ha sido discretizada en coordenadas espaciales y en brillo, es decir, los valores x y y , y los valores de intensidad de f son cantidades discretas.

Pixel

Un pixel es un elemento de una imagen digital, el cual posee una ubicación y valor en particular.

Procesamiento Digital de Imágenes

Como su nombre lo indica el Procesamiento Digital de Imágenes, hace referencia a procesar una imagen digital por medio de un equipo de cómputo.

Se pueden considerar 3 niveles de procesamiento: bajo, medio y alto nivel.

1. Bajo Nivel

Los procesos de bajo nivel implican operaciones primitivas como pre-procesamiento de imagen para reducir el ruido, la mejora del contraste, y nitidez de imagen.

Un proceso de bajo nivel se caracteriza por el hecho de que tanto sus entradas y salidas son imágenes.

2. Medio Nivel

El procesamiento de medio nivel en las imágenes implica tareas tales como la segmentación (particionar una imagen en regiones u objetos), descripción de esos objetos para reducirlos a una forma adecuada para el tratamiento computacional, y clasificación (reconocimiento) de los objetos individuales.

Un procesamiento de medio nivel se caracteriza por el hecho de que sus entradas son generalmente imágenes, pero sus salidas son atributos extraídos de esas imágenes (por ejemplo: bordes, contornos, y la identidad de los objetos individuales).

3. Alto Nivel

El procesamiento de alto nivel implica la interpretación de un conjunto de objetos reconocidos, el análisis de la imagen y funciones cognitivas normalmente asociadas con la visión.

La Tabla 3.1 muestra la entrada y salida correspondiente a cada uno de los niveles de PDI.

El PDI se puede dividir en dos categorías principales:

1. Métodos cuya entrada y salida son imágenes.
2. Métodos cuyas entradas pueden ser imágenes y las salidas son atributos extraídos de esas imágenes.

Es importante destacar que, existe una amplia gama de áreas donde el PDI se utiliza de manera rutinaria para la resolución de ciertos problemas, dependiendo de la fuente de energía, sean estas: rayos gamma, rayos X, banda ultravioleta, banda infrarroja, banda visible, microondas, radio, ultrasónico, etc [26].

Nivel	Métodos/Procesos	Entrada	Salida
Bajo	Reducción de ruido, realce de contraste, realce de características	Imagen	Imagen
Medio	Segmentación (regiones, objetos), descripción de objetos, clasificación o reconocimiento	Imagen	Atributos de objetos: bordes, contornos, áreas, identidades de objetos individuales.
Alto	Interpretación, Análisis de la imagen y Funciones cognitivas	Objetos encontrados	Ánalisis de la imagen (información, sentido a los objetos).

Tabla 3.1: Entrada y salida de los niveles de PDI

Espacios de colores

Los colores se pueden describir de muchas maneras diferentes, cada método basado en un espacio de color. Por ejemplo, el espacio de color RGB se basa en la creación de colores mediante la adición de cantidades variables de luz roja, verde y azul. A continuación se mencionarán tres de los espacios de colores más usados:

- **RGB:** Es un espacio de color aditivo, es decir, cuanto más rojo, verde y azul se agregue, más se parecerá el color al blanco. Cuando se mezcla la misma cantidad de rojo, verde y azul, siempre se obtiene un gris neutro. Los escáneres y los monitores se basan en el espacio de color RGB, por lo que se trata de un espacio natural para describir colores en un equipo, sobre todo cuando se trabaja con imágenes digitalizadas. El valor de cada canal (rojo, verde o azul) puede ir desde 0 (sin color) hasta 255 (color con la máxima saturación).
- **HLS:** Muchos consideran el espacio de color HLS más intuitivo porque define los colores en función del matiz, la claridad (o luminosidad) y la saturación. Para especificar un color, puede seleccionar su matiz en un espectro de arco iris, seleccionar su saturación (la pureza del color) y establecer su luminosidad (de claro a oscuro).
- **CMYK:** La impresión realizada por cada impresora y máquina de imprenta se basa en los tres colores primarios: cian, magenta y amarillo. éstos se denominan colores sustractivos porque cuanto más color se agrega, más se acerca al negro. El espacio CMYK es adecuado principalmente para la creación de imágenes que se van a imprimir[27].

Operaciones Morfológicas

El análisis de imágenes está basado en conceptos matemáticos que permiten describir cuantitativamente imágenes de distintos orígenes. La morfología matemática es una herramienta para extraer

componentes de una imagen útiles en la representación y descripción de regiones importantes (bordes, esqueletos, etc.).

El lenguaje de la morfología matemática es el de la teoría de conjuntos. Los conjuntos representarán la forma de los objetos en una imagen. En imágenes binarias, los conjuntos son miembros del espacio de enteros Z^2 , donde cada elemento de un conjunto es una tupla cuyas coordenadas son las coordenadas (x,y) de un píxel en una imagen.

Algunas operaciones básicas son:

Operaciones con conjuntos

Suponiendo que A y B son dos conjuntos de Z^2 , las más habituales son: Traslación de A por un elemento x, reflexión de A, complementario de A, unión de A y B, intersección de A y B y diferencia de A y B.

Transformaciones en todo o nada

Se elige un elemento B, de geometría conocida, llamado elemento de estructura. Este elemento se desplaza de modo que su origen pasa por todas las posiciones del espacio de la imagen X. Para cada posición, se plantea una cuestión relativa a la unión, la intersección o la inclusión de B en X. El conjunto de puntos correspondientes a las respuestas positivas forman un nuevo conjunto que constituye lo que se llama imagen transformada. El elemento de estructura tiene un papel relevante en la transformación. Algunas operaciones básicas de las transformaciones en todo o nada:

1. Erosión y Dilatación

La erosión y dilatación a pesar de su sencillez tiene una gran importancia pues da a lugar a otras transformaciones (apertura y cierre).

Se define la **erosión** de X mediante un elemento de estructura B, $E^{B(X)}$, como el conjunto de puntos x tales que, el conjunto que resulta de desplazar B por dichos puntos, está contenido en X. El resultado de la erosión en señales bidimensionales de escala de grises, es una señal de menor valor, es decir, una imagen oscura, puesto que la erosión pretende minimizar el valor de la señal que, en el caso de los grises, tiene una definición [0, 255].

Se define **dilatación** de un conjunto X, $D^{B(X)}$, como el conjunto de los x tales que al desplazar el elemento B por dichos puntos, B toca a X. El resultado de la dilatación en señales bidimensionales de escala de grises es, generalmente, una señal mayor de valor, es decir, una imagen más clara, puesto que a dilatación maximiza el valor de la señal.

Dilatar X es equivalente a erosionar X^C . Esta igualdad pone de manifiesto la dualidad existente entre ambas operaciones.

2. Apertura y Clausura

Tanto para señales unidimensionales como para señales bidimensionales utilizamos la misma expresión para la apertura y la clausura de dicha señal.

Se define la **apertura** de X, $O^{B(X)}$, mediante el elemento de estructura B como la dilatación del erosionado, es decir, el conjunto que resulta al realizar una erosión de X y B, y una dilatación del resultado con el elemento de estructura B. Esta transformación tiene un efecto

suavizante sobre la forma inicial de X, cortando las prolongaciones estrechas y suprimiendo las partes pequeñas aisladas, con el precio de perder detalles que poseía el conjunto original. Se define el cierre o **clausura** de X, $C^B(X)$, como el erosionado del dilatado, al igual que ocurría con la apertura, el conjunto resultante es menos rico en detalles que el original. El cierre elimina las pequeñas separaciones entre partículas, uniéndolas, y recubre los agujeros y los pequeños huecos.

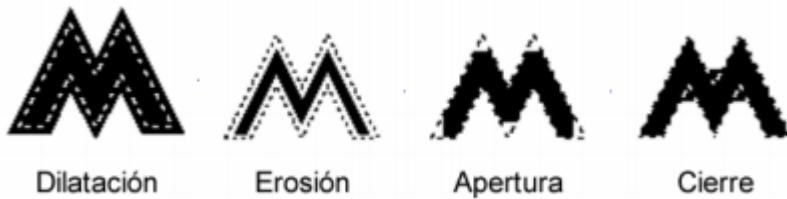


Figura 3.2: Efecto de las operaciones más comunes[28].

3. Top-Hat

La transformación de Top-Hat consiste en descubrir aquellas estructuras de la imagen que han sido eliminadas en el proceso de apertura o cierre. Con la elección de un elemento de estructura de forma, tamaño y orientación adecuada, es posible filtrar la imagen y eliminar determinados elementos en la imagen original. Esta trasformación puede ser vista como el residuo entre la identidad y la apertura morfológica. Existen dos tipos de Top-Hat: WTH Y BTH.

El **WTH** o sombrero de copa blanco o simplemente el Top-Hat es la resta entre la identidad y la apertura morfológica, el resultado de este tipo de transformación es no creciente, pues la imagen de salida es un subconjunto de la entrada.

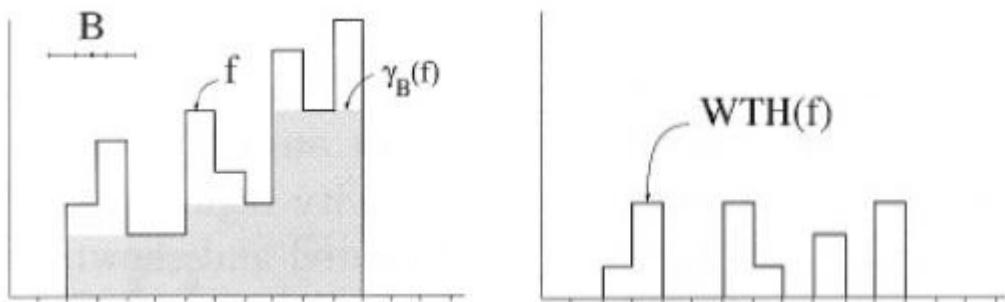


Figura 3.3: Top-Hat o sombrero de copa blanco[28].

El sombrero de copa negro o **BTH** se define como la resta entre el cierre morfológico y la imagen original[28].

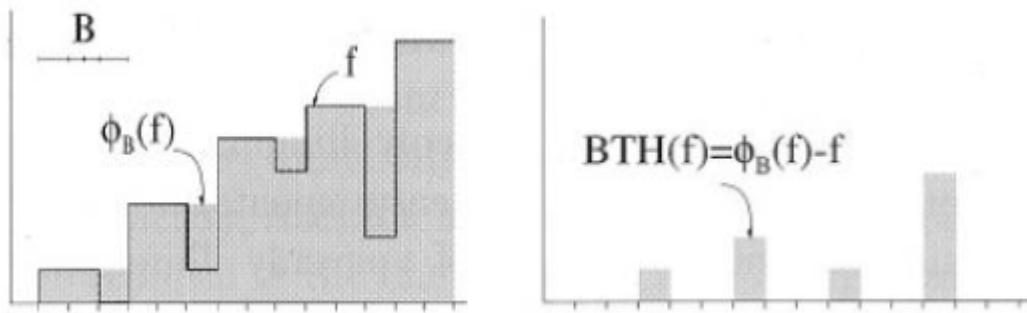


Figura 3.4: Bot-Hat o sombrero de copa negra[28].

Interpolación bilineal

Se necesita lograr cierta uniformidad entre las imágenes utilizadas, es decir, normalizar. Esta uniformidad involucra una limpieza de las imágenes eliminando ruido y estandarización de las dimensiones, debido al diverso tamaño de la imagen. Por lo mismo, se recurre a una técnica de tratamiento digital de imágenes conocida como la interpolación, que es el proceso de calcular valores numéricos desconocidos a partir de otros ya existentes mediante la aplicación de algoritmos concretos. En el caso de las imágenes la interpolación es el proceso de generar valores enteros para las posiciones de los píxeles. La interpolación genera un píxel circundante a éste. En este caso, habría de venir de alguna función fuente y sus píxeles circundantes. Hay numerosas técnicas de interpolación de niveles de gris. Algunas son, la interpolación de orden cero, que aproxima el valor del vecino más cercano; la interpolación por convolución cúbica, que ajusta una superficie de tipo senoidal por medio de un número mayor de vecinos, para obtener una estimación uniforme del nivel de gris en el punto deseado, y la interpolación bilineal, que usa los niveles de gris de los cuatro vecinos más próximos. Con la interpolación bilineal, se generan nuevos píxeles con la suma de los pesos de los cuatro vecinos más cercanos. El peso es determinado linealmente. Cada peso es directamente proporcional a la distancia de cada píxel existente. Sea (x', y') las coordenadas de un punto en la imagen ampliada, y sea $v(x', y')$ el nivel de gris asignado a él. Para la interpolación bilineal, el nivel de gris asignado está dado por:

$$V(x', y') = ax' + by' + cx'y' + d$$

Donde los cuatro coeficientes son determinados a partir de las cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas que pueden ser escritas usando los cuatro vecinos más cercanos del punto (x', y') [29].

3.2. Sistemas de procesamiento digital de imágenes

Un sistema de propósito general utilizado para el procesamiento de imágenes digitales debe contar con ciertos componentes básicos, los cuales se muestran en la Figura 3.5.

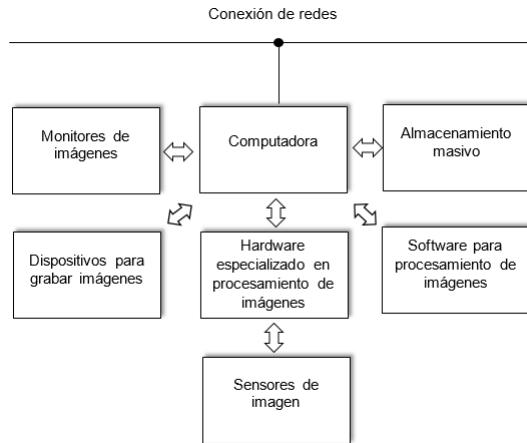


Figura 3.5: Componentes de un Sistema de Procesamiento de Imágenes [26].

1. *Sensor y digitalizador (Image sensors)*

El sensor es un dispositivo físico sensible a la energía radiada por el objeto del cual deseamos capturar la imagen.

Un digitalizador es un dispositivo para convertir la salida del sensor a forma digital. Por ejemplo, en una cámara de vídeo digital, los sensores producen una salida eléctrica proporcional a la intensidad de luz. El digitalizador convierte dichas salidas a datos digitales.

2. *Hardware especializado en procesamiento de imágenes (Specialized image processing hardware)*

Generalmente consiste del digitalizador antes mencionado y hardware encargado de realizar otras operaciones, tales como una unidad lógica aritmética (ALU), utilizada por ejemplo para obtener el promedio de imágenes tan rápidamente como son digitalizadas, con el propósito de reducir el ruido.

La principal característica de este hardware es la velocidad, pues son empleados en funciones que requieren el procesamiento de datos muy rápido, razón por la cual el equipo computacional principal no puede manejar.

3. *Computadora (Computer)*

La computadora en un sistema de procesamiento de imágenes es de propósito general y puede variar desde un PC a una supercomputadora.

4. *Software para procesamiento de imágenes (Image processing software)*

Para el procesamiento de imágenes se compone de módulos especializados que realizan tareas específicas.

5. Almacenamiento masivo (*Mass storage*)

La capacidad de almacenamiento masivo es una necesidad en aplicaciones de procesamiento de imágenes. Por ejemplo, una imagen de 1024 x 1024 pixeles donde la intensidad de cada pixel es de 8-bit requiere de 1MB de espacio si no está comprimida.

6. Monitores de imágenes (*Image displays*)

Los monitores son dispositivos que nos permiten desplegar y visualizar las imágenes, son una parte integral del sistema de procesamiento.

7. Dispositivos para grabar imágenes (*Hardcopy*)

Los dispositivos para la grabación de imágenes incluyen impresoras láser, cámaras de video, unidades de inyección de tinta y unidades digitales, tales como CD-ROM.

8. Conexión de redes (*Networking*)

Networking es una función predeterminada en la mayoría de los sistemas informáticos. Debido a la gran cantidad de datos en las aplicaciones de procesamiento de imágenes, el factor clave en la transmisión de imágenes es el ancho de banda [26].

3.3. Pasos fundamentales en el procesamiento digital de imágenes

En el tema 3.1 *Introducción* se observó que el procesamiento digital de imágenes se puede dividir en dos amplias categorías: métodos cuya entrada y de salida son imágenes y métodos cuyas entradas pueden ser imágenes, pero cuyas salidas son atributos extraídos de esas imágenes. Dicha organización se resume en la Figura 3.6.

El diagrama no implica que todos los procesos se efectúan en una imagen, su objetivo es mostrar una idea de todas las metodologías que pueden ser aplicadas a las imágenes para diferentes propósitos.

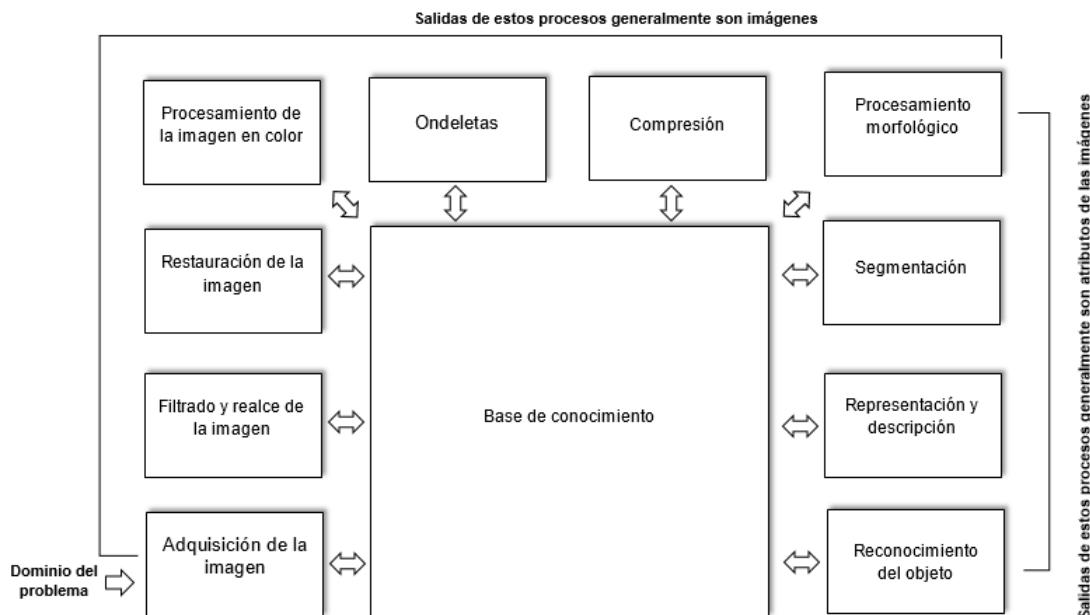


Figura 3.6: Pasos fundamentales en el Procesamiento Digital de Imágenes [26].

A continuación se describe cada uno de los pasos:

1. ***Adquisición de la imagen (Image acquisition)***

Es el proceso a través del cual se obtiene una imagen digital utilizando un dispositivo de captura como una cámara digital, video cámara, escáner, satélite, etc. Dichas imágenes son generadas por la combinación de una fuente de iluminación y la reflexión o absorción de energía de esa fuente por los elementos de la escena.

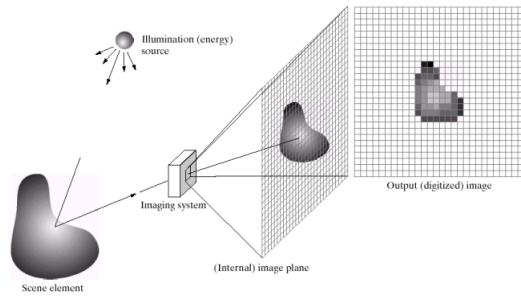


Figura 3.7: Adquisición de una imagen [30].

2. *Filtrado y realce de la imagen (Image filtering and enhancement)*

Es el proceso de manipulación de una imagen de modo que el resultado es más adecuado que el original para una aplicación específica. Por ejemplo, un método que es útil para mejorar las imágenes de rayos X puede no ser el mejor enfoque para la mejora de imágenes de satélite.

El realce de la imagen, no sólo implica el que la imagen en general se vea mejor, sino el resaltar aquellos detalles que son de nuestro interés dependiendo de la aplicación y del objetivo planteado. Por ende, el realce es subjetivo, ya que se basa en las preferencias personales con respecto a lo que constituye un resultado de mejora.

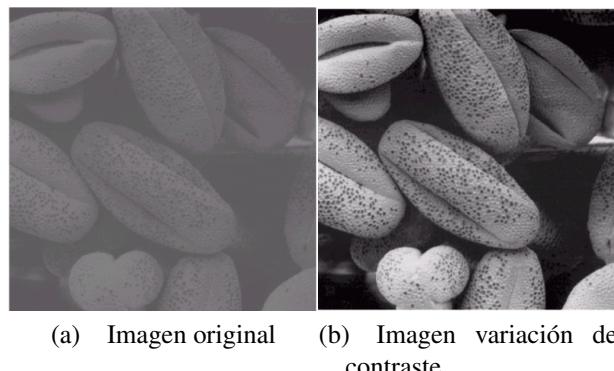


Figura 3.8: Realce de una imagen [30].

3. *Restauración de la imagen (Image restoration)*

La restauración de la imagen también se enfoca en mejorar la apariencia de una imagen. Sin embargo, a diferencia del realce (*enhancement*), que es subjetivo, la restauración de imágenes es objetivo, debido a que las técnicas de restauración tienden a basarse en modelos matemáticos probabilísticos o de degradación de la imagen. La Figura 3.9 muestra un ejemplo de la restauración de una imagen.

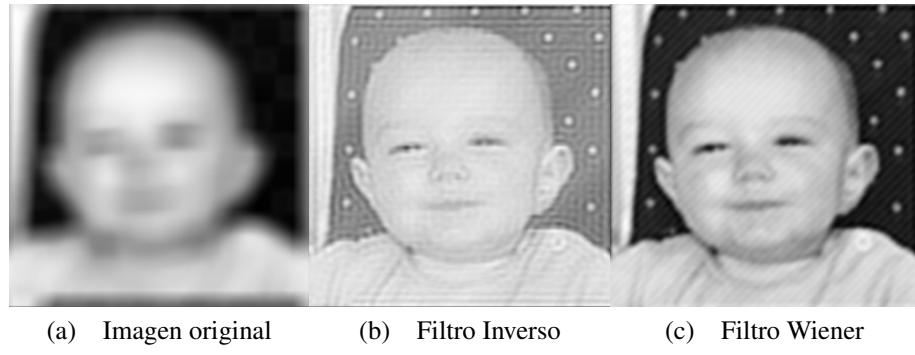


Figura 3.9: Restauración de una imagen [30].

4. Procesamiento de la imagen en color (Color image processing)

El procesamiento de la imagen en color puede proporcionar información adicional a la imagen en tonos de gris, dependiendo de la aplicación. Involucra:

- Fundamentos del color.
- Modelos básicos de color.
- Pseudocolor.
- Procesamientos básicos de imágenes en color.

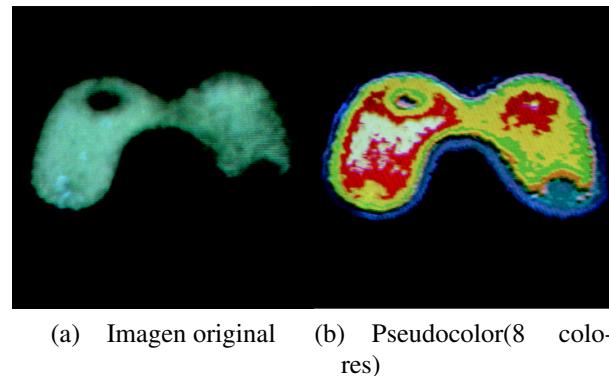
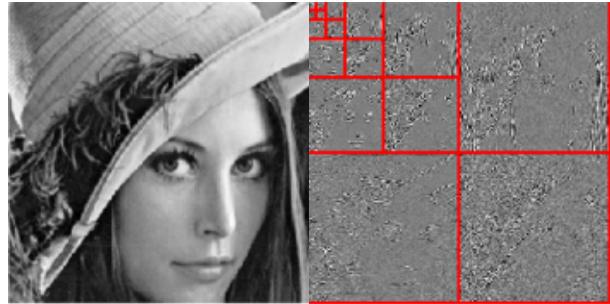


Figura 3.10: Procesamiento de una imagen en color [30].

5. Ondeletas(Wavelets)

Son la base para la representación de imágenes en diversos grados de resolución. Pueden ser utilizadas para:

- La compresión de datos de imagen.
- La representación piramidal, en la que se subdividen imágenes sucesivamente en regiones más pequeñas.



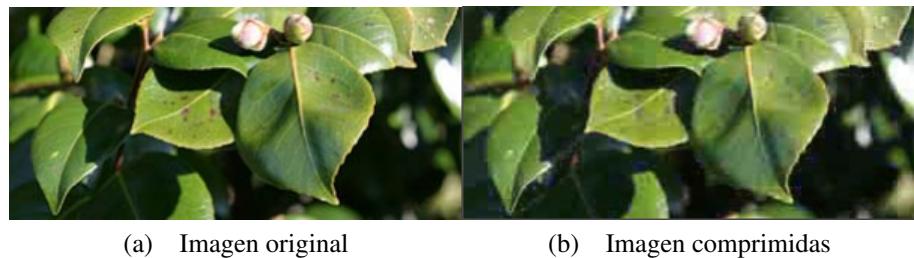
(a) Imagen original (b) Coeficientes Ondeletas

Figura 3.11: Ondeletas de una imagen [30].

6. *Compresión (Compression)*

La compresión de imágenes se trata como su nombre lo indica de comprimir la imagen con dos propósitos primordiales:

- Reducir su tamaño para su almacenamiento.
- Reducir su ancho de banda para su transmisión.



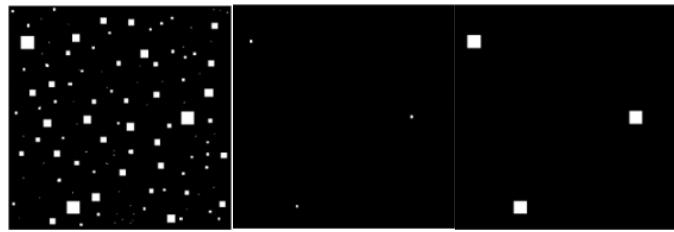
(a) Imagen original

(b) Imagen comprimidas

Figura 3.12: Compresión de una imagen [30].

7. *Procesamiento morfológico (Morphological processing)*

Los procesos morfológicos son el conjunto de herramientas usadas para extraer aquellos componentes de una imagen que son útiles para la representación y descripción de formas. Los operadores morfológicos que se utilizan son: erosión, apertura, dilatación y cerradura. Los cuales son útiles para la extracción de características de los objetos.

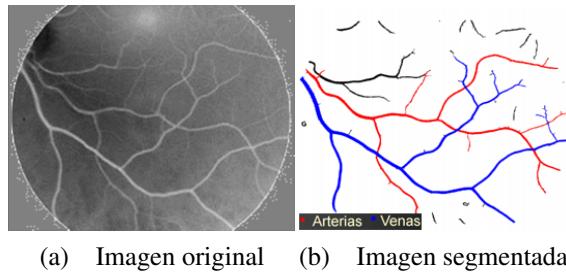


(a) Imagen con recuadros
1,3,5,7,9 y 15 pixeles
(b) Erosión de (a) con un elemento de estructura de 13 pixeles
(c) Dilatación de (b) con el mismo elemento de estructura

Figura 3.13: Proceso morfológico en una imagen [30].

8. Segmentación (*Segmentation*)

Los procedimientos de segmentación dividen una imagen en sus partes constituyentes u objetos. Se utiliza para extraer o aislar del resto de la imagen los objetos de interés para su posterior análisis. Entre más precisa sea la segmentación es más probable que el reconocimiento sea exitoso.



(a) Imagen original (b) Imagen segmentada

Figura 3.14: Segmentación de una imagen [30].

9. Representación y descripción (*Representation and description*)

La representación y descripción se realizan después de la segmentación. Para la *representación* se debe decidir entre 2 tipos:

- **Representación como bordes:**

Cuando el interés se encuentra en las propiedades externas del objeto tales como esquinas, inflexiones, etc.

- **Representación como regiones:**

Cuando el interés se encuentra en las propiedades internas del objeto como textura, forma, etc.

La elección de una representación es sólo una parte de la solución, se debe seleccionar un método para la descripción de los datos que permita destacar las características de interés. La *descripción*, también llamada selección de características, se ocupa de la extracción de atributos que se traducen en información cuantitativa de interés permitiendo diferenciar una clase de objetos de otra.

10. **Reconocimiento del objeto (Object Recognition)**

Es el proceso que permite asignar una etiqueta a un objeto, para ello hace uso de la información provista por los descriptores. Mediante el reconocimiento se asigna significado a un grupo de objetos ya identificados.

11. **Base de conocimiento (Knowledge database)**

El conocimiento acerca del dominio del problema está codificado dentro del sistema de procesamiento de imágenes en forma de base de datos de conocimiento.

La base de datos de conocimientos puede ser tan simple o tan compleja como se requiera:

- **Simple:** delimitando regiones de interés donde buscar la información.
- **Compleja:** definiendo una lista de características tomadas de diferentes contextos.

Además de guiar el funcionamiento de cada módulo de procesamiento, la base de conocimientos también controla la interacción entre módulos diferentes. En la figura 3.6 se puede apreciar el uso de flechas bidireccionales entre los módulos de procesamiento y la base de conocimientos, en lugar de existir flechas unidireccionales que una los módulos de procesamiento entre sí.[26]

Es importante destacar que, no todas las aplicaciones del PDI requieren de toda la complejidad de los procesos descritos. Inclusive varios módulos no son necesarios en muchos casos. En general, mientras la complejidad de una tarea de procesamiento de imagen crece, el número de procesos requeridos para resolver el problema también aumenta.

Capítulo 4

Reconocimiento de patrones

4.1. Introducción

La facilidad con la que nosotros reconocemos una cara, entendemos palabras, leemos caracteres manuscritos, identificamos nuestras llaves del carro en nuestro bolsillo sintiendo, y decidimos si una manzana está madura por su olor contradice lo asombrosamente complejo que es el proceso del reconocimiento de patrones [31].

El reconocimiento de patrones es una disciplina la cual su objetivo es la clasificación de objetos dentro de un número de categorías o clases. Dependiendo de la aplicación, estos objetos pueden ser imágenes o señales de cualquier tipo de medición que necesiten ser clasificadas [32].

La clasificación de patrones se diferencia de la prueba de hipótesis estadística clásica, en la que los datos detectados se utilizan para decidir si se rechaza o no una hipótesis nula en favor de algunas hipótesis alternativas. En contraste, dada cierta información, la clasificación de patrones busca encontrar la hipótesis más probable de un conjunto de hipótesis. La clasificación de patrones se diferencia, también, del procesamiento de imágenes. En el procesamiento de imágenes, la entrada es una imagen y la salida también es una imagen. Los pasos del procesamiento de imágenes a veces incluyen una rotación, ajustamiento de contraste, y otras transformaciones las cuales preservan toda la información original. La extracción de características, tales como la búsqueda de picos y valles de intensidad, pierden información pero preservan todo lo relevante para la tarea en cuestión.

Típicamente, nos referimos a la identificación de huellas dactilares, autentificación de firmas, recuperación de texto, reconocimiento de gestos y rostro como sistemas de reconocimiento de patrones. Pero las últimas aplicaciones recientemente han sido atraídas a mucho interés en la investigación y la inversión intentando facilitar la interacción humano-computadora y mejorar aún más el rol de las computadoras en la automatización, personalización automática de ambientes, etc [31].

4.2. Sistemas de reconocimiento de patrones

Un sistema de reconocimiento de patrones contiene:

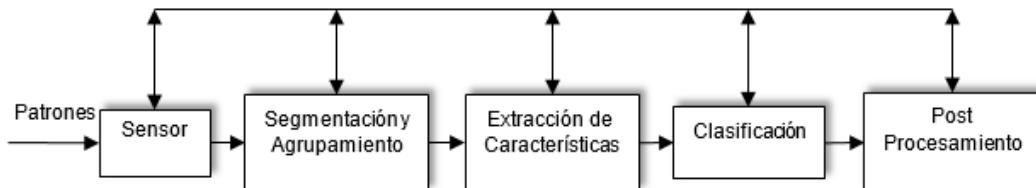


Figura 4.1: Diagrama de un Sistema de Reconocimiento de Patrones [32].

Sensor: Transductor o mecanismo que traduce algún tipo de energía normalmente mecánica en diferentes voltajes. Cada valor o diferencia es un dato y dependen o del tiempo o del espacio.

Segmentación y Agrupamiento: Seleccionar un algoritmo de segmentación que aislará los objetos individuales de la imagen. Luego de la segmentación se procede a analizar color, forma y posteriormente su validez.

Extracción de Características: Decidir qué propiedades de los objetos discriminan mejor y cómo medirlas. El objetivo es caracterizar objetos con medidas o cualidades cuyos “valores” tienden a ser similares.

Clasificación: Establecer las bases matemáticas del algoritmo de clasificación y escoger la estructura del clasificador que se usará. El objetivo en la operación de clasificación es utilizar un “vector” con las características provistas por el extractor para asignar el objeto (patrón) de la entrada a una categoría.

Post Procesamiento: Estimar las tasas de los posibles errores o aciertos al clasificar.

Como se muestra en la figura, las flechas bidireccionales o de retroalimentación, indican que las etapas no son independientes. Por lo contrario, están interrelacionadas y dependiendo de los resultados, uno puede volver a las primeras etapas para mejorar la ejecución general. Además, hay algunos métodos que se combinan en las etapas, por ejemplo, la extracción de características y la etapa de clasificación, tienen en común tareas de optimización [32].

4.3. Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

Recolección de datos: Probablemente es el componente que requiere más tiempo de un sistema del reconocimiento de patrones ya que no sabemos cuándo hemos recolectado una colección adecuada de ejemplos, ¿Cuántos ejemplos son suficientes? En tamaño, representatividad para entrenar

y probar el sistema.

Elección de características: Esta etapa es crítica para el éxito en un problema de reconocimiento de patrones, dependen del problema de clasificación, del sistema de visión que genera los datos y del costo de obtención de los datos. Las características a elegir deben ser simples de extraer, invariantes bajo transformaciones de la imagen e inmunes o resistentes al ruido de captación de la imagen.

Elección de modelo: Existen diferentes tipos de modelos y diferentes parámetros con los que jugar, donde el modelo es la forma de representar el patrón.

Entrenamiento: Dado un conjunto de atributos y un modelo “en blanco”, se debe adaptar el modelo para explicar los datos, existen varios procedimientos diferentes para entrenar los clasificadores, los cuales son:

- **Aprendizaje supervisado:** Un maestro provee una categoría o costo para cada patrón en el modo de entrenamiento y se busca reducir la suma de los costos de estos patrones.
- **Aprendizaje no supervisado:** No hay un maestro explícito y el sistema forma grupos o “grupos naturales” de los patrones de entrada.
- **Aprendizaje por esfuerzo:** La forma más típica de entrenar un sistema de reconocimiento de patrones es presentar una entrada, calcular su tentativa categoría, y el uso de una categoría conocida para mejorar el sistema.

Evaluación: En esta etapa se usan medidas de desempeño bajo un modelo, ya sea tasas de error o costos para poder conocer qué modelo nos conviene utilizar [31].

4.4. Enfoques de reconocimiento de patrones

Los principales enfoques de Reconocimiento de Patrones son los siguientes:

- **Enfoque estadístico-probabilístico**

Históricamente, una de las primeras herramientas empleadas en la solución de problemas de Reconocimiento de Patrones es la Estadística; utiliza el Análisis Discriminante, la Teoría Bayesiana de la Decisión, la Teoría de la Probabilidad y el Análisis de Agrupamientos (Cúmulos, cluster).

El enfoque estadístico es la más simple y consiste en representar cada patrón mediante un vector de números resultantes del muestreo y cuantificación de las señales externas, y cada clase por uno o varios patrones prototípico. Un patrón no es más que un punto del espacio de representación de los patrones, que es un espacio de dimensionalidad determinada por el número de variables consideradas.

■ Enfoque sintáctico-estructural

Otro de los enfoques importantes del Reconocimiento de Patrones es el que parte de la Teoría de los Lenguajes Formales. Su origen está relacionado con el reconocimiento de imágenes y señales. Su idea central consiste en suponer que estos objetos, una señal electrocardiográfica digamos por caso, se puede descomponer (físicamente) en elementos primarios, atómicos, (en pedazos de la misma) como si fueran las letras de un cierto alfabeto; y a partir de estas letras, teniendo en cuenta la señal completa, encontrar las reglas gramaticales que nos permitan formar la señal (como si estuviéramos armando un rompecabezas).

En otras palabras, el propósito es encontrar la gramática cuyo lenguaje estaría formado sólo por señales que estarían muy estrechamente vinculadas unas con las otras y aquellas señales que no tuviesen que ver con las primeras, responderían a gramáticas diferentes, por lo que pertenecerían a otro lenguaje.

■ Enfoque lógico-combinatorio

Creado en la antigua Unión Soviética, tiene como principal característica el poder trabajar con variables de todo tipo, aunque sus algoritmos suelen ser de complejidad alta. La Lógica Matemática, la Teoría de Testores, la Teoría Clásica de Conjuntos, la Teoría de los Subconjuntos Difusos, la Teoría Combinatoria, la Matemática Discreta en general, constituyen la base teórica-matemática en el que se desarrolla el denominado Enfoque Lógico-Combinatorio en Reconocimiento de Patrones.

Las ideas centrales de este enfoque consisten en suponer que los objetos se describen por medio de una combinación de rasgos numéricos y no numéricos, y los distintos valores pueden ser procesados por funciones numéricas

■ Enfoque neuronal

Se basa en modelos matemáticos de las neuronas biológicas, o dicho de otra forma, trata de emular la forma en cómo interactúan nuestras neuronas. Este enfoque supone que tiene una estructura de neuronas interconectadas que se estimulan unas a otras, las cuales pueden ser “entrenadas” para dar una cierta respuesta cuando se le presentan determinados valores [33].

Capítulo 5

Estructura general de la herramienta

La aplicación deberá satisfacer requerimientos funcionales y no funcionales al concluir su desarrollo, los cuales son necesarios para cumplir con las necesidades de nuestro cliente. Estos serán presentados a continuación, así como la descripción de los módulos principales identificados y cómo es que interactúan entre sí.

5.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales que la aplicación deberá satisfacer conforme a las necesidades del cliente son los siguientes:

RFG1. Inicio de sesión.

La aplicación manejará un inicio de sesión, identificando a un usuario con el perfil de médico o administrador.

RFG2. Gestión de Perfil.

La aplicación permitirá que un usuario pueda visualizar y actualizar la información de su perfil.

RFG3. Gestión de Médicos.

La aplicación permitirá la gestión de médicos, que involucra las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar la información de los registros correspondientes.

RFG4. Gestión de Pacientes.

La aplicación permitirá la gestión de pacientes, que involucra las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar los registros.

RFG5. Gestión de Expedientes.

La aplicación brindará la opción de gestionar los expedientes de los pacientes, los cuales contienen información de las consultas realizadas para la detección y seguimiento de RDNP, así como de las

imágenes de fondo de ojo correspondientes.

RFG6. Caracterización de RDNP.

La aplicación realizará el análisis de imágenes de fondo de ojo de un paciente, para identificar signos característicos de RDNP.

RFG7. Generar pre-diagnóstico de RDNP.

La aplicación generará un pre-diagnóstico de RDNP a partir del análisis de una imagen de fondo de ojo de un paciente.

RFG8. Generar reporte de imagen.

La aplicación podrá generar un reporte con los resultados obtenidos del análisis de una imagen de fondo de ojo así como comentarios médicos.

5.2. Requerimientos no funcionales

A continuación se enlistan los requerimientos no funcionales, los cuales fueron considerados como restricciones en la construcción de la aplicación:

RNFG1. Compatibilidad con navegadores.

La aplicación deberá funcionar en los navegadores: Chrome y Mozilla Firefox, debido a que Chrome es usado por un 67.02 % y Mozilla Firefox por un 11.12 % de la población mexicana. Lo cual indica que se cubriría un 73.15 % de la población mexicana total. Además, en los navegadores mencionados las tecnologías de HTML5 y CSS3 tienen una compatibilidad mínima de 85 % y 90 % respectivamente [37][38].

RNFG2. Lenguajes de programación.

Los lenguajes de programación a utilizar para la implementación de la aplicación serán Java y JavaScript. Ya que además de ser lenguajes conocidos y sencillos, existe basta documentación de estos lenguajes, sin dejar de lado que JavaScript se ejecuta del lado del cliente quitando carga de trabajo al servidor, además Java es un lenguaje orientado objetos, lo cual facilita la modificación y re utilización del código [39][40].

RNFG3. Desarrollo dinámico.

La tecnología que se usará como apoyo para desarrollar la aplicación de manera dinámica será JSP, ya que éste está escrito en Java, por lo que resulta una herramienta poderosa y fácil de usar [41].

RNFG4. IDE.

El IDE que se usará para la implementación de la aplicación será Eclipse, debido a que provee control de versiones y no genera tanto código basura a diferencia de otros IDE que incluyen herramientas para el desarrollo de aplicaciones en Java. Además, Eclipse permite configurar el ambiente

de desarrollo con base a nuestras necesidades, permitiéndonos vincular sólo los plugins requeridos, ventaja a nivel memoria y desempeño [42].

RNFG5. Gestor de base de datos.

El gestor de base de datos a emplear es MySQL 5.6. Puesto que MySQL fue diseñado y optimizado para aplicaciones web y es el gestor de base de datos que más se ha manejado por parte de los desarrolladores [43].

RNFG6. Contenedor web.

El contenedor web que se utilizará será Apache Tomcat 7, ya que se requiere su uso para poder emplear JSP en el diseño dinámico de la página. [44].

RNFG7. Desarrollo de la vista.

La vista de la aplicación web se llevará a cabo con HTML5, debido a que esta versión proporciona una mayor optimización de velocidad a las anteriores y ofrece una gran variedad de opciones para hacer diseños más sofisticados [45].

RNFG8. Diseño de la aplicación web.

El diseño de la aplicación web se realizará mediante CSS3, pues CSS3 permite lograr estilos y efectos visuales que antes sólo eran posible por medio de tecnologías adicionales [46].

RNFG9. Creación de interfaces.

Se hará uso del framework Bootstrap para crear interfaces web con CSS y JavaScript, a razón de que facilita el diseño de las interfaces y funciona en los navegadores Chrome y Mozilla Firefox [47].

RNFG10. Servidor de alojamiento.

El servidor de alojamiento deberá contar con las siguientes características:

- Tener instalado una distribución de Linux (Ubuntu 15).
- Contar con una capacidad de almacenamiento de 500GB.
- Soportar Apache Tomcat 7.x
- Soportar MySQL 5.6

RNFG11. Protección de la Información.

Los datos personales tanto de los médicos como de los pacientes deberán ser tratados de forma confidencial conforme a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (LFPDPPP).

RNFG12. Herramienta de Desarrollo.

Se usará a Hibernate como herramienta de Mapeo Objeto-Relacional, ya que éste facilita las operaciones de acceso a los datos, permite el ahorro y claridad en el código y además está hecho para

el lenguaje de programación Java [48].

RNFG13. Framework Patrón de Arquitectura.

Para el desarrollo de la aplicación web se usará como framework Struts 2 debido a que implementa el patrón de arquitectura de software Modelo-Vista-Controlador (MVC), opera con tecnología basada en JSP y además es fácil de ampliar con Hibernate [49].

5.3. Descripción de actores

La aplicación contará con dos tipos de actores: Médico y Administrador, los cuales podrán realizar las tareas que a continuación se presentan.

1. Médico

Representa a una persona física con especialidad en oftalmología. La aplicación podrá contar con varios médicos registrados.

Responsabilidades

- Gestionar los pacientes de los cuales es el responsable, que incluyen las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar sus datos.
- Gestionar los expedientes de los pacientes con síntomas de RDNP, el cual contiene información de consultas e imágenes de fondo de ojo.
- Realizar el análisis de imágenes de fondo de ojo para la caracterización de RDNP y obtención del pre-diagnóstico.
- Podrá generar un reporte con el resultado del análisis de una imagen.
- Aprobar o no el resultado del análisis emitido por la aplicación.
- Actualizar la información de su perfil.

2. Administrador

Representa a una persona física que dará soporte y mantenimiento a la información de la aplicación. Se tendrá únicamente un administrador registrado.

Responsabilidades

- Gestionar a todos los pacientes, que incluyen las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar sus datos.
- Visualizar los expedientes de los pacientes.
- Gestionar la información de los médicos registrados.
- Realizar el análisis de imágenes de fondo de ojo para la caracterización de RDNP y obtención del pre-diagnóstico.
- Podrá generar un reporte con el resultado del análisis de una imagen.
- Actualizar la información de su perfil.

5.4. Módulos

La solución del problema planteado consistirá de dos subsistemas principales, uno encargado de la administración de datos y el otro del análisis de imágenes. En la Figura 5.1 podemos observar el diagrama de dichos subsistemas así como los módulos correspondientes a cada uno de ellos.

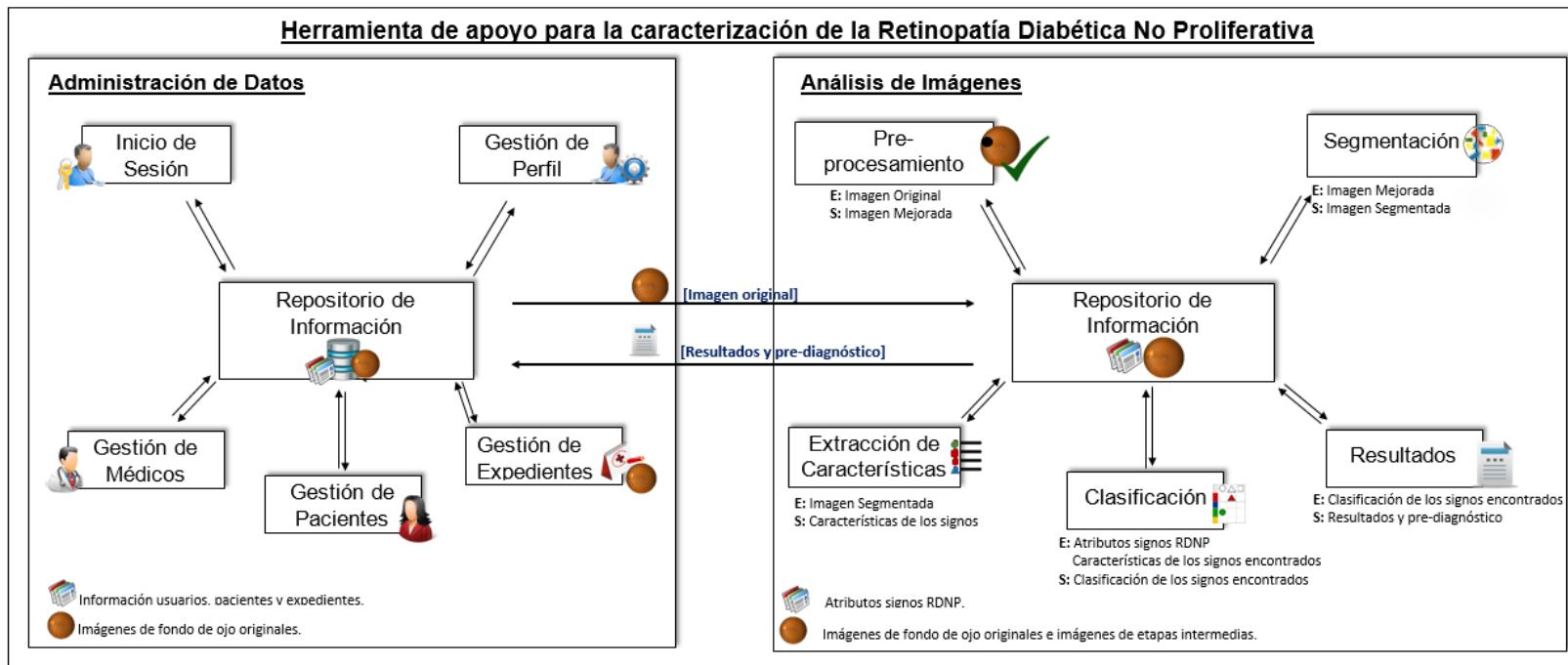


Figura 5.1: Diagrama de Módulos.

A continuación se presenta la descripción de los módulos iniciales contemplados en la solución:

■ Administración de Datos

Este subsistema se encargará de la parte administrativa de la aplicación, involucrando tanto el inicio de sesión como la gestión del perfil de los usuarios, médicos, pacientes y expedientes.

• Repositorio de Información

El Repositorio de Información será el módulo que contendrá el conocimiento del dominio problema, es decir, los datos necesarios para que la administración se lleve a cabo, entre los cuales se encuentran la información de perfil de usuarios, los datos personales de los médicos y de los pacientes, así como los expedientes de estos últimos, los cuales incluyen información de las consultas e imágenes de fondo de ojo. Así bien, dicho módulo se encargará de mantener la comunicación con el subsistema de “Análisis de Imágenes”, solicitando el análisis de RDNP de una imagen.

• Inicio de Sesión

Este módulo será el encargado de identificar y autenticar el perfil de usuario (médicos y administrador) ingresando el número de cédula profesional y su contraseña correspondiente, de esta manera podrán acceder al menú principal que les corresponda. Así bien, este módulo permitirá recuperar la contraseña del usuario vía correo electrónico.

• Gestión de Perfil

El módulo de Gestión de Perfil permitirá que un usuario pueda visualizar o actualizar la información de su cuenta.

• Gestión de Médicos

Dentro del módulo de Gestión de Médicos se podrán realizar las acciones de registrar un nuevo usuario con el perfil de médico, visualizar y actualizar la información de su perfil. Finalmente se permitirá eliminar su registro.

• Gestión de Pacientes

Este módulo involucra las acciones de registrar un nuevo paciente, así como las operaciones de visualizar, actualizar y eliminar el registro.

• Gestión de Expediente

El módulo de Gestión de Expedientes, permitirá agregar, visualizar, actualizar y eliminar información de las consultas efectuadas por los pacientes con síntomas de RDNP en una fecha determinada. Además, se podrá relacionar imágenes de fondo de ojo al expediente de un paciente.

■ *Análisis de Imágenes*

Este subsistema será el encargado de efectuar el análisis de las imágenes de fondo de ojo de un paciente con el objetivo de detectar y clasificar signos característicos de la RDNP. El subsistema contemplará los pasos necesarios del PDI que nos permitan dar solución a la problemática descrita con anterioridad.

Cabe destacar que, dicho subsistema no considera la adquisición de las imágenes, éstas serán proporcionadas por la oftalmóloga Jessica Valeria González Pérez, con número de cédula profesional 8070105, quien cuenta con especialidad de Oftalmología y subespecialidad de Retina y Vítreo. Debido a lo anterior, los módulos a implementar para realizar el procesamiento de las imágenes digitales de fondo de ojo se describen a continuación:

• **Repositorio de Información**

Además de permitir la comunicación entre los subsistemas “Análisis de Imágenes” y “Administración de Datos”, ayudará a efectuar la comunicación entre los módulos correspondientes al “Análisis de Imágenes”, al incluir las imágenes de fondo de ojo de cada paciente, su modificación y nuevas imágenes resultado de realizar los pasos del PDI. Además, tendrá conocimiento de cuáles son los signos de la RDNP a caracterizar junto con sus respectivas características que nos ayudarán a distinguirlos unos de otros.

• **Pre-procesamiento**

El módulo del pre-procesamiento se encargará de aplicar técnicas de tratamiento digital de imágenes que nos permitan mejorar la calidad de una imagen al resaltar aquellos detalles que son de nuestro interés, es decir, los signos característicos de la RDNP; así como eliminar ruido que pudiera afectar los resultados del análisis posterior.

• **Segmentación**

El módulo de Segmentación permitirá aislar objetos de interés del resto de la imagen, es decir, los signos característicos de la RDNP que serán analizados.

• **Extracción de Características**

El objetivo del módulo de Extracción de Características es obtener atributos de la imagen segmentada, la cual es información cuantitativa de interés que nos permitirá diferenciar un objeto de otro. La información obtenida se utilizará posteriormente para determinar a qué signo de RDNP corresponde cada uno de los objetos.

• **Clasificación**

El módulo de Clasificación hará uso de la información obtenida en la etapa de Extracción de Características para dar significado a los objetos ya identificados. Se hará uso del reconocimiento de patrones para determinar qué objetos están presentes y a qué clase corresponden.

- **Resultados**

Este módulo se encargará de emplear la información obtenida a lo largo del procesamiento de la imagen de fondo de ojo para determinar si la imagen analizada presenta o no signos característicos de la RDNP, generando así un pre-diagnóstico con el grado de la enfermedad.

5.5. Diagrama MVC y tecnologías

Tal como se muestra en la Figura 5.2, la aplicación web a diseñar será en 3 capas:

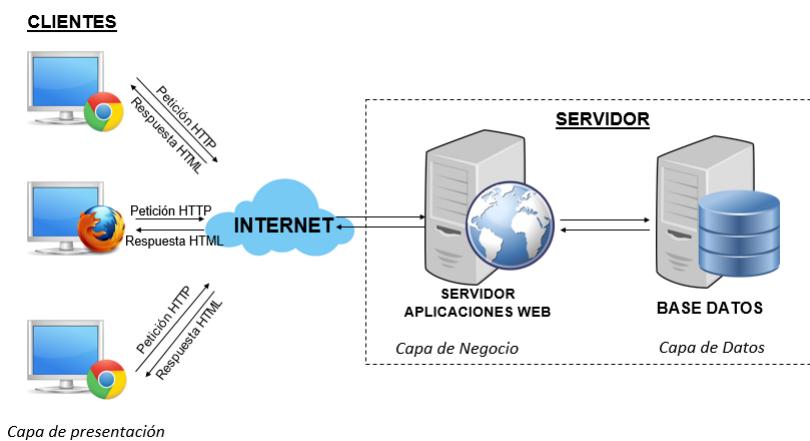


Figura 5.2: Diagrama aplicación web en 3 capas.

- **Capa de presentación.**

Es la encargada de interactuar con el usuario. Esta capa se comunica con la capa de negocio, enviando y solicitando la información requerida por el usuario.

- **Capa de negocio.**

Se encarga de implementar la lógica del negocio. Permite la comunicación entre la capa de presentación y la de datos.

- **Capa de datos.**

Esta capa permite la comunicación con la base de datos, permitiéndonos realizar las acciones CRUD (Create, Read, Update y Delete). Se encargará de recibir las peticiones de la capa de negocio, ejecutar las acciones indicadas y devolver el resultado a dicha capa.

La aplicación además hará uso del patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC):

- **Modelo.** Contiene la lógica de negocio de la aplicación, es la información sobre la cual se opera.

- **Vista.** Interfaz utilizada por los usuarios para interactuar con la aplicación.
- **Controlador.** Recibe, interpreta y responde las peticiones del usuario, actuando como intermediario entre el modelo y la vista.

En la Figura 5.3 podemos observar cómo es que funciona el patrón MVC así como las tecnologías que serán utilizadas para la implementación de la aplicación:

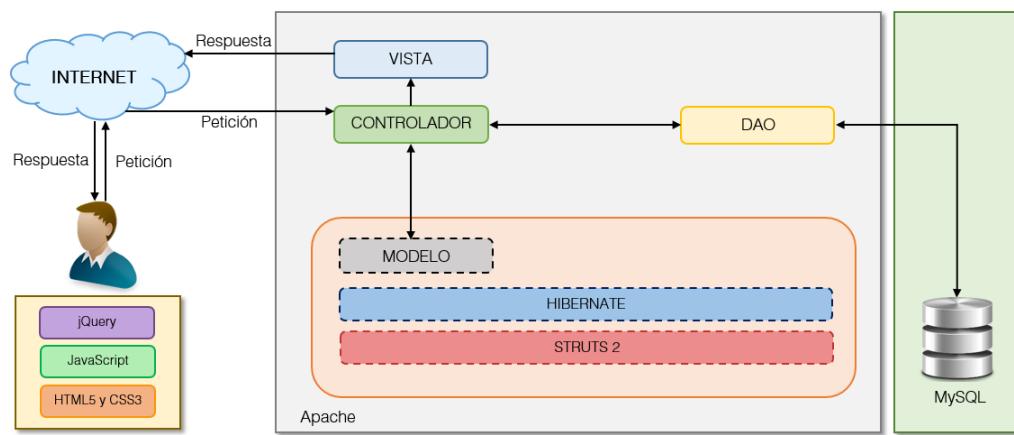


Figura 5.3: Diagrama MVC.

Conforme a lo anterior, el funcionamiento general de la aplicación web se puede resumir en los siguientes pasos:

1. El cliente se conecta a Internet y realiza una petición HTTP al servidor de aplicaciones web (Apache).
2. La petición llega al servidor de aplicaciones y es manipulada por el controlador, el cual se encarga de interpretarla para delegar al modelo alguna responsabilidad.
3. El DAO recibe las peticiones del controlador y las ejecuta, éste es el mapeo previo del modelo, razón por la cual se hace uso de Hibernate y Struts 2.
4. El controlador recibe el resultado proporcionado por el DAO, y en función de éste, selecciona la vista que será mostrada al usuario con los resultados obtenidos.
5. En la vista se elabora la respuesta HTML que el usuario podrá visualizar con los datos recibidos por parte del controlador.

Capítulo 6

Subsistema Administración de Datos

A continuación se presenta el análisis y diseño para realizar la implementación del subsistema Administración de Datos, cuyo objetivo es realizar la gestión de información referente al administrador, médicos, pacientes y expedientes.

6.1. Requerimientos funcionales

Inicio de Sesión

RF-AD-IS-1. Identificación de usuario.

Se identificará el perfil del usuario que haya iniciado sesión mostrando el menú principal correspondiente, ya sea como médico o administrador.

RF-AD-IS-2. Recuperación de contraseña.

Se proporcionará la opción de recuperar la contraseña del usuario.

Gestión de Perfil

RF-AD-GP-1. Gestión de Perfil.

La aplicación permitirá la gestión del perfil de los usuarios, que involucra las acciones de visualizar y actualizar la información del perfil.

Gestión de Médicos

RF-AD-GM-1. Gestión de Médicos.

La aplicación permitirá la gestión de médicos, que involucra las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar el registro.

Gestión de Pacientes

RF-AD-GP-1. Gestión de Pacientes.

La aplicación permitirá la gestión de pacientes, que involucra las acciones de registrar, visualizar, actualizar y eliminar el registro.

Gestión de Expedientes**RF-AD-GE-1. Gestión de Expediente.**

Se podrá agregar, visualizar, actualizar y eliminar información de las consultas de los pacientes que solicitaron atención médica para la detección de RDNP.

RF-AD-GE-2. Asociación de Imágenes de Fondo de Ojo.

Se podrá asociar imágenes de fondo de ojo al expediente de un paciente.

RF-AD-GE-3. Generación de Reporte General.

Se generará un reporte general con información personal de un paciente y de sus consultas efectuadas.

6.2. Requerimientos no funcionales

El subsistema de Administración de Datos no demanda algún requerimiento no funcional adicional a los mencionados en el apartado “5.2. Requerimientos no funcionales”, los cuales corresponden a la estructura general de la herramienta.

6.3. Reglas del negocio

Durante el análisis de la aplicación se identificaron restricciones propias de los procesos llevados a cabo en el consultorio médico, mismas que deberán considerarse en la etapa de desarrollo e implementación:

RN-AD-1. Campos obligatorios

Los campos obligatorios que se listan a continuación deben ser solicitados forzosamente en su debido momento, estos campos están resaltados por un asterisco (*) en los formularios.

Médico y Administrador

- No. de cédula profesional.
- Nombre(s).
- Apellido paterno.
- Fecha de nacimiento.
- Correo electrónico.
- Teléfono fijo o celular.
- Contraseña de usuario.

- Confirmación de contraseña de usuario.

Paciente

- CURP.
- Nombre(s).
- Apellido paterno.
- Fecha de nacimiento.
- Teléfono fijo o celular.
- Médico responsable.

Consulta

- Observaciones.

RN-AD-2. Formato correcto de información.

Dentro de la aplicación existen campos que tienen que cumplir con algunas características para que esa información sea válida, a continuación se lista un conjunto de datos que deben cumplir con cierta especificación, para que la aplicación pueda aceptarla:

- *No. de cédula profesional*

Número oficial que reconoce, el ejercicio de actividades profesionales.

Formato: Cadena de caracteres numéricos, con una longitud máxima de 8 caracteres y mínima de 7.

Ejemplo:

4518972

- *No. de Expediente*

Número asignado al expediente donde se encuentran registrados los datos personales y médicos del paciente correspondiente.

Formato: Cuatro caracteres numéricos que indican el año de expedición, seguido de un guión ‘-’ finalizando con cinco dígitos que simbolizan un contador, mismo que se reiniciará cada año.

Ejemplo:

2015-02456

- *Fecha de Nacimiento*

Es la fecha que indica cuándo fue el nacimiento de la persona.

Formato: Dos caracteres numéricos, seguidos de una barra ‘/’, prosiguiendo con otros dos caracteres numéricos acompañados de otra barra y terminando con 4 dígitos. De los cuales los primeros dos dígitos indican el día, los segundos dos dígitos indican el mes y los últimos 4 indican el año (dd/mm/aaaa).

Ejemplo:

21/09/1994

- *Sexo*

Condición de tipo fisiológica, que diferencia al hombre de la mujer, al macho o hembra ya sea en seres humanos, plantas y animales [34].

Formato: Un solo carácter ‘H’ o ‘M’ que corresponden a Hombre y Mujer.

Ejemplo:

M

- *Imagen*

Representación individual de aquellas personas registradas en la aplicación.

Formato: Las imágenes aceptadas serán únicamente del tipo JPEG y PNG.

- *Teléfono*

Número de teléfono fijo con el cual se puede contactar a la persona correspondiente, la cual reside únicamente en la Ciudad de México.

Formato: Cadena numérica de 8 dígitos del número de teléfono fijo [35].

Ejemplo:

52786412

- *Celular*

Número de teléfono celular con el cual se puede contactar a la persona correspondiente, la cual reside únicamente en la Ciudad de México.

Formato: Cadena numérica de 10 dígitos [36].

Ejemplo:

5568414719

- *Email*

Correo electrónico de la persona.

Formato: Cadena de caracteres, seguido del carácter arroba ‘@’ junto con otra cadena de caracteres.

Ejemplo:

miguel_avendano@hotmail.com

- *Contraseña*

Código secreto de cada una de las sesiones de la aplicación.

Formato: Cadena de caracteres con una longitud mínima de 8 caracteres y máximo 16, de los cuales debe contener mínimo una letra mayúscula, un carácter especial (#, \$, %, &, /, -, =) y un número.

Ejemplo:

c0nTr4se %a

RN-AD-3. Registro de pacientes.

Para llevar a cabo el registro de un paciente, debe existir al menos el registro de un médico dentro de la aplicación.

RN-AD-4. Unicidad del expediente.

El número de expediente de cada uno de los pacientes deberá ser único.

RN-AD-5. Asignación de médico responsable.

Los pacientes que sean registrados dentro de la aplicación, tendrán asignado sólo un médico responsable que podrá llevar el control de ellos.

RN-AD-6. Gestión de pacientes por el médico.

Los médicos podrán gestionar únicamente los pacientes que tienen asignados, que incluye las operaciones de visualizar, actualizar y eliminar el registro.

RN-AD-7. Gestión de pacientes por el administrador.

El administrador podrá gestionar todos los pacientes registrados en la aplicación, que incluye las operaciones de visualizar, actualizar y eliminar el registro.

RN-AD-8. Registro de médicos.

Únicamente el administrador podrá llevar a cabo el registro de médicos en la aplicación.

RN-AD-9. Unicidad de médicos.

El número de cédula profesional será único para cada uno de los médicos que se registren en la aplicación.

RN-AD-10. Gestión de médicos.

El administrador podrá gestionar el perfil los médicos, que incluye las operaciones de visualizar, actualizar y eliminar el perfil.

RN-AD-11. Eliminar médicos.

El administrador no podrá eliminar un médico si es responsable de al menos un paciente.

RN-AD-12. Administrador único.

La aplicación tendrá solamente un administrador registrado.

RN-AD-13. Registro de administrador.

Los datos iniciales del perfil del administrador se cargarán por defecto en la base de datos.

RN-AD-14. Iniciar sesión.

El usuario deberá ingresar su número de cédula profesional como nombre de usuario para iniciar sesión.

RN-AD-15. Recuperar contraseña.

El usuario podrá recuperar la contraseña de su perfil vía correo electrónico.

RN-AD-16. Gestión de perfil.

El usuario podrá gestionar la información de su propio perfil, lo cual incluye las acciones de visualizar y actualizar sus datos.

RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico.

Los médicos podrán registrar, visualizar, actualizar y eliminar el registro del expediente de un paciente, que involucra la información de las consultas efectuadas e imágenes de fondo de ojo.

RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

El administrador únicamente visualizará el registro del expediente de un paciente, que involucra la información de las consultas efectuadas e imágenes de fondo de ojo.

6.4. Diagrama de casos de uso

En la Figura 6.1 se muestran los casos de uso disponibles para el administrador y los médicos en el subsistema de Administración de Datos.

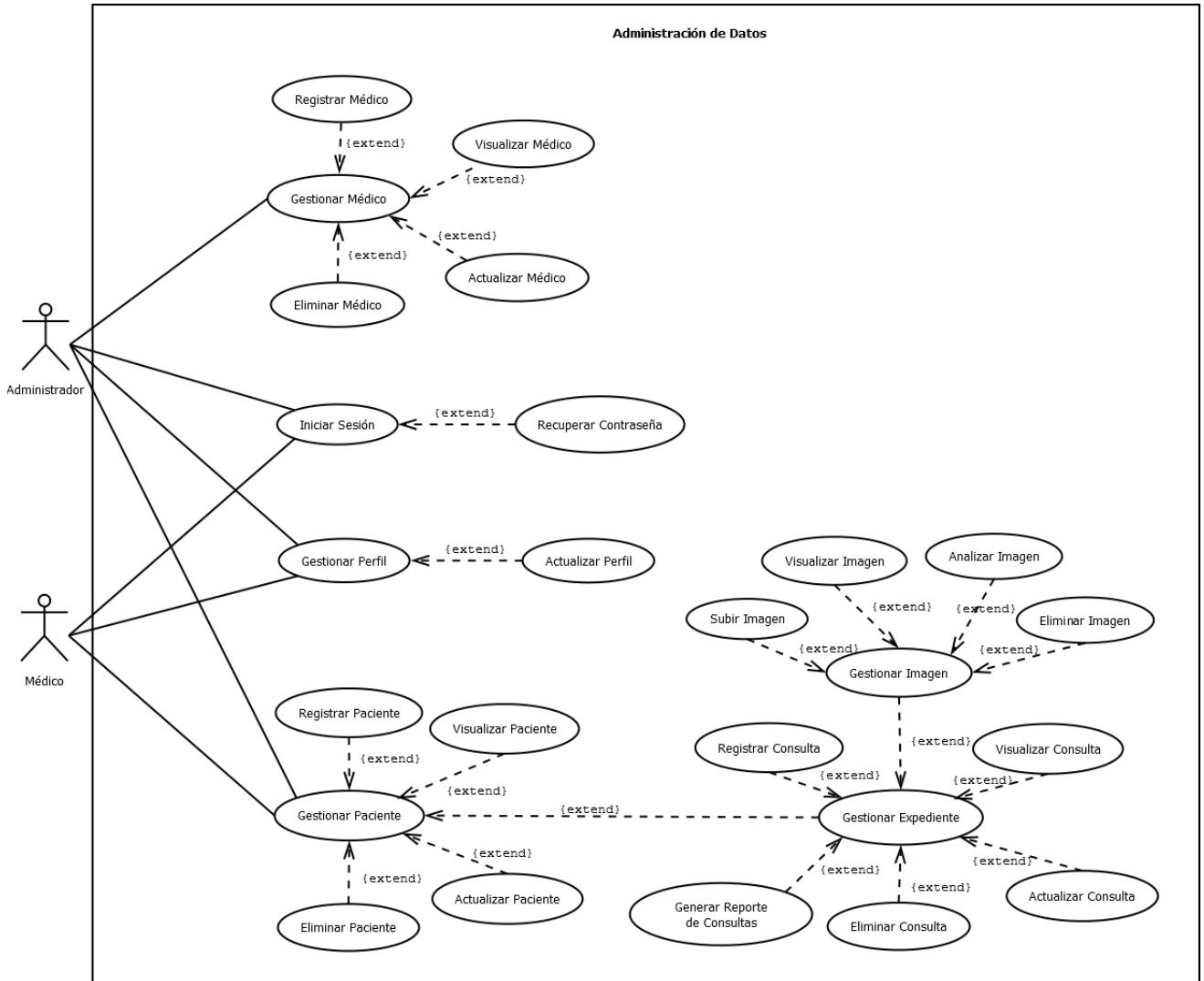


Figura 6.1: Diagrama de Casos de Uso: Administración de Datos

6.5. Descripción de casos de uso

Conforme a los requerimientos que la aplicación deberá cumplir, el listado de los casos de uso a desarrollar para el subsistema de Administración de Datos son mostrados en la Tabla 6.1.

Caso de Uso	Responsable
Inicio de Sesión: CU1 Iniciar Sesión CU2 Recuperar Contraseña	Avendaño Vargas Miguel Angel
Gestión de Médico: CU3 Gestionar Médico CU4 Registrar Médico CU5 Visualizar Médico CU6 Actualizar Médico CU7 Eliminar Médico	Bautista Gómez Lizbet Cristina
Gestión de Paciente: CU8 Gestionar Paciente CU9 Registrar Paciente CU10 Visualizar Paciente CU11 Actualizar Paciente CU12 Eliminar Paciente	Juárez Rojas Stephany
Gestión de Perfil: CU13 Gestionar Perfil CU14 Actualizar Perfil	Juárez Rojas Stephany
Gestión de Expediente: CU15 Gestionar Expediente CU16 Registrar Consulta CU17 Visualizar Consulta CU18 Actualizar Consulta CU19 Eliminar Consulta CU20 Generar Reporte de Consultas	Avendaño Vargas Miguel Angel
Gestión de Imagen: CU21 Subir Imagen CU22 Visualizar Imagen CU23 Eliminar Imagen	Bautista Gómez Lizbet Cristina

Tabla 6.1: Resumen de Casos de Uso: Administración de Datos

A continuación se presenta la descripción de cada uno de ellos. Cabe destacar que el caso de uso “Analizar Imagen” presentado en la Figura 6.1, será descrito en el subsistema Análisis de Imágenes.

6.5.1. CU1 Iniciar Sesión

Concepto	Descripción
Nombre	Inicio de Sesión CU1 Iniciar Sesión.
Resumen	El Caso de Uso CU1 autoriza al usuario ingresar a la aplicación con su perfil correspondiente.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	El usuario ingresa a la página de la aplicación <i>IU1 Página Inicial</i> . El usuario se encuentra registrado en la aplicación.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de cédula y contraseña.
Salidas	Menú principal de administrado o médico, dependiendo del perfil de usuario. (<i>IU4 Menú Principal del Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal del Administrador</i> .)
Errores	El no. de cédula no ha sido registrado en la aplicación. La contraseña no corresponde con el no. de cédula.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-14. Inicio de Sesión.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en “Iniciar Sesión” de la *IU1 Página Inicial*.
2.  Despliega el formulario de ingreso para el inicio de sesión. *IU2 Inicio de Sesión*
3.  Ingresa el no. de cédula profesional y contraseña correspondientes a su perfil.
4.  Da clic en “Iniciar Sesión”.
5.  Verifica RN-AD-1 Campos Obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
6.  Verifica RN-AD-2 Formato Correcto de Información. **[Trayectoria Alternativa B]**
7.  Verifica que el no. de cédula ingresado está registrado en la aplicación. **[Trayectoria Alternativa C]**

8. Verifica que la contraseña ingresada corresponda al no. de cédula profesional indicado. [Trayectoria Alternativa D]
9. Despliega el menú principal ya sea Administrador o Médico. (*IU4 Menú Principal del Médico o IU5 Menú Principal del Administrador*)

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Trayectoria Alternativa C. No. de cédula no registrado.

1. Despliega el *MSG3 Usuario no registrado* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Trayectoria Alternativa D. Usuario o contraseña no coinciden.

1. Despliega el *MSG4 Usuario o contraseña inválidos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere recuperar su contraseña.

Región: Paso 2 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU2 Recuperar Contraseña.

Causa: El usuario con perfil de Administrador requiere visualizar la lista de médicos.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU3 Gestionar Médico.

Causa: El usuario con perfil de Administrador requiere registrar un nuevo médico.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU4 Registrar Médico.

Causa: El usuario con perfil de Administrador requiere visualizar el perfil de un médico.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU5 Visualizar Médico.

Causa: El usuario con perfil de Administrador requiere actualizar el perfil de un médico.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU6 Actualizar Médico.

Causa: El usuario con perfil de Administrador requiere eliminar el perfil de un médico.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU7 Eliminar Médico.

Causa: El usuario requiere visualizar la lista de pacientes.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU8 Gestionar Paciente.

Causa: El usuario requiere registrar un nuevo paciente.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU9 Registrar Paciente.

Causa: El usuario requiere visualizar el perfil de un paciente.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU10 Visualizar Paciente.

Causa: El usuario requiere actualizar el perfil de un paciente.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU11 Actualizar Paciente.

Causa: El usuario requiere eliminar el perfil de un paciente.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU12 Eliminar Paciente.

Causa: El usuario requiere visualizar la información de su perfil.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU13 Gestionar Perfil.

Causa: El usuario requiere visualizar la información de su perfil.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU14 Actualizar Perfil.

Causa: El usuario requiere visualizar las consultas del expediente de un paciente.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU15 Gestionar Expediente.

6.5.2. CU2 Recuperar Contraseña

Concepto	Descripción
Nombre	Inicio de Sesión CU2 Recuperar contraseña.
Resumen	El caso de uso CU2 brinda al usuario la posibilidad de recuperar la contraseña de su respectivo perfil en caso de haberla olvidado.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	El usuario ingresa a la página de la aplicación <i>IUI Página Inicial</i> . El usuario está registrado dentro la aplicación.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de cédula profesional.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa</i> .
Errores	El no. de cédula no ha sido registrado en la aplicación.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-15. Recuperar contraseña.

Trayectoria Principal



1. Da clic en “Recuperar Contraseña” en la *IU2 Inicio de Sesión*.



2. Despliega la *IU3 Recuperar Contraseña* solicitando el no. de cédula profesional.



3. Ingresa el no. de cédula profesional.



4. Da clic en “Recuperar”.



5. Verifica RN-AD-1 Campos Obligatorios. [Trayectoria Alternativa A]

6. Verifica RN-AD-2 Formato Correcto de Información. [Trayectoria Alternativa B]
7. Verifica que el no. de cédula ingresado está registrado en la aplicación. [Trayectoria Alternativa C]
8. Manda un mensaje vía correo electrónico al usuario correspondiente, el cual contiene el no. de cédula profesional y la contraseña olvidada de su perfil.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Trayectoria Alternativa C. No. de cédula no registrado.

1. Despliega el *MSG3 Usuario no registrado* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere iniciar sesión.

Región: Paso 8 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU1 Iniciar Sesión.

6.5.3. CU3 Gestionar Médico

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Médico CU3 Gestionar Médicos.
Resumen	El caso de uso CU3 permite que el administrador visualice una lista de los médicos registrados en la aplicación, permitiéndole realizar las opciones de visualizar, actualizar o eliminar alguno de ellos, así como registrar uno nuevo.
Actor	Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de administrador.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	Ninguna.
Salidas	<i>IU28 Lista de Médicos registrados en la aplicación.</i>
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-10. Gestión de Médicos.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Médicos” de la *IU5 Menú Principal Administrador*.
2. Despliega la opción de “Registrar Médico”.
3. Verifica si existen médicos registrados. **[Trayectoria Alternativa A]**
4. Despliega una lista con los médicos registrados en la aplicación (*IU28 Lista de Médicos*), incluyendo las opciones de visualizar, actualizar y eliminar el perfil de un médico en específico.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. No existen médicos registrados.

1. Despliega el *MSG6 Sin registros* en la aplicación.

...Fin del Caso de Uso

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere registrar un nuevo médico.

Región: Paso 2 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU4 Registrar Médico.

Causa: El usuario requiere visualizar el perfil de un médico.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU5 Visualizar Médico.

Causa: El usuario requiere actualizar el perfil de un médico.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU6 Actualizar Médico.

Causa: El usuario requiere eliminar el perfil de un médico.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU7 Eliminar Médico.

6.5.4. CU4 Registrar Médico

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Médico CU4 Registrar Médico.
Resumen	El caso de uso CU4 permite que el administrador registre en la aplicación a un médico.
Actor	Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de administrador. Seleccionar la opción “Médicos” de la <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .
Post-Condiciones	Se agrega un nuevo perfil de médico a la aplicación.
Entradas	No. de cédula profesional, apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono, celular, domicilio, correo, contraseña y confirmación de contraseña.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU28 Lista de Médicos</i> actualizada con el nuevo perfil.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información. Ya existe un registro con el número cédula profesional ingresada. No coinciden la contraseña y su confirmación.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-8. Registro de médicos. RN-AD-9. Unidad de médicos.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción de “Registrar Médico” de la *IU28 Lista de Médicos*.
2.  Despliega la *IU29 Formulario Registrar Médico* para ingresar los datos de un nuevo médico.
3.  Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Registrar”.
4.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
5.  Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**
6.  Valida que la contraseña y confirmación coincidan. **[Trayectoria Alternativa C]**
7.  Verifica RN-AD-9 Unicidad de médicos. **[Trayectoria Alternativa D]**
8.  Crea el perfil del médico con la información ingresada.
9.  Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.
10.  Muestra la *IU28 Lista de Médicos* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1.  Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2.  Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1.  Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2.  Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa C. No coinciden contraseñas.

1. Despliega el *MSG7 Contraseñas incorrectas* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa D. Número de cédula profesional duplicada.

1. Despliega el *MSG8 Duplicidad de identificador* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

6.5.5. CU5 Visualizar Médico

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Médico CU5 Visualizar Médico.
Resumen	El caso de uso CU5 permite que un administrador visualice los datos del perfil de un médico.
Actor	Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de administrador. Seleccionar la opción “Médicos” de la IU5 Menú Principal Administrador. Debe existir al menos un médico registrado en la aplicación.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de Cédula profesional del médico deseado.
Salidas	<i>IU30 Formulario Visualizar Médico</i> con la información del médico indicado.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-10. Gestión de médicos.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Visualizar” del médico deseado de la *IU28 Lista de Médicos*.
2. Despliega la *IU30 Formulario Visualizar Médico* con la información correspondiente al médico seleccionado.

...Fin de la Trayectoria Principal

6.5.6. CU6 Actualizar Médico

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Médico CU6 Actualizar Médico.
Resumen	El caso de uso CU6 permite al administrador actualizar la información del perfil de un médico.
Actor	Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de administrador. Seleccionar la opción “Médicos” de la <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> . Debe existir al menos un médico registrado en la aplicación.
Post-Condiciones	Actualización de la información del perfil de un médico.
Entradas	Apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono, celular, domicilio o correo.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU31 Formulario Actualizar Médico</i> con los datos ingresados.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-10. Gestión de médicos.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Actualizar” del médico deseado de la *IU28 Lista de Médicos*.
2.  Despliega la *IU31 Formulario Actualizar Médico* con los datos actuales del perfil del médico.
3.  Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Actualizar”.
4.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
5.  Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**
6.  Actualiza el perfil del médico con la información ingresada.
7.  Muestra el *MSG5 Operación exitosa*.

...Fin de la Trayectoria Principal**Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.**

1.  Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2.  Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

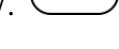
Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1.  Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2.  Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

6.5.7. CU7 Eliminar Médico

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Médico CU7 Eliminar Médico.
Resumen	El caso de uso CU7 permite al administrador eliminar algún usuario registrado con el perfil de médico.
Actor	Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de administrador. Seleccionar la opción “Médicos” de la <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> . Debe existir al menos un médico registrado en la aplicación.
Post-Condiciones	Eliminación del registro del médico.
Entradas	No. de Cédula profesional del médico deseado.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU28 Lista de Médicos</i> actualizada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-10. Gestión de médicos. RN-AD-11. Eliminar médicos.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Eliminar” del médico deseado de la *IU28 Lista de Médicos*.
2.  Despliega el *MSG9 Confirmar operación* para eliminar el perfil del médico. [**Trayectoria Alternativa A**]
3.  Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.
4.  Verifica RN-AD-11 Eliminar médicos. [**Trayectoria Alternativa B**]
5.  Elimina el registro del médico seleccionado.
6.  Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.
7.  Despliega la *IU28 Lista de Médicos* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Cancelar eliminación del perfil del médico.

1.  Da clic en la opción “Cancelar” del mensaje de confirmación.
2.  Despliega la *IU28 Lista de Médicos* sin realizar cambios.

Trayectoria Alternativa B. Médico es responsable de al menos un paciente.

1.  Despliega el *MSG10 Operación denegada*.

...Fin del Caso de Uso

6.5.8. CU8 Gestionar Paciente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Paciente CU8 Gestionar Paciente.
Resumen	El caso de uso CU8 permite que el usuario visualice una lista de los pacientes registrados en la aplicación, permitiéndole realizar las opciones de visualizar, actualizar o eliminar alguno de ellos, así como registrar uno nuevo.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	Ninguna.
Salidas	<i>IU7 Lista de Pacientes</i> registrados en la aplicación.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-6. Gestión de pacientes por el médico. RN-AD-7. Gestión de pacientes por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Pacientes” de la *IU4 Menú Principal Médico* o *IU5 Menú Principal Administrador*.
2.  Despliega la opción de “Registrar Paciente”.
3.  Verifica si existen pacientes registrados. **[Trayectoria Alternativa A]**
4.  Despliega una lista con los pacientes registrados en la aplicación (*IU7 Lista de Pacientes*), incluyendo las opciones de visualizar, actualizar y eliminar los datos personales de un paciente, así como el visualizar su expediente.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. No existen pacientes registrados.

1.  Despliega el *MSG6 Sin registros* en la aplicación.

...Fin del Caso de Uso

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere registrar un nuevo paciente.

Región: Paso 2 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU9 Registrar Paciente.

Causa: El usuario requiere visualizar los datos personales de un paciente.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU10 Visualizar Paciente.

Causa: El usuario requiere actualizar los datos personales de un paciente.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU11 Actualizar Paciente.

Causa: El usuario requiere eliminar los datos personales de un paciente.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU12 Eliminar Paciente.

Causa: El usuario requiere visualizar las consultas del expediente de un paciente.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU15 Gestionar Expediente.

6.5.9. CU9 Registrar Paciente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Paciente CU9 Registrar Paciente.
Resumen	El caso de uso CU9 permite que un usuario registre los datos personales de un paciente en la aplicación.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. La aplicación deberá tener al menos un médico registrado. Seleccionar la opción “Pacientes” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .
Post-Condiciones	Se crea un nuevo registro con los datos del paciente para su posterior gestión.
Entradas	CURP, apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono, celular, domicilio, correo, nombre del médico responsable.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU7 Lista de Pacientes</i> actualizada con el nuevo registro.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información. Ya existe un paciente con el CURP ingresado.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-3. Registro de pacientes. RN-AD-4. Unicidad del expediente. RN-AD-5. Asignación de médico responsable.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción de “Registrar Paciente” de la *IU7 Lista de Pacientes*.
2.  Verifica RN-AD-3 Registro de pacientes. **[Trayectoria Alternativa A]**
3.  Despliega la *IU8 Formulario Registrar Pacientes* para ingresar los datos personales de un nuevo paciente.
4.  Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Registrar”.
5.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa B]**

6. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. [Trayectoria Alternativa C]
7. Verifica RN-AD-4 Unicidad del expediente. [Trayectoria Alternativa D]
8. Genera el número de expediente que le corresponderá al paciente.
9. Crea el registro del paciente con la información ingresada.
10. Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.
11. Muestra la *IU7 Lista de Pacientes* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. No existen médicos registrados.

1. Despliega el *MSG6 Sin registros* en la aplicación.

...Fin del Caso de Uso

Trayectoria Alternativa B. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 4 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa C. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 4 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa D. CURP duplicado

1. Despliega el *MSG8 Duplicidad de identificador* en la aplicación.
2. Regresa al paso 4 de la Trayectoria Principal.

6.5.10. CU10 Visualizar Paciente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Paciente CU10 Visualizar Paciente.
Resumen	El caso de uso CU10 permite que un usuario visualice los datos personales de un paciente.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> . Debe existir al menos un paciente registrado en la aplicación. Si se ingresa con el perfil de médico, éste deberá tener asignado al menos un paciente.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de expediente del paciente deseado.
Salidas	<i>IU9 Formulario Visualizar Paciente</i> con la información del paciente indicado.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-6. Gestión de pacientes por el médico. RN-AD-7. Gestión de pacientes por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Visualizar” del paciente deseado de la *IU7 Lista de Pacientes*.
2. Despliega la *IU9 Formulario Visualizar Paciente* con la información correspondiente al paciente seleccionado.

...Fin de la Trayectoria Principal

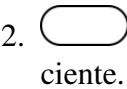
6.5.11. CU11 Actualizar Paciente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Paciente CU11 Actualizar Paciente.
Resumen	El caso de uso CU11 permite que un usuario actualice los datos personales de un paciente.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> . Debe existir al menos un paciente registrado en la aplicación. Si se ingresa con el perfil de médico, éste deberá tener asignado al menos un paciente.
Post-Condiciones	Actualización de los datos personales de un paciente.
Entradas	No. de expediente del paciente deseado. Apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono, celular, domicilio, correo o nombre del médico responsable.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU10 Formulario Actualizar Paciente</i> con los datos ingresados.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-6. Gestión de pacientes por el médico. RN-AD-7. Gestión de pacientes por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Actualizar” del paciente deseado de la *IU7 Lista de Pacientes*.



2. Despliega la *IU10 Formulario Actualizar Paciente* con los datos actuales del paciente.



3. Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Actualizar”.



4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**



5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**

6. Actualiza los datos personales del paciente con la información ingresada.
7. Muestra el *MSG5 Operación exitosa*.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

6.5.12. CU12 Eliminar Paciente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Paciente CU12 Eliminar Paciente.
Resumen	El caso de uso CU12 permite un usuario elimine algún paciente registrado en la aplicación.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> . Debe existir al menos un paciente registrado en la aplicación. Si se ingresa con el perfil de médico, éste deberá tener asignado al menos un paciente.
Post-Condiciones	Eliminación del registro de un paciente.
Entradas	No. de expediente del paciente deseado.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU7 Lista de Pacientes</i> actualizada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-6. Gestión de pacientes por el médico. RN-AD-7. Gestión de pacientes por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Eliminar” del paciente deseado de la *IU7 Lista de Pacientes*.



2. Despliega el *MSG9 Confirmar operación* para eliminar la información del paciente. **[Trayectoria Alternativa A]**



3. Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.



4. Elimina el registro del paciente seleccionado.



5. Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.



6. Despliega la *IU7 Lista de Pacientes* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Cancelar eliminación del paciente.

1. Da clic en la opción “Cancelar” del mensaje de confirmación.
2. Despliega la *IU7 Lista de Pacientes* sin realizar cambios.

...Fin del Caso de Uso

6.5.13. CU13 Gestionar Perfil

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Perfil CU13 Gestionar Perfil.
Resumen	El caso de uso CU13 permite que un usuario visualice los datos almacenados en su perfil para su posterior gestión.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de cédula profesional.
Salidas	<i>IU23 Opción “Mi Perfil” Médico o IU33 Opción “Mi Perfil” Administrador</i> con los datos actuales del perfil de un usuario.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-16. Gestión de perfil.

Trayectoria Principal

1. Da clic en la opción “Mi Perfil” de la *IU4 Menú Principal Médico* o *IU5 Menú Principal Administrador*.
2. Despliega la *IU23* o *IU33* con la información actual del perfil de un usuario.

...Fin de la Trayectoria Principal

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere actualizar los datos de su perfil.

Región: Paso 2 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU14 Actualizar Perfil.

6.5.14. CU14 Actualizar Perfil

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Perfil CU14 Actualizar Perfil.
Resumen	El caso de uso CU14 permite que un usuario actualice la información almacenada en su perfil.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Mi Perfil” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .
Post-Condiciones	Actualización de los datos del perfil de un usuario.
Entradas	No. de cédula profesional. Apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono, celular, domicilio, correo, contraseña, confirmación de contraseña.
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU23 Opción “Mi Perfil” Médico</i> o <i>IU33 Opción “Mi Perfil” Administrador</i> con los datos actualizados del perfil del usuario.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-16. Gestión de perfil.

Trayectoria Principal

1.  Actualiza los datos deseados de la *IU23* o *IU33*, según sea el caso y da clic en la opción “Actualizar”.
2.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
3.  Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**
4.  Actualiza los datos del perfil del usuario con la información ingresada.
5.  Muestra el *MSG5 Operación exitosa*.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 1 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 1 de la Trayectoria Principal.

6.5.15. CU15 Gestionar Expediente

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU15 Gestionar Expediente.
Resumen	El caso de uso CU15 permite que el administrador o médico visualice una lista de las consultas realizadas a un paciente, permitiéndole realizar las opciones de registrar, visualizar o eliminar una de ellas.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	No. de expediente del paciente deseado.
Salidas	<i>IU12 Lista de Consultas</i> con las consultas registradas del paciente.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Expediente” del paciente deseado de *IU7 Lista de Pacientes*.
2. Verifica si existen consultas registradas en la aplicación del paciente seleccionado.
[Trayectoria Alternativa A]
3. Despliega una lista con las consultas registradas del paciente en la aplicación (*IU12 Lista de Consultas*), incluyendo las opciones de visualizar, y eliminar alguna consulta en específico.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. No existen consultas registradas.

1. Despliega el MSGX Sin registros en la aplicación.

...Fin del Caso de Uso

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere registrar una nueva consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU16 Registrar Consulta.

Causa: El usuario requiere visualizar alguna consulta del paciente.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU17 Visualizar Consulta.

Causa: El usuario requiere actualizar los datos de una consulta del paciente.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU18 Actualizar Consulta.

Causa: El usuario requiere eliminar alguna consulta del paciente.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU19 Eliminar Consulta.

Causa: El usuario requiere generar un reporte del expediente del paciente.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU20 Generar Reporte de Consultas.

6.5.16. CU16 Registrar Consulta

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU16 Registrar Consulta.
Resumen	El caso de uso CU16 permite que el médico registre una consulta de un paciente en la aplicación.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente.
Post-Condiciones	Se agrega una nueva consulta al expediente de algún paciente.
Entradas	Observaciones, imagen(es).
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU12 Lista de Consultas</i> actualizada con la nueva consulta.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción de “Registrar Consulta”.
2.  Despliega el formulario de la *IU14 Registrar Consulta* para ingresar los datos de la consulta.
3.  Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Registrar”.
4.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
5.  Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**
6.  Crea la consulta del paciente con la información ingresada.
7.  Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.

8. Muestra la *IU12 Lista de Consultas* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el MSGX Campos obligatorios vacíos en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el MSGX Formato incorrecto de información en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere subir una imagen para registrarla en la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU21 Subir Imagen.

Causa: El usuario requiere visualizar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU22 Visualizar Imagen.

Causa: El usuario requiere eliminar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU23 Eliminar Imagen.

Causa: El usuario requiere analizar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU25 Analizar Imagen.

6.5.17. CU17 Visualizar Consulta

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU17 Visualizar Consulta.
Resumen	El caso de uso CU17 permite que un administrador o médico visualice los datos de alguna consulta.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	Identificador de la consulta.
Salidas	<i>IU14 Registrar Consulta</i> con la información de la consulta indicada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Visualizar” de la consulta deseada de *IU12 Lista de Consultas*.
2.  Despliega la *IU14 Registrar Consulta* con la información correspondiente a la consulta indicada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere actualizar la consulta visualizada.

Región: Paso 2 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU18 Actualizar Consulta.

6.5.18. CU18 Actualizar Consulta

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU18 Actualizar Consulta.
Resumen	El caso de uso CU18 permite al médico actualizar la información de una consulta.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente.
Post-Condiciones	Actualización de la información de la consulta indicada.
Entradas	Observaciones, imagen (es).
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU14 Registrar Consulta</i> con los datos ingresados.
Errores	Campos obligatorios vacíos. Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-1. Campos obligatorios. RN-AD-2. Formato correcto de información. RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Visualizar” de la consulta deseada de la *IU12 Lista de Consultas*.
2.  Despliega el formulario de la *IU14 Registrar Consulta* con los datos actuales de la consulta.
3.  Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Guardar”.
4.  Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
5.  Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. **[Trayectoria Alternativa B]**
6.  Actualiza la consulta con la información ingresada.

7. Muestra el *MSG5 Operación exitosa.*

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Campos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Trayectoria Alternativa B. Formato incorrecto de información.

1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.
2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere subir una imagen para registrarla en la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU21 Subir Imagen.

Causa: El usuario requiere visualizar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU22 Visualizar Imagen.

Causa: El usuario requiere eliminar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU23 Eliminar Imagen.

Causa: El usuario requiere analizar alguna imagen de la consulta.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU25 Analizar Imagen.

6.5.19. CU19 Eliminar consulta

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU19 Eliminar consulta.
Resumen	El caso de uso CU19 permite al médico eliminar alguna consulta.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente.
Post-Condiciones	Eliminación del perfil del médico. Actualización del listado de los médicos registrados.
Entradas	<i>Identificador de la consulta.</i>
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa.</i> <i>IU12 Lista de Consultas</i> de pacientes actualizada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Eliminar” de la consulta deseada de *IU12 Lista de Consultas*.
2.  Despliega el *MSG9 Confirmar operación* para eliminar la consulta. **[Trayectoria Alternativa A]**
3.  Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.
4.  Elimina la consulta seleccionada.
5.  Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.
6.  Despliega la *IU12 Lista de Consultas* de pacientes actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Cancelar eliminación de la consulta del paciente.

1.  Da clic en la opción “Cancelar” del mensaje de confirmación.
2.  Despliega la IUX Lista de Consultas sin realizar cambios.

...Fin del Caso de Uso

6.5.20. CU20 Generar Reporte de Consultas

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Expediente CU20 Generar Reporte de Consultas.
Resumen	El caso de uso CU20 permite que el administrador o médico genere un reporte de las consultas de un paciente.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Seleccionar la opción “Expediente” de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> . Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	<i>No. de Expediente del paciente.</i>
Salidas	<i>IU13 Reporte Consultas</i> con las consultas registradas del paciente.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción “Generar Reporte” del paciente deseado de *IU7 Lista de Pacientes*.
2.  Despliega *IU13 Reporte Consultas* con los datos del expediente del paciente.

...Fin de la Trayectoria Principal

6.5.21. CU21 Subir Imagen

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Imagen CU21 Subir Imagen.
Resumen	El caso de uso CU21 permite al médico subir una imagen de fondo de ojo en una consulta.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Seleccionar la opción “Expediente” de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .
Post-Condiciones	Se guarda una imagen en la aplicación.
Entradas	Imagen(es).
Salidas	<i>IU14 Registrar Consulta</i> con la o las nuevas imágenes.
Errores	Formato incorrecto de información.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Examinar...” de la *IU14 Registrar Consulta*.



2. Despliega el explorador de imágenes.



3. Selecciona la o las imágenes a guardar y da clic en “Abrir”.



4. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información. [Trayectoria Alternativa A]



5. Despliega *IU14 Registrar Consulta* con la o las imágenes seleccionadas.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Formato incorrecto de información.



1. Despliega el *MSG2 Formato incorrecto de información* en la aplicación.



2. Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

6.5.22. CU22 Visualizar Imagen

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Imagen CU22 Visualizar Imagen.
Resumen	El caso de uso CU22 permite al administrador o médico visualizar las imágenes guardadas en una consulta.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Seleccionar la opción “Expediente” de la IU7 <i>Lista de Pacientes</i> . Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente. Debe haber guardada al menos una imagen en la consulta seleccionada.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	<i>Imagen(es)</i> .
Salidas	Imagen ampliada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la imagen deseada de la *IU14 Registrar Consulta*.



2. Despliega la imagen ampliada.

...Fin de la Trayectoria Principal

6.5.23. CU23 Eliminar Imagen

Concepto	Descripción
Nombre	Gestión de Imagen CU23 Eliminar Imagen.
Resumen	El caso de uso CU23 permite al médico eliminar una imagen de alguna consulta.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. Seleccionar la opción “Expediente” de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> . Debe haber registrada alguna consulta de al menos un paciente. Debe haber guardada al menos una imagen en la consulta seleccionada.
Post-Condiciones	Se elimina una imagen de la consulta dentro de la aplicación.
Entradas	<i>Imagen(es)</i> .
Salidas	<i>MSG5 Operación exitosa</i> .
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AD-17. Gestión de expediente por el médico. RN-AD-18. Gestión de expediente por el administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en la opción “Eliminar” sobre la imagen deseada dentro de la *IU14 Registrar Consulta*.



2. Despliega el *MSG9 Confirmar operación* para eliminar la imagen. [Trayectoria Alternativa A]



3. Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.



4. Elimina la imagen seleccionada, y en su caso, su pre diagnóstico y observaciones.



5. Muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*.



6. Despliega la *IU14 Registrar Consultas* actualizada.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Cancelar eliminación de la imagen.

1. Da clic en la opción “Cancelar” del mensaje de confirmación.
2. Despliega la *IU14 Registrar Consultas* sin realizar cambios.

...Fin del Caso de Uso

6.6. Interacción con usuarios

A continuación se presenta la estructura general de diseño que tendrá la aplicación, así como el listado de las Interfaces de Usuario(IU) y de los mensajes (MSG) requeridos, con la finalidad de mostrar la funcionalidad que proporcionará el subsistema de Administración de Datos.

6.6.1. Estructura general de diseño

La estructura general de diseño de la aplicación web contará con un encabezado, menú principal, área de trabajo, área de notificación y pie de página, tal se muestra en la Figura 6.2.

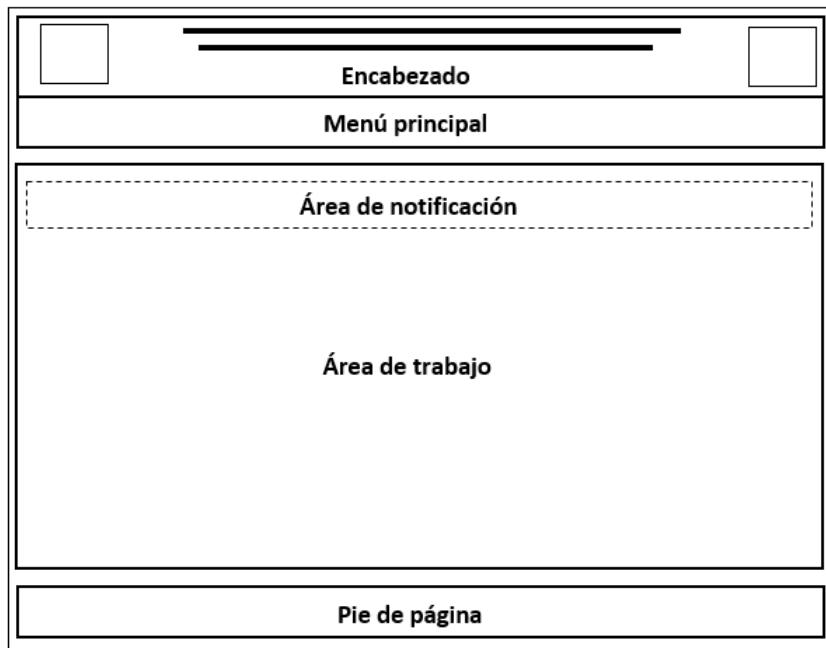


Figura 6.2: Estructura general de diseño de la aplicación web.

El objetivo de cada sección se presenta a continuación:

■ Encabezado.

Esta sección se encuentra localizada en la parte superior de la página, en ella se colocará información que identifique a la aplicación, incluyendo nombre y logotipo de la institución.

■ Menú principal.

En el menú principal se encontrarán enlaces a los diferentes apartados de la aplicación web. Una vez que el usuario haya iniciado sesión, las opciones cambiarán conforme su perfil, ya sea como médico o administrador.

Así bien, contará con opciones para el inicio y cierre de sesión de los usuarios registrados.

■ Área de trabajo.

En esta sección se desplegará el contenido principal de la aplicación según la opción que el usuario seleccione del menú principal. En el área de trabajo se mostrará la información del administrador, médicos, pacientes, expedientes o imágenes de fondo de ojo según corresponda.

■ Área de notificación.

Esta sección se localizará en la parte superior del área de trabajo, en ella se mostrarán notificaciones de las acciones efectuadas por el usuario, informándole si alguna operación se llevó a cabo con éxito o bien, si surgió algún error durante su realización.

■ Pie de página.

El pie de página se encontrará en la parte inferior de la aplicación, contará con elementos importantes, como el autor, copyright, políticas del sitio y asuntos legales, datos de contacto, enlaces a sitios relacionados, entre otros.

6.6.2. Lista de interfaces de usuario

Las interfaces diseñadas para el subsistema de Administración de Datos se presentan a continuación:

- IU1 Página Inicial.
- IU2 Inicio de Sesión.
- IU3 Recuperar contraseña.
- IU4 Menú Principal del Médico.
- IU5 Menú Principal del Administrador.
- IU6 Opción “Inicio” Médico.
- IU7 Lista de Pacientes.
- IU8 Formulario Registrar Paciente.

- IU9 Formulario Visualizar Paciente.
- IU10 Formulario Actualizar Paciente.
- IU11 Actualización de Paciente Exitosa.
- IU12 Lista de Consultas.
- IU13 Reporte Consultas.
- IU14 Registrar Consulta.
- IU15 Visualizar Consulta.
- IU16 Resultados del Análisis de Imagen de Fondo de Ojo.
- IU17 Confirmación Eliminar Imagen de Fondo de Ojo.
- IU18 Eliminar Imagen de Fondo de Ojo Exitosa.
- IU19 Eliminar Consulta.
- IU20 Eliminación de Consulta Exitosa.
- IU21 Eliminar Paciente.
- IU22 Eliminación de Paciente Exitosa.
- IU23 Opción “Mi Perfil” Médico.
- IU24 Cambiar Contraseña Médico.
- IU25 Actualización de Perfil Exitosa.
- IU26 Opción “Inicio” Administrador.
- IU27 Opción “Pacientes” Administrador.
- IU28 Lista de Médicos.
- IU29 Formulario Registrar Médico.
- IU30 Formulario Visualizar Médico.
- IU31 Formulario Actualizar Médico.
- IU32 Eliminar Médico.
- IU33 Opción “Mi Perfil” Administrador.

6.6.3. Lista de mensajes

Los mensajes desplegados en la aplicación nos permitirán proporcionar información adicional al usuario, los cuales serán los siguientes:

- MSG1 Campos obligatorios vacíos.
- MSG2 Formato incorrecto de información.
- MSG3 Usuario no registrado.
- MSG4 Usuario o contraseña inválidos.
- MSG5 Operación exitosa.
- MSG6 Sin registros.
- MSG7 Contraseñas incorrectas.
- MSG8 Duplicidad de identificador.
- MSG9 Confirmar operación.
- MSG10 Operación denegada.

Dichos mensajes encuentran conformados por artículos, nombre de los campos, formato correcto de la información, las entidades y sus identificadores, así como de las operaciones que el usuario puede realizar conforme a su perfil. A continuación se enlistan los posibles valores para cada uno de ellos, los cuales serán utilizados según el mensaje que se deseé mostrar.

1. ARTÍCULO.

El	La
Los	Las
Un	Una

2. CAMPO.

Apellido materno	Correo electrónico	No. Expediente
Apellido paterno	CURP	Nombre(s)
Aprobación	Domicilio	Observaciones
Celular	Fecha de nacimiento	Sexo
Comentarios	Imagen	Teléfono
Confirmación contraseña	Médico responsable	
Contraseña	No. Cédula profesional	

3. FORMATO.

No. Cédula Profesional.	7-8 dígitos
No. de Expediente.	xxxx – xxxx
Fecha de Nacimiento.	dd/mm/aaaa
Sexo.	‘H’ o ‘M’
Imagen.	JPEG y PNG
Teléfono.	8 dígitos (XXXXXXX)
Celular.	10 dígitos (XXXXXXXXXX)
Email.	*@*
Contraseña.	Debe ser de 8-16 caracteres, contener una letra mayúscula, un carácter especial (#, \$, %, &, /, -,_=) y un número.

4. ENTIDAD.

Usuario	Administrador	Médico
Paciente	Consulta	Imagen

5. IDENTIFICADOR.

No. Cédula Profesional	ID Consulta	ID Imagen
No. Expediente	Lado Ojo	

6. OPERACIÓN INFINTIVO.

Registrar	Actualizar
Visualizar	Eliminar

7. OPERACIÓN PASADO.

Registró	Actualizó
Visualizó	Eliminó

La sintaxis de cada uno de los mensajes mostrados al usuario será la siguiente:

Nombre:	MSG1 Campos obligatorios vacíos.
Sintaxis:	ARTÍCULO CAMPO es obligatori@.
Ejemplo:	El No. de Cédula Profesional es obligatorio.
Consultar:	RN-AD-1 y RN-AI-1.

Nombre:	MSG2 Formato incorrecto de información.
Sintaxis:	El formato para ARTÍCULO CAMPO es incorrecto. (FORMATO)
Ejemplo:	El formato para la contraseña es incorrecto. (Debe ser de 8-16 caracteres, contener una letra mayúscula, un carácter especial (#, \$, %, &, /, -,_=) y un número.)
Consultar:	RN-AD-2
Nombre:	MSG3 Usuario no registrado.
Sintaxis:	ARTÍCULO ENTIDAD no se encuentra registrado.
Ejemplo:	El usuario no se encuentra registrado.
Nombre:	MSG4 Usuario o contraseña inválidos.
Sintaxis:	Usuario o contraseña inválidos.
Nombre:	MSG5 Operación exitosa.
Sintaxis:	ARTÍCULO ENTIDAD (VALOR) se OPERACIÓN_PASADO correctamente.
Ejemplo:	El médico (4518972) se eliminó correctamente.
Nombre:	MSG6 Sin registros.
Sintaxis:	No se encuentra ningún ENTIDAD registrado.
Ejemplo:	No se encuentra ningún paciente registrado.
Nombre:	MSG7 Contraseñas incorrectas.
Sintaxis:	La contraseña y su confirmación no coinciden.
Nombre:	MSG8 Duplicidad de identificador.
Sintaxis:	Ya existe un ENTIDAD registrado con ARTÍCULO IDENTIFICADOR (VALOR) .
Ejemplo:	Ya existe un paciente registrado con el CURP (PAML940822MDFTM18).
Nombre:	MSG9 Confirmar operación.
Sintaxis:	¿Seguro que desea OPERACIÓN_INFINITIVO ARTÍCULO ENTIDAD con IDENTIFICADOR VALOR ?
Ejemplo:	¿Seguro que desea eliminar el paciente con No. expediente 2015-00321?

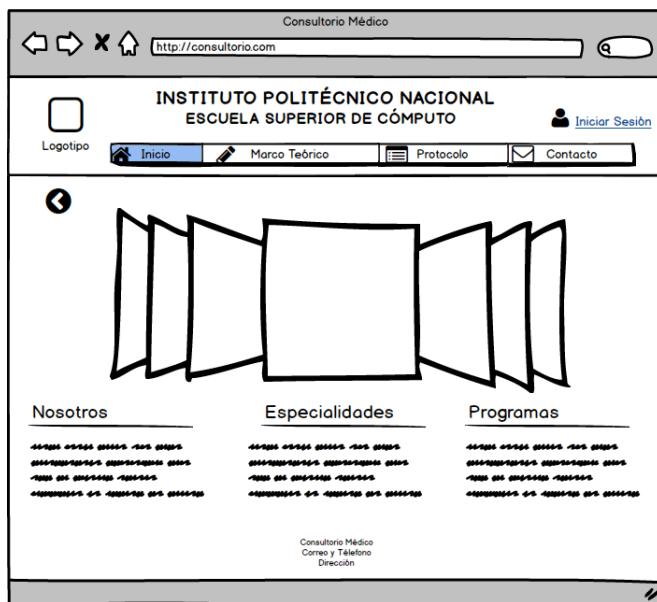
Nombre:	MSG10 Operación denegada.
Sintaxis:	ARTÍCULO ENTIDAD tiene asociado al menos ARTÍCULO ENTIDAD .
Ejemplo:	El médico tiene asociado al menos un paciente.

6.6.4. Funcionalidad

A continuación se presentan las interfaces correspondientes del subsistema Administración de Datos, las cuales nos permiten especificar el funcionamiento general, mostrando las acciones principales que el administrador y el médico podrán realizar de acuerdo a su perfil.

6.6.4.1. Inicio de Sesión

Para que un usuario pueda acceder a la aplicación deberá seleccionar la opción “Iniciar sesión” de la página inicial (*IU1 Página Inicial*).



IU1 Página Inicial.

Al seleccionar dicha opción se desplegará la *UI2 Inicio de Sesión*, la cual nos permitirá realizar dicha acción.

En ella se solicita al usuario su número de cédula profesional y contraseña correspondientes, posteriormente el usuario seleccionará el botón “Iniciar sesión” para ingresar. En caso de que los datos sean correctos se accede a la aplicación, de lo contrario se indicará al usuario que los datos son incorrectos.

IU2 Inicio de Sesión.

Si el usuario no recuerda su contraseña, podrá indicar a la aplicación que la necesita recuperar, para ello deberá dar clic en “**Recuperar Contraseña**”, lo que mostrará la pantalla que se muestra en la *IU3 Recuperar Contraseña*.

IU3 Recuperar Contraseña.

Para terminar el proceso de recuperación de contraseña se ingresa la información solicitada y se da clic en “Recuperar” . Posteriormente el usuario recibirá un correo electrónico por parte de la aplicación, que contendrá su número de cédula profesional y la contraseña correspondiente de su perfil de usuario. Una vez que el usuario haya iniciado sesión, la aplicación desplegará el menú principal correspondiente conforme a su perfil, ya sea médico o administrador:

1. Menú Principal Médico

El menú principal de un médico se muestra en la *IU4*, el cual cuenta con las opciones de:

- Inicio
- Pacientes
- Mi Perfil



IU4 Menú Principal del Médico.

2. Menú Principal Administrador

El menú principal del administrador se muestra en la *IU5*, y está conformado por las siguientes opciones:

- Inicio
- Pacientes
- Médicos
- Mi Perfil



IU5 Menú Principal Administrador.

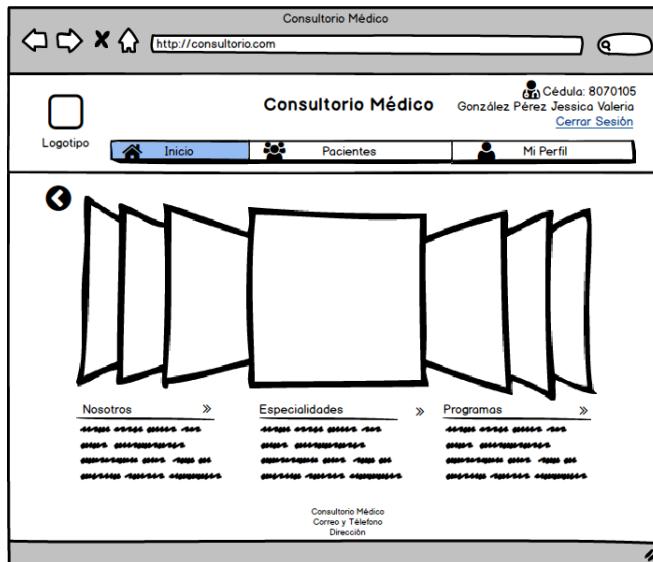
6.6.4.2. Perfil Médico

A continuación se detallarán las opciones que corresponden al menú principal de un médico (*IU4*).

6.6.4.2.1. Inicio

La opción de “Inicio” para un médico se muestra en la *IU6*, ésta desplegará un slider con imágenes relevantes del consultorio médico así como información dividida en 3 categorías:

- **Nosotros.** Proporciona detalles del consultorio médico.
- **Especialidades.** Indica las especialidades que ofrece el consultorio.
- **Programas.** Despliega información de los programas del consultorio.



IU6 Opción “Inicio” Médico.

6.6.4.2.2. Pacientes

Este apartado corresponde a la opción “Pacientes” del menú principal mostrado en la *IU4*, donde el médico podrá gestionar a los pacientes de los cuales es el responsable, permitiéndole realizar las acciones de agregar, visualizar, actualizar o eliminar el registro de los pacientes de los cuales es el médico responsable, asimismo se podrá acceder a su expediente conformado por información de las consultas efectuadas del paciente e imágenes de fondo de ojo.

6.6.4.2.2.1. Visualizar Lista de Pacientes

En la *IU7* se puede visualizar la interfaz diseñada para que el médico pueda observar una lista de los pacientes de los cuales es el médico responsable mostrando los siguientes datos:

- Número de expediente
- Apellido paterno
- Apellido materno
- Nombre(s)

Así como las opciones para registrar, visualizar, actualizar o eliminar el registro de un paciente, o bien, visualizar su expediente.

# Expediente	Ap. Paterno	Ap. Materno	Nombre(s)	Visualizar	Actualizar	Expediente	Eliminar
2015-00212	Añato	Olmos	Oscar David				
2015-02021	Avenidaño	Vargas	Miguel				
2015-02345	Bautista	Gómez	Lizbet Cristine				
2015-00106	Járez	Rojas	Stephany				
2015-00092	Ramírez	Hernández	Martín				

IU7 Lista de Pacientes.

6.6.4.2.2.2. Registrar Paciente

Cada médico deberá generar el registro de los pacientes de los cuales es responsable, dicha acción se llevará a cabo mediante la *IU8* la cual mostrará al médico un formulario con los datos requeridos por el consultorio.

Dicho formulario se desplegará cuando el usuario seleccione el botón “Registrar Paciente” de la *IU7*.

The screenshot shows a web browser window for 'Consultorio Médico' at the URL <http://consultorio.com>. The top navigation bar includes a logo, a search bar, and links for 'Cédula: 8070105', 'González Pérez Jessica Valeria', and 'Cerrar Sesión'. Below the header, there's a menu bar with 'Logotipo', 'Inicio', 'Pacientes', and 'Mi Perfil'. The main content area is titled 'Registrar Paciente' and contains a form with the following fields:

- Apellido Paterno*
- Apellido Materno
- Nombre(s)*
- CURP*
- Fecha de Nacimiento*
- Sexo*: H M
- Teléfono(s)*
- Domicilio
- Correo Electrónico
- Médico responsable*:

A 'Registrar' button is located at the bottom of the form. At the very bottom of the page, there's a footer with the text 'Consultorio Médico', 'Correo y Teléfono', and 'Dirección'.

IU8 Formulario Registrar Paciente.

El médico generará un nuevo expediente para un paciente ingresando obligatoriamente apellido paterno, nombre(s), CURP, fecha de nacimiento, sexo, teléfono fijo o celular y el nombre del médico responsable. Y de manera opcional: apellido materno, domicilio y correo electrónico. Una vez ingresados los datos solicitados, el usuario deberá dar clic en “Registrar” de la *IU8*, generando así un nuevo registro para el paciente solicitado.

6.6.4.2.2.3. Visualizar Paciente

El médico podrá visualizar los datos personales de un paciente seleccionando la opción “Visualizar” en la fila correspondiente al paciente deseado de la lista de pacientes. Por ejemplo, si se desea visualizar los datos de “Bautista Gómez Lizbet Cristina” deberá seleccionar el botón “Visualizar” de la fila número 3 de la *IU7*.

Posteriormente, se mostrarán los datos personales correspondiente al paciente:

IU9 Formulario Visualizar Paciente.

6.6.4.2.2.4. Actualizar Paciente

El médico de igual manera podrá actualizar datos personales de algún paciente, para ello es necesario seleccionar la opción “Actualizar” en la *IU7*, dando clic en la fila del paciente al cual se desea modificar alguno de sus datos.

Al seleccionar al paciente deseado, automáticamente aparecerán los datos del paciente actuales, dando la posibilidad de que el médico modifique algunos de ellos, pues cabe destacar que por seguridad no se permite realizar modificaciones al CURP y al número de expediente.

Una vez que el médico haya ingresado los datos que desee actualizar, seleccionará el botón “Actualizar”.

IU10 Formulario Actualizar Paciente.

Posteriormente la aplicación realizará la actualización y se mostrará el mensaje *MSG5 Operación exitosa* en el área de notificación, tal como se muestra en la *IU11*.

IU11 Actualización de Paciente Exitosa.

6.6.4.2.2.5. Visualizar Expediente Paciente

El médico podrá visualizar las consultas de un paciente, para ello deberá seleccionar la opción “Expediente” en la *IU7* de la fila del paciente del cual desea observar la lista de sus consultas.

Al elegir al paciente deseado, automáticamente aparecerá una lista con todas las consultas del paciente registradas en la aplicación, como se muestra en la *IU12*, donde se presentan las consultas por fecha, dando la posibilidad de registrar, eliminar o visualizar la consulta.

IU12 Lista de Consultas.

El médico podrá generar un reporte en formato PDF seleccionando la opción de “Generar Reporte”, este documento contiene los datos de todas las consultas, es decir, la fecha y sus observaciones correspondientes, tal como se muestra en la *IU13*.

IU13 Reporte Consultas.

1. Registrar Consulta del Paciente

El médico podrá registrar una nueva consulta de un paciente al dar clic en “Registrar Consulta” de la IU12. Al seleccionar dicha opción, la aplicación desplegará la IU14, donde se deberán ingresar las observaciones médicas correspondientes y de manera opcional elegir imágenes de fondo de ojo del paciente para su posterior análisis.

IU14 Registrar Consulta.

Una vez ingresados los datos correspondientes, el médico deberá dar clic en “Registrar” para almacenar la información de la consulta del paciente.

2. Visualizar Consulta del Paciente

Para que un médico pueda visualizar los detalles de cada consulta del paciente debe seleccionar la opción “Visualizar” en la fila correspondiente de la lista de las consultas. Por ejemplo, si se desea visualizar la consulta de la fecha 03/04/2015 del paciente Ramírez Hernández Martín, deberá seleccionar “Visualizar” en la fila 3 de la IU12.

Al seleccionar la opción anterior se desplegará la IU15 para visualizar los datos completos de la consulta. En esta interfaz se podrán agregar y eliminar las imágenes de fondo de ojo correspondientes a esa consulta, así como modificar sus observaciones generales.

Consultorio Médico
http://consultorio.com

Cédula: 8070105
González Pérez Jessica Valeria
[Cerrar Sesión](#)

Registro de Consulta

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.

No. Expediente: 2015-02345
Nombre: Ramírez Hernández Martín

Observaciones*: Indicios de hemorragias en ambos ojos

Ojo Derecho Ojo Izquierdo

Analizar Eliminar Analizar Eliminar Analizar Eliminar

Cancelar Registrar

Consultorio Médico
Correo y Teléfono
Dirección

IU15 Visualizar Consulta.

En la *IU15* se podrá seleccionar la opción de “Analizar” en alguna de las imágenes que se encuentren dentro del registro, al hacer clic en dicha opción se mostrará la *IU16*.

Consultorio Médico
http://consultorio.com

Cédula: 8070105
González Pérez Jessica Valeria
[Cerrar Sesión](#)

Registro de Consulta

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.

No. Expediente: 2015-02345
Nombre: Ramírez Hernández Martín

Observaciones*: Indicios de hemorragias en ambos ojos

Ojo Derecho

Analizar Eliminar

Se realiza el análisis de la imagen de fondo de ojo.

Ojo Izquierdo

Analizar Eliminar

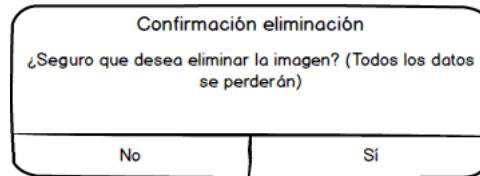
Cancelar Registrar

Consultorio Médico
Correo y Teléfono
Dirección

IU16 Resultados del Análisis de Imagen de Fondo de Ojo.

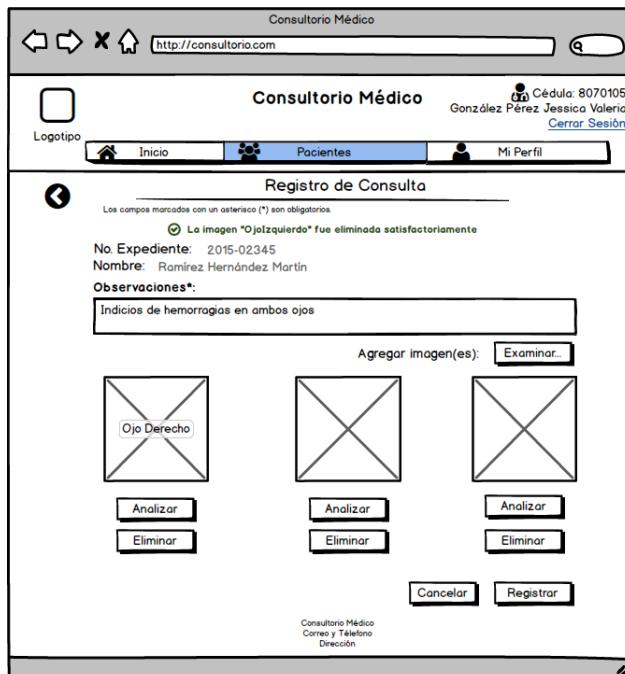
Mediante la *IU16* se presentarán los resultados obtenidos del subsistema Análisis de Imágenes, donde se mostrará la información correspondiente de los signos característicos de RDNP en caso de existir, cuya funcionalidad corresponde al subsistema de Análisis de Imágenes.

Así bien, en la *IU15* el médico puede eliminar una imagen, para ello deberá seleccionar la opción de “Eliminar” de la imagen correspondiente, y aparecerá el *MSG9 Confirmar operación*.



IU17 Confirmación Eliminar Imagen de Fondo de Ojo.

Si el médico acepta la confirmación de eliminación, entonces se desplegará el *MSG5 Operación exitosa* en el área de notificación, la imagen seleccionada se eliminará, tal como se muestra en la *IU18*.



IU18 Eliminar Imagen de Fondo de Ojo Exitosa.

3. Eliminar Consulta del Paciente

La interfaz para que un médico pueda eliminar la consulta de un paciente es la *IU19*, para ello se selecciona la opción “Eliminar” de la fila que corresponde a la consulta deseada de la *IU12*.

La aplicación mostrará el *MSG9 Confirmar operación* para que el usuario acepte o cancele la eliminación de la consulta indicada, tal como se muestra en la *IU19 Eliminar Consulta*.

IU19 Eliminar Consulta.

En caso de confirmar la operación, se mostrará el *MSG5 Operación exitosa* en el área de notificación y se actualizará la lista de las consultas registradas.

IU20 Eliminación de Consulta Exitosa.

6.6.4.2.2.6. Eliminar Paciente

La interfaz diseñada para que un médico pueda eliminar el expediente de un paciente y el registro con sus datos personales se muestra en la *IU21*, dicha acción se realiza desde la lista de pacientes desplegada en la opción “Pacientes” del menú principal.

The screenshot shows a web browser window titled "Consultorio Médico". The URL is "http://consultorio.com". In the top right corner, it displays "Cédula: 8070105" and the user's name "González Pérez Jessica Valeria" with a "Cerrar Sesión" link. The main menu includes "Inicio", "Pacientes" (which is highlighted in blue), and "Mi Perfil". Below the menu, the title "Lista de Pacientes" is shown, along with a "Registrar Paciente" button. The patient list table has columns for "# Expediente", "Ap. Paterno", "Ap. Materno", "Nombre(s)", and "Acciones". One row is selected, showing "2015-02021", "Anota", "Olmos", "Oscar David", and icons for "Visualizar", "Actualizar", "Expediente", and "Eliminar". A modal dialog box titled "Confirmación de eliminación" asks "¿Seguro que desea eliminar el expediente 2015-02021?". It has "No" and "Si" buttons. To the right of the table, there is a vertical column of icons for each patient row, likely representing different actions like viewing or deleting.

IU21 Eliminar Paciente.

El usuario únicamente deberá dar clic sobre la opción “Eliminar” de la fila que contiene el expediente del paciente deseado. Posteriormente aparecerá el *MSG9 Confirmar operación* para que el usuario acepte o rechace dicha eliminación, en caso de confirmarla, la aplicación mostrará el *MSG5 Operación exitosa* en el área de notificación y se actualizará la lista de los pacientes registrados.

This screenshot shows the same web interface after a successful deletion. The message "El expediente 2015-02021 fue eliminado correctamente" is displayed above the patient list. The patient list table now shows only three rows: "2015-00212", "Anota", "Olmos", "Oscar David", and the same set of action icons. The "Eliminar" icon for the first row is no longer present.

IU22 Eliminación de Paciente Exitosa.

6.6.4.2.3. Perfil

El médico podrá actualizar los datos de su perfil, mediante la opción “Mi Perfil” del menú principal, teniendo la posibilidad de modificar algunos de sus datos, tales como apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono(s), domicilio, correo electrónico, así como su contraseña ingresando la nueva y su confirmación.

Consultorio Médico
http://consultorio.com

Consultorio Médico

★ Cédula: 8010767
Barrera Flores Alfredo
[Cerrar Sesión](#)

Logotipo [Inicio](#) [Pacientes](#) [Mi Perfil](#)

Mi Perfil

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.

Num. Cédula Profesional*	8010767
Apellido Paterno*	Barrera
Apellido Materno	Florés
Nombre(s)*	Alfredo
Fecha de Nacimiento*	5/12/1970
Sexo*	<input checked="" type="radio"/> H <input type="radio"/> M
Teléfono(s)*	15463370 5501234567
Domicilio	Calle Altadena Num 173 Col. Nápoles Del. Benito Juárez CP 03810
Correo Electrónico*	barrera_flo@gmail.com
Contraseña	Cambiar Contraseña...
Actualizar	
Consultorio Médico Correos y Teléfonos Dirección	

IU23 Opción “Mi Perfil” Médico.

Si se desea cambiar la contraseña se deberá seleccionar **Cambiar Contraseña** e ingresar la contraseña actual, nueva contraseña y la confirmación de esta última.

Correo Electrónico* barrera_flo@gmail.com

Contraseña Actual*

Contraseña Nueva*

Confirmar Contraseña*

[Actualizar](#)

IU24 Cambiar Contraseña.

En caso de que el médico modifique alguno de sus datos deberá dar clic sobre el botón “Actualizar” y la aplicación realizará los cambios correspondientes en el perfil, además de mostrar el **MSG5 Operación exitosa** en el área de notificación.

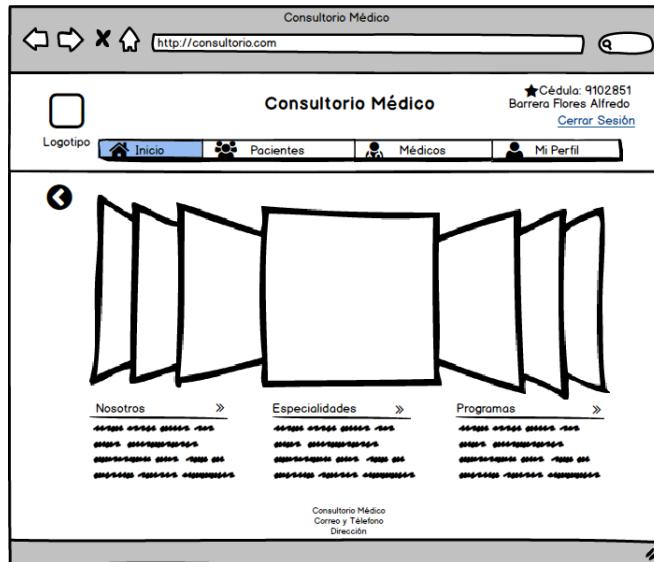
IU25 Actualización de Perfil Exitosa.

6.6.4.3. Perfil Administrador

A continuación se detallarán las opciones que corresponden al menú principal del administrador, mostradas en la *IU5*.

6.6.4.3.1. Inicio

La opción de “Inicio” para un administrador posee la misma funcionalidad que para el médico, se desplegará un slider con imágenes relevantes del consultorio e información dividida en: Nosotros, Especialidades y Programas.



IU26 Opción “Inicio” Administrador.

6.6.4.3.2. Pacientes

En esta opción del menú principal, el administrador podrá visualizar la lista de todos los pacientes registrados en la aplicación, a diferencia de un médico en el cual sólo se muestran los pacientes de los cuales es responsable.

Al usuario se le dará la posibilidad de registrar, visualizar, actualizar o eliminar el registro del paciente seleccionado, además de poder visualizar su expediente.

# Expediente	Ap. Paterno	Ap. Materno	Nombre(s)	Visualizar	Actualizar	Expediente	Eliminar
2015-00212	Anota	Olmos	Oscar David				
2015-02021	Avenidaño	Vargas	Miguel				
2015-02429	Boutista	Gómez	Lizbet Cristiñic				
2015-00106	Juárez	Rojas	Stephany				
2015-00092	Mendoza	Ortega	Saúl				

IU27 Opción “Pacientes” Administrador.

Para más detalles acerca del funcionamiento veáse la sección “**6.6.4.2.2. Pacientes**” del Perfil de “Médico”.

6.6.4.3.3. Médicos

Dicha opción del menú principal permite al administrador gestionar los médicos registrados en el consultorio, lo cual comprende registrar, visualizar, actualizar y eliminar la información de los médicos.

6.6.4.3.3.1. Visualizar Lista de Médicos

La IU28 muestra cómo un administrador podrá visualizar los médicos registrados en la aplicación. Para ello el usuario deberá haber ingresado con un perfil de Administrador y elegir la opción “Médicos” del menú principal.

En la lista de los médicos se incluirán los siguientes datos: No. de cédula profesional, apellido paterno, apellido materno y nombre(s). Así como las opciones para registrar, visualizar, actualizar y eliminar el perfil del médico.

IU28 Lista de Médicos.

6.6.4.3.3.2. Registrar Médico

Para poder registrar un médico en la aplicación es necesario ingresar con el perfil de administrador y seleccionar la opción de “Registrar Médico” mostrado en la IU28. La aplicación desplegará un formulario para ingresar los datos del nuevo perfil, tal como se presenta en la IU29.

IU29 Formulario Registrar Médico.

Una vez que se ha llenado el formulario correctamente, para terminar con el registro, simplemente se da clic en el botón de “Registrar”. En caso de que los datos sean llenados incorrectamente, es decir, con formato erróneo o sean vacíos, la aplicación muestra en el área de notificación un mensaje de error, en caso contrario se mostrará un mensaje de éxito, y la lista de la IU28 será actualizada.

6.6.4.3.3. Visualizar Médico

El administrador podrá visualizar la información de algún médico en específico, para ello deberá elegir la opción “Visualizar” del médico que desee de la lista mostrada en la IU28. Por ejemplo, si el administrador desea visualizar los datos del médico “Olvera Contreras Alejandro” deberá seleccionar “Visualizar” de la fila número 3. Al elegir dicha opción, se hará uso de la IU30 para visualizar los datos del médico indicado.

IU30 Formulario Visualizar Médico.

6.6.4.3.4. Actualizar Médico

El administrador podrá actualizar los datos del perfil de un médico, para ello es necesario seleccionar la opción “Actualizar” en la IU28, dando clic en la fila del paciente al cual se desea modificar alguno de sus datos.

Al seleccionar al médico deseado, automáticamente aparecerán los datos actuales del perfil, dando la posibilidad de que el administrador actualice algunos de ellos, pues cabe destacar que por seguridad no se podrá modificar el número de cédula profesional, ni se permitirá que el administrador pueda cambiar la contraseña del perfil de un médico.

Consultorio Médico
http://consultorio.com

Consultorio Médico

Cédula: 9102851
Barroso Flores Alfredo
[Cerrar Sesión](#)

Logotipo Inicio Pacientes Médicos Mi Perfil

Actualizar Médico

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.

Cédula Profesional* 7834672
Apellido Paterno* Olvera
Apellido Materno Contreras
Nombre(s)* Alejandro
Fecha de Nacimiento* 5/12/1982
Sexo* H M
Teléfono(s)* 09782310 5512986702
Domicilio Calle Nápoles Num 9
Col. Centro
Del. Miguel Hidalgo CP 07230
Correo Electrónico* flom_alv@gmail.com
Contraseña*

Consultorio Médico
Correo y Teléfono
Dirección

IU31 Formulario Actualizar Médico.

Una vez que el administrador haya ingresado los datos que desee actualizar, seleccionará el botón de “Actualizar”. Posteriormente la aplicación realizará la actualización y se mostrará el mensaje *MSG5 Operación exitosa* en el área de notificación.

6.6.4.3.3.5. Eliminar Médico

La interfaz diseñada para que un administrador pueda eliminar a un médico de la aplicación es la IU32, cuya opción se encuentra en la lista desplegada en la opción “Médicos” del menú principal.

En dicha interfaz el administrador únicamente elegirá la opción “Eliminar” de la fila que corresponde al médico deseado. La aplicación desplegará el *MSG9 Confirmar operación* para que el usuario acepte o cancele la eliminación de la cuenta del médico indicado.

IU32 Eliminar Médico.

6.6.4.3.4. Perfil

El administrador podrá actualizar la información de su perfil, mediante la opción “Mi Perfil” del menú principal, teniendo la posibilidad de modificar algunos de sus datos, tales como apellido(s), nombre(s), fecha de nacimiento, sexo, teléfono(s), domicilio, correo electrónico, y su contraseña.

UI33 Opción “Mi Perfil” Administrador.

6.7. Modelo de Base de Datos

A continuación se muestra el modelo de Entidad-Relación del subsistema de Administración de Datos.

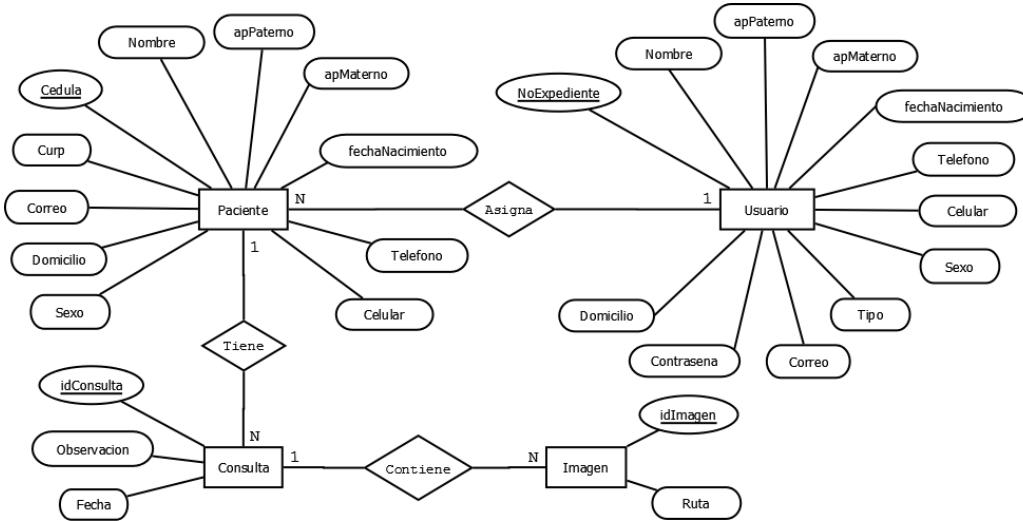


Figura 6.3: Modelo Entidad-Relación Administración de Datos

En la Figura 6.4 se observa el modelo relacional.

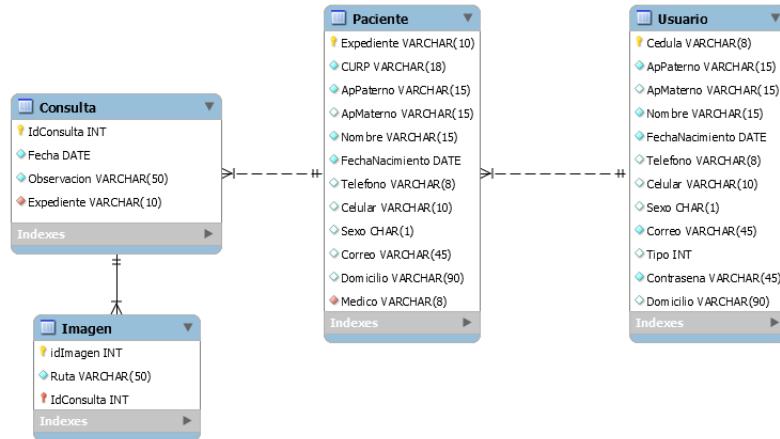


Figura 6.4: Modelo Relacional Administración de Datos

6.8. Diagrama de clases

En la figura 6.5 se puede observar el Diagrama de Clases del subsistema de Administración de Datos, el cual fue diseñado con base al patrón de diseño MVC, donde:

- **Modelo (M).**

Conformado por las clases: Usuario, UsuarioDAO, Paciente, PacienteDAO, Consulta, ConsultaDAO, Imagen e ImagenDAO.

- **Vista (V).**

Conformado por los archivos JSP.

- **Controlador (C).**

Conformado por las clases: IniciarSesionAction, GestionUsuarioAction, GestionPerfilAction, GestionPacienteAction, y GestionExpedienteAction.

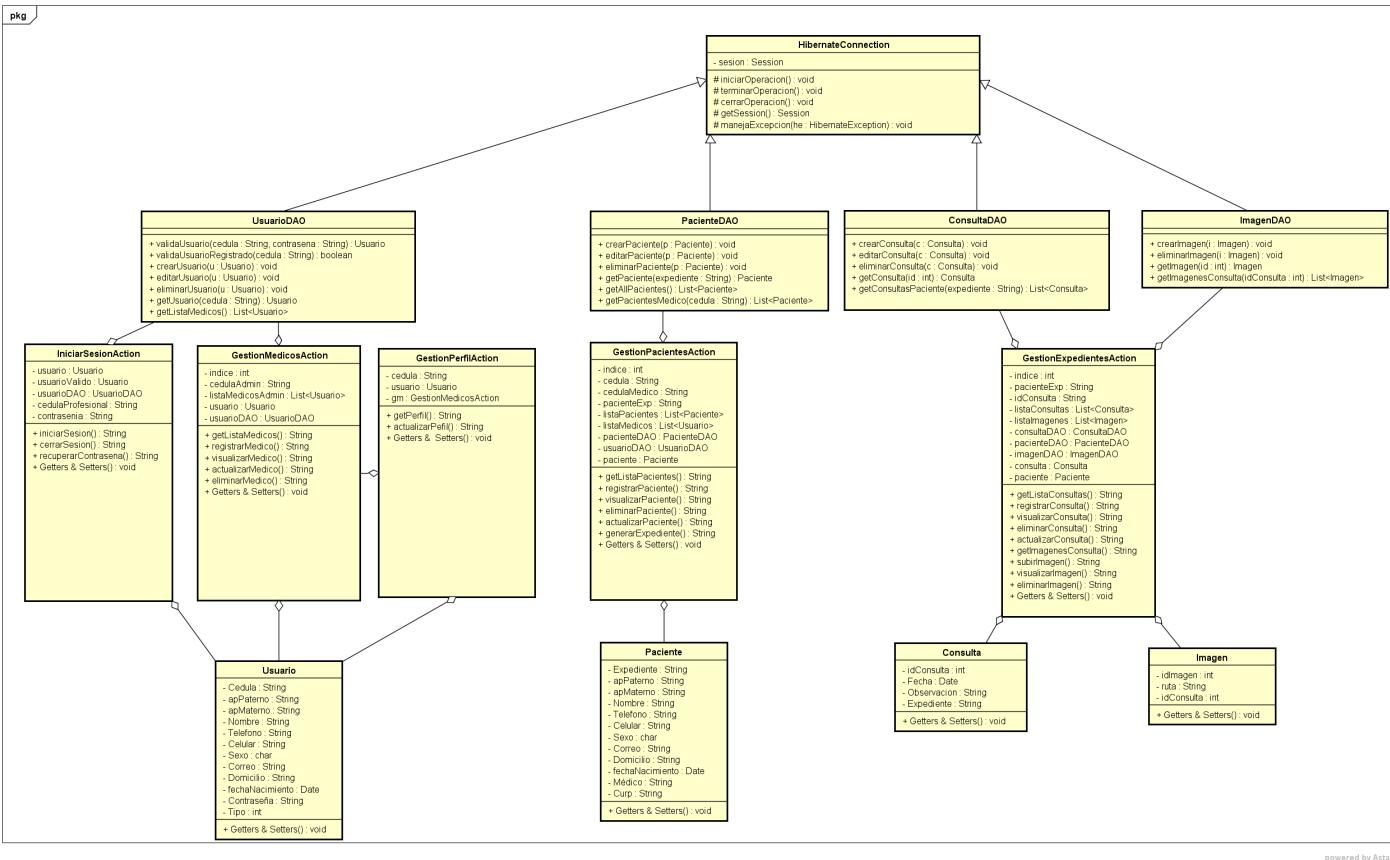


Figura 6.5: Diagrama de Clases Administración de Datos

6.9. Diagramas de secuencia

Los siguientes diagramas de secuencia corresponden al subsistema Administración de Datos, los cuales contemplan la gestión de usuarios, pacientes y consultas, así como el inicio de sesión.

6.9.1. Inicio de Sesión

Los diagramas de secuencia para el módulo de Inicio de Sesión involucran las acciones de iniciar sesión y recuperar contraseña.

6.9.1.1. DS01. Iniciar Sesión

La Figura 6.6 muestra la comunicación entre los objetos de la aplicación para iniciar sesión. En él se observa que, para que dicho proceso se lleve a cabo de manera satisfactoria el usuario debe estar registrado, además de que la cédula y contraseña ingresadas deben coincidir con los datos contenidos en el repositorio. Si los datos son correctos, la aplicación desplegará el menú principal conforme al perfil del usuario.

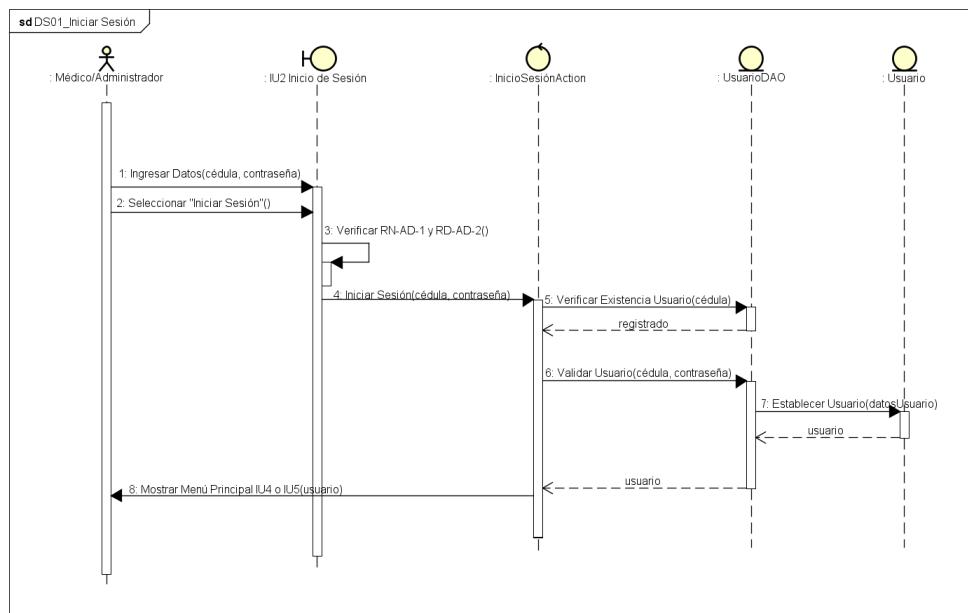


Figura 6.6: Iniciar Sesión.

6.9.1.2. DS02. Recuperar Contraseña

En la figura 6.7 se presenta cómo es que un usuario puede recuperar su contraseña. Para ello, éste ingresa su cédula correspondiente, en caso de estar registrado en la aplicación recibirá un correo electrónico con los datos necesarios para iniciar sesión.

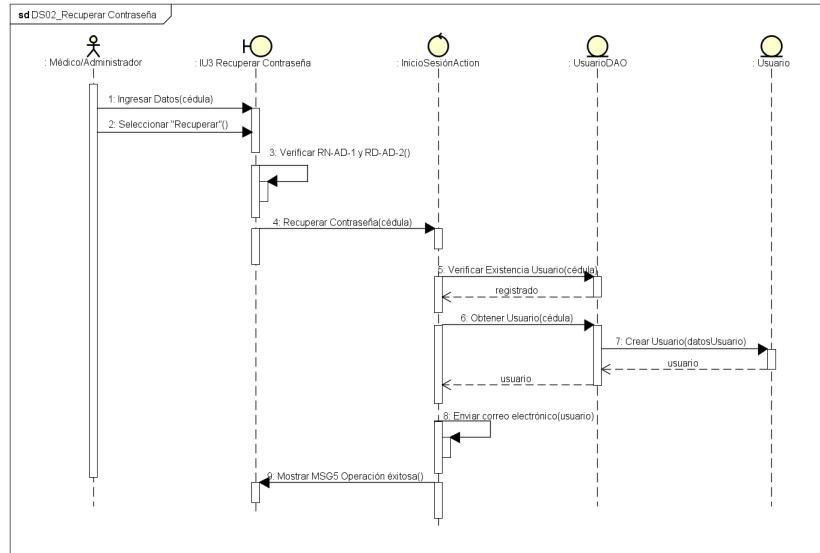


Figura 6.7: Recuperar Contraseña.

6.9.2. Gestión de Médicos

Los diagramas de secuencia para la gestión de médicos comprenden las acciones de visualizar una lista de los médicos registrados mediante la cual se podrá realizar su gestión, incluyendo el poder agregar un nuevo usuario con el perfil de médico, visualizar, modificar o eliminar el registro de un médico existente.

6.9.2.1. DS03. Gestionar Médico

El proceso efectuado para que un administrador pueda gestionar a los usuarios registrados con el perfil de médico, se presenta en la Figura 6.8. En ella se observa que el administrador contará con una lista de los médicos mediante la cual podrá visualizar, actualizar o eliminar el registro de un médico. Así bien, el administrador contará con la opción para agregar uno nuevo.

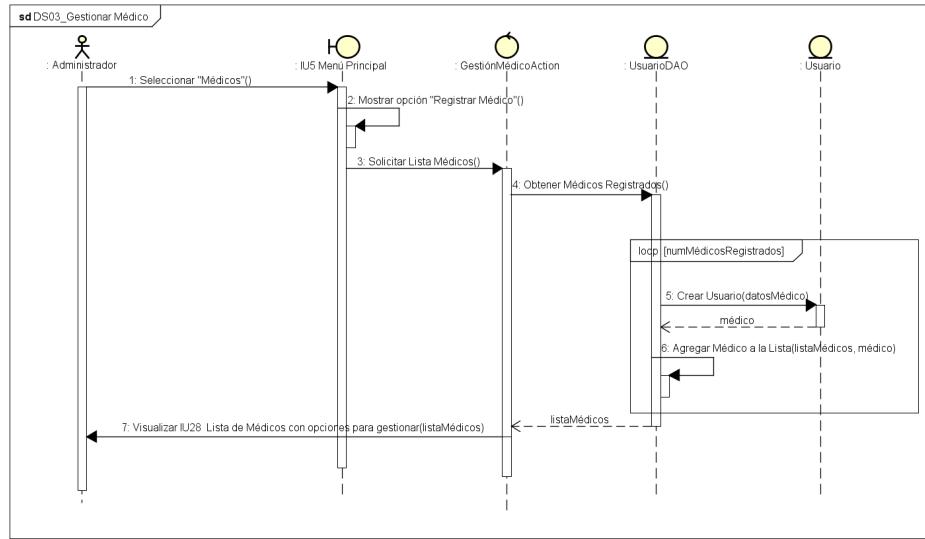


Figura 6.8: Gestionar Médico.

6.9.2.2. DS04. Registrar Médico

Para llevar a cabo el registro de un médico, el administrador debe ingresar los datos correspondientes, en caso de ser correctos, se deberá verificar que no exista un médico con el número de cédula profesional ingresado. Una vez registrado en la aplicación, se desplegará un mensaje de operación exitosa y se actualizará la lista de médicos, tal como se muestra en la Figura 6.9.

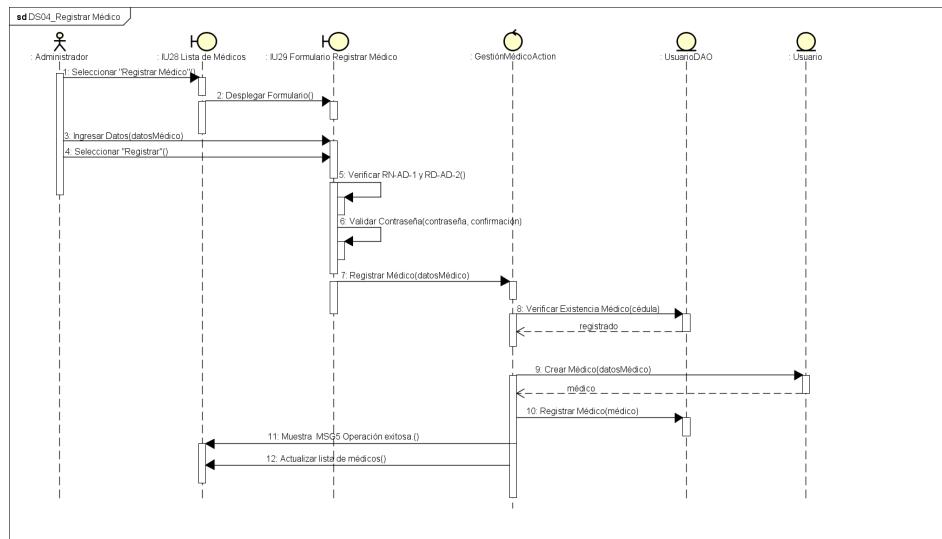


Figura 6.9: Registrar Médico.

6.9.2.3. DS05. Visualizar Médico

Para visualizar los datos de un médico, se debe seleccionar la opción deseada en la IU28. Posteriormente, el controlador obtendrá la información correspondiente a la cédula ingresada, presentándola al usuario mediante la IU30.

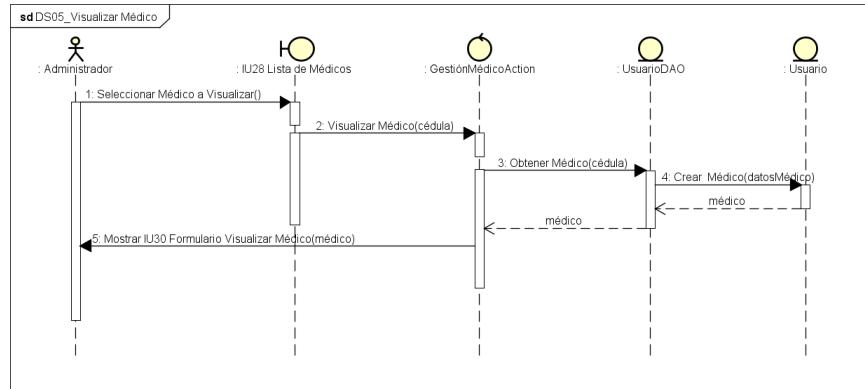


Figura 6.10: Visualizar Médico.

6.9.2.4. DS06. Actualizar Médico

En la Figura 6.11 se presenta el procedimiento para actualizar los datos de un médico.

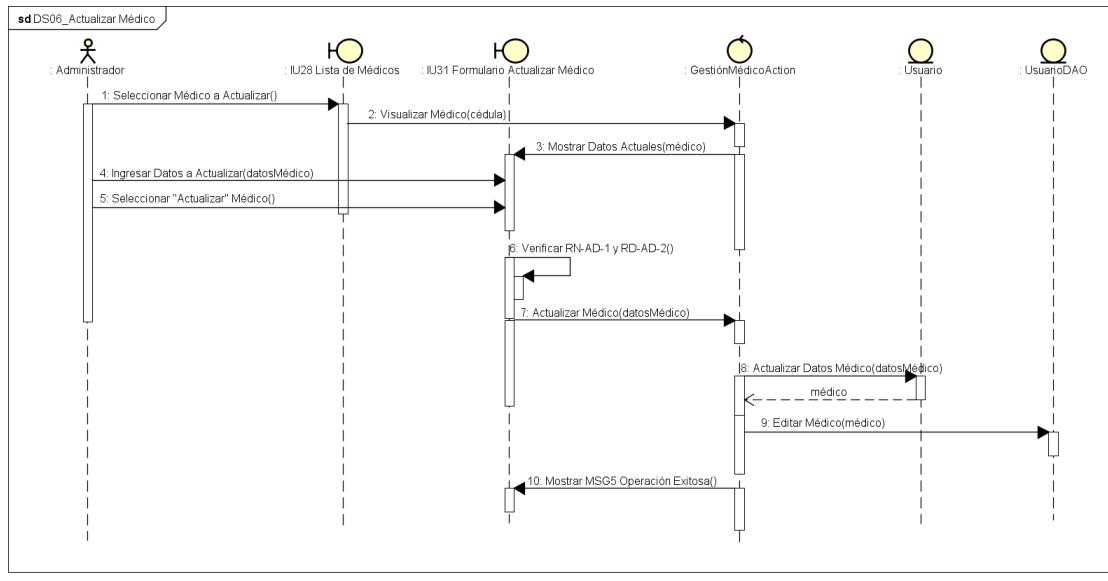


Figura 6.11: Actualizar Médico.

6.9.2.5. DS07. Eliminar Médico

En la Figura 6.12 se presenta la comunicación entre los objetos para eliminar un médico. En el diagrama se puede observar que el usuario deberá aceptar la confirmación, posteriormente el controlador correspondiente deberá corroborar que dicho médico no cuente con pacientes a su cargo para poder efectuar la eliminación indicada.

En caso de que la operación se ejecute de manera satisfactoria, se desplegará el mensaje correspondiente y se actualizará la lista de médicos.

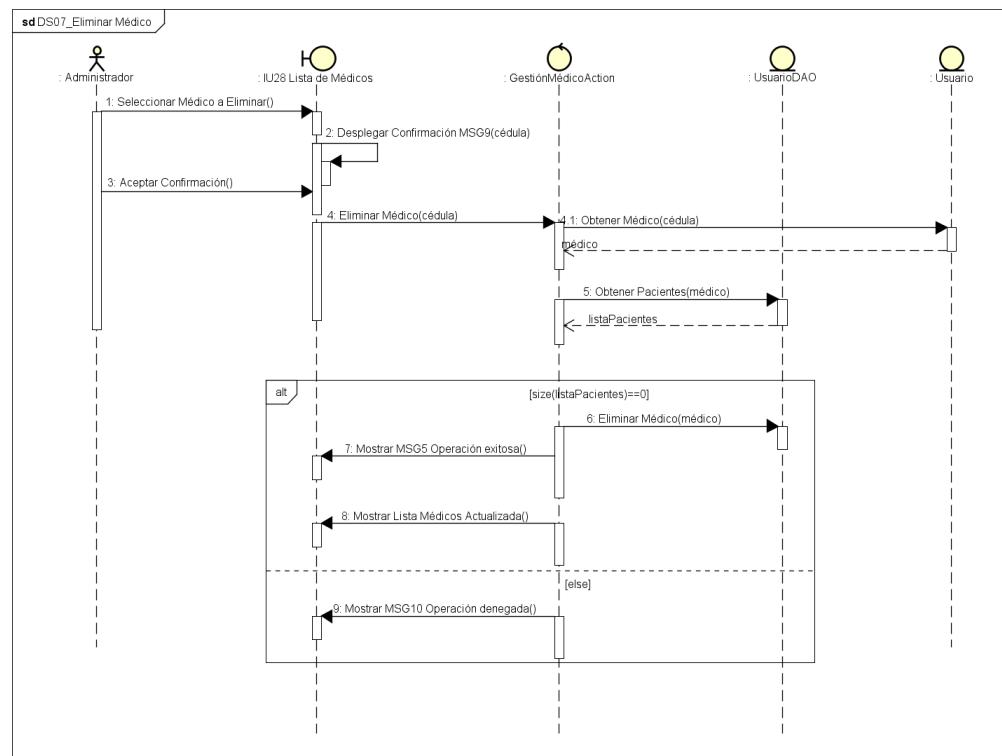


Figura 6.12: Eliminar Médico.

6.9.3. Gestión de Pacientes

Los diagramas de secuencia para la gestión de pacientes, son homólogos a la gestión de médicos, razón por la cual no se requirió diseñarlos.

6.9.4. Gestión de Expediente

Los diagramas de secuencia para la gestión de expediente involucran las acciones de visualizar, actualizar o eliminar las consultas de un paciente, así como el registrar una nueva. Dichas consultas incluyen imágenes de fondo de ojo de los pacientes.

6.9.4.1. DS08. Gestionar Expediente

El proceso efectuado para que un usuario pueda visualizar la lista de las consultas de un paciente se presenta en la Figura 6.13.

En la lista presentada al usuario se podrá llevar a cabo la gestión de las consultas, incluyendo el poder agregar una nueva consulta, o bien, visualizar, modificar o eliminar el registro de una existente.

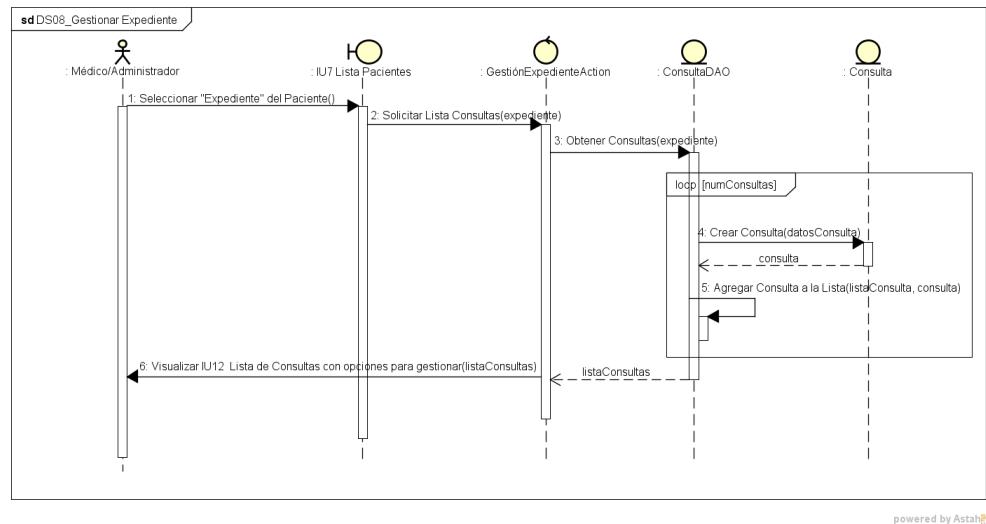


Figura 6.13: Gestionar Expediente.

6.9.4.2. DS09. Registrar Consulta

Para llevar a cabo el registro de una consulta, el médico debe ingresar los datos correspondientes, una vez validada la información se registrará en la aplicación tanto los datos de la consulta como las imágenes de fondo de ojo seleccionadas, desplegando un mensaje de operación exitosa en caso de que la operación se haya efectuado correctamente y actualizando la lista de consultas, tal como se muestra en la Figura 6.14.

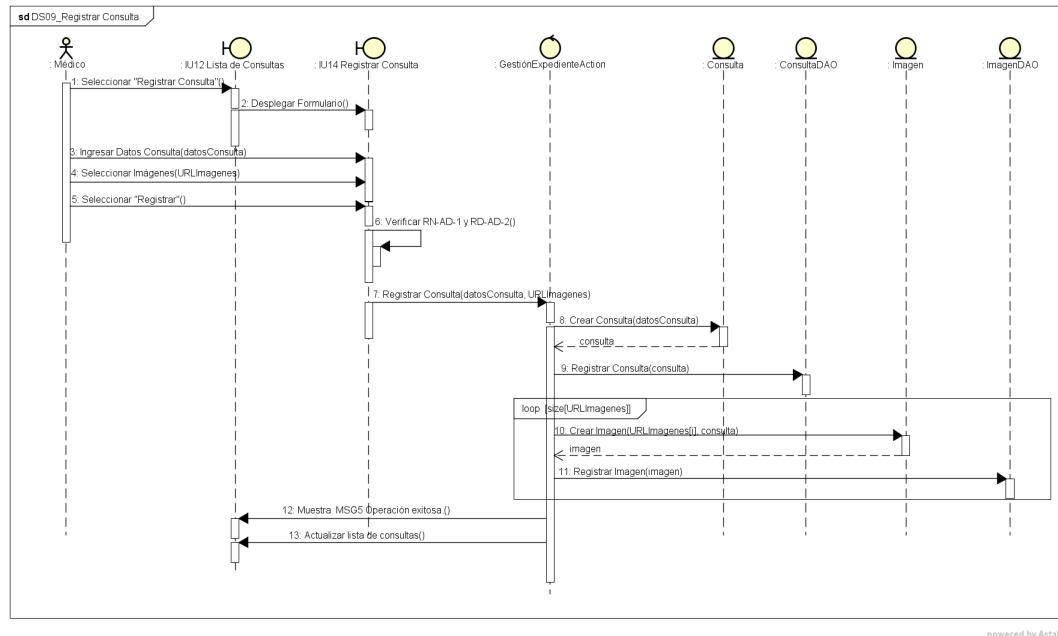


Figura 6.14: Registrar Consulta.

6.9.4.3. DS10. Visualizar Consulta

Para visualizar los datos de la consulta de un paciente, se debe seleccionar la opción deseada en la IU12. Posteriormente, el controlador obtendrá la información correspondiente a la consulta indicada y las imágenes asociadas a ella, presentando la información al usuario mediante la IU15.

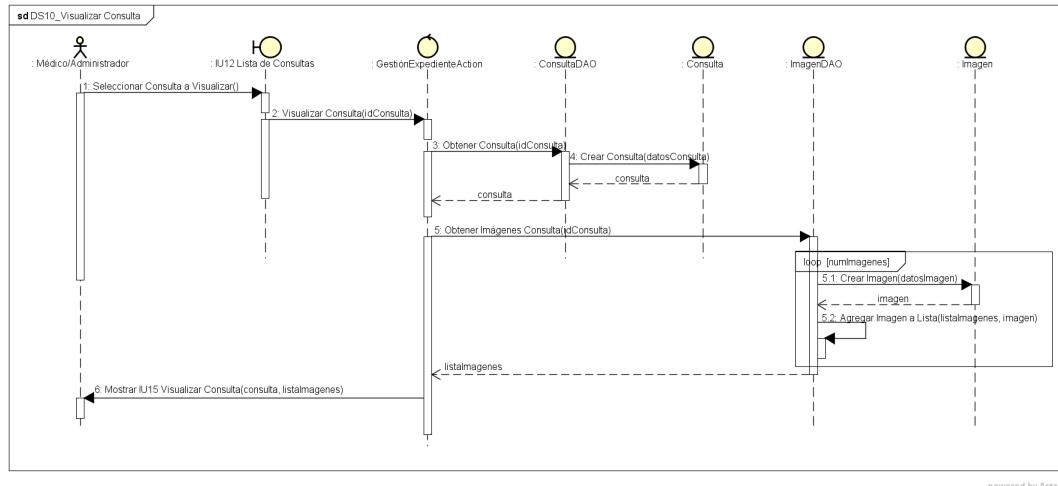


Figura 6.15: Visualizar Consulta.

6.9.4.4. DS11. Actualizar Consulta

En la Figura 6.16 se presenta el procedimiento para actualizar los datos de una consulta, lo cual puede incluir modificaciones en las imágenes asociadas a ella.

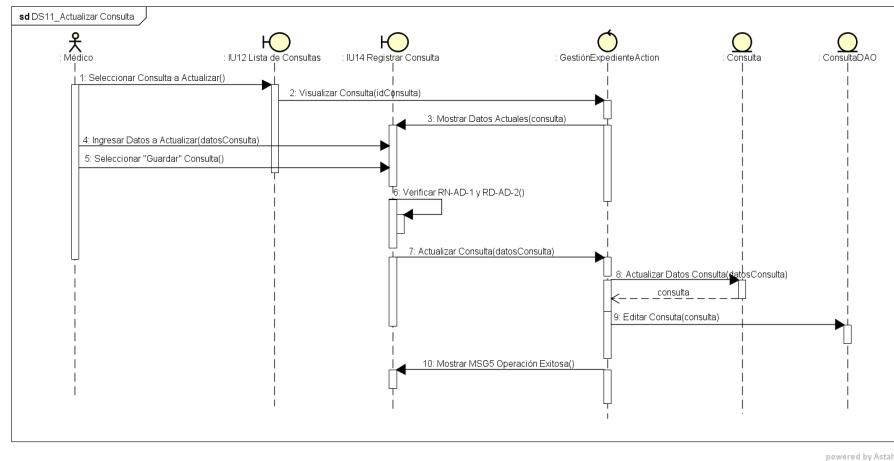


Figura 6.16: Actualizar Consulta.

6.9.4.5. DS12. Eliminar Consulta

En la Figura 6.17 se presenta la comunicación entre los objetos para eliminar la consulta de un paciente. El médico deberá aceptar la confirmación, posteriormente el controlador realizará las acciones pertinentes para eliminar la información relacionada a la consulta (incluyendo las imágenes de fondo de ojo que tenga asociadas).

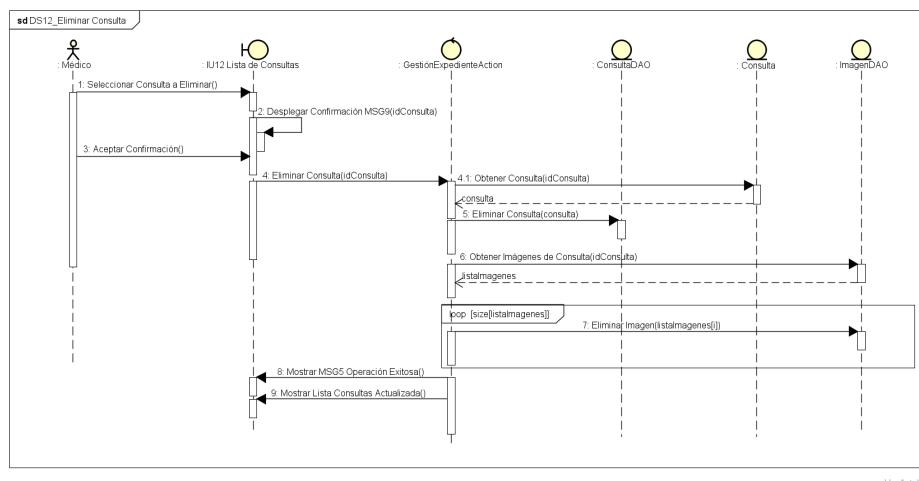


Figura 6.17: Eliminar Consulta.

6.10. Implementación

El lenguaje de programación que se usó para llevar a cabo la implementación para el subsistema de Administración de Datos es Java (versión 7), el cual es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente y orientado a objetos, es ampliamente usado para aplicaciones de cliente-servidor de web y como complemento al lenguaje Java se utilizó JSP (JavaServer Pages) que ayuda a crear páginas web dinámicas basadas en HTML, XML, entre otros tipos de documentos. De esta manera, para el desarrollo de la vista de usó HTML5 y CSS3, el primero contiene un conjunto más amplio de tecnologías que permite a los sitios web y a las aplicaciones ser más diversas y de gran alcance respecto a sus versiones anteriores y CSS3 (Cascading Style Sheets) permite lograr estilos y efectos visuales que antes sólo eran posibles por medio de tecnologías adicionales, con ello y en adición a Bootstrap en su versión 3.3.6, el cual es un framework o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web que contiene numerosas plantillas de diseño. Así bien, mediante el uso de JavaScript y jQuery se llevó a cabo el desarrollo de la capa de presentación (interacción con el usuario).

Por otra parte, para el manejo de la Base de Datos se utilizó MySQL en la versión 5.7. MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual GPL/Licencia comercial por Oracle Corporation es considerada como la base datos Open Source más popular del mundo además es bastante utilizada sobre todo para entornos de desarrollo web.

Del mismo modo, se hizo uso de distintos Frameworks para una mayor facilidad en la implementación de la capa de acceso a datos y además para seguir con el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador, además de lograr una mayor reducción de código. Para el Mapeo Objeto-Relacional se usó **Hibernate** (versión 3), el cual es un Framework de Mapeo Objeto-Relacional (ORM) para Java que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional y el modelo de objetos de una aplicación, es decir, hace más sencillo la relación entre la aplicación y la Base de Datos.

Asi mismo, se utilizó **Struts 2**, éste es un framework de presentación, dentro de las capas en las que se divide una aplicación en la arquitectura JEE, el cual implementa el controlador del patrón de diseño MVC, y que se puede configurar de diversas maneras, igualmente proporciona algunos componentes para la capa de Vista, soporte de jQuery y una posible integración con otros Frameworks para implementar la capa del Modelo como Hibernate, el cual se mencionó anteriormente y que de la misma forma se usó para la implementación.

Finalmente como contenedor web se utilizó Apache Tomcat, éste es un contenedor web con soporte de servlets y JSPs y dado que Tomcat fue escrito en Java, funciona en cualquier sistema operativo que disponga de la máquina virtual Java.

6.11. Pruebas

De acuerdo a la descripción de los Casos de Uso, a continuación se muestran las pruebas realizadas del subsistema de Administración de Datos. Es importante mencionar que por cuestiones de espacio en el documento sólo se tomaron en cuenta las trayectorias principales, sin embargo, las trayectorias alternativas también fueron implementadas y validadas.

Iniciar Sesión

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en “Iniciar Sesión” de la <i>IU1 Página Inicial</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el formulario de ingreso para el inicio de sesión. <i>IU2 Inicio de Sesión</i> .	✓	Funciona correctamente.
3. Ingresa el no. de cédula profesional y contraseña correspondientes a su perfil.	✓	Funciona correctamente.
4. Da clic en “Iniciar Sesión”.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-1 Campos Obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
6. Verifica RN-AD-2 Formato Correcto de Información.	✓	Funciona correctamente.
7. Verifica que el no. de cédula ingresado está registrado en la aplicación.	✓	Funciona correctamente.
8. Verifica que la contraseña ingresada corresponda al no. de cédula profesional indicado.	✓	Funciona correctamente.
9. Despliega el menú principal ya sea Administrador o Médico.	✓	Funciona correctamente.

A continuación en la Figura 6.18 se muestra la interfaz de la aplicación web una vez que el usuario (Médico o Administrador) haya seleccionado la opción de “Iniciar Sesión” del Menú Principal en la parte superior. En ella se ingresan los datos correspondientes, en las pruebas se iniciará sesión como Administrador, el cual ha sido registrado previamente en la base de datos.

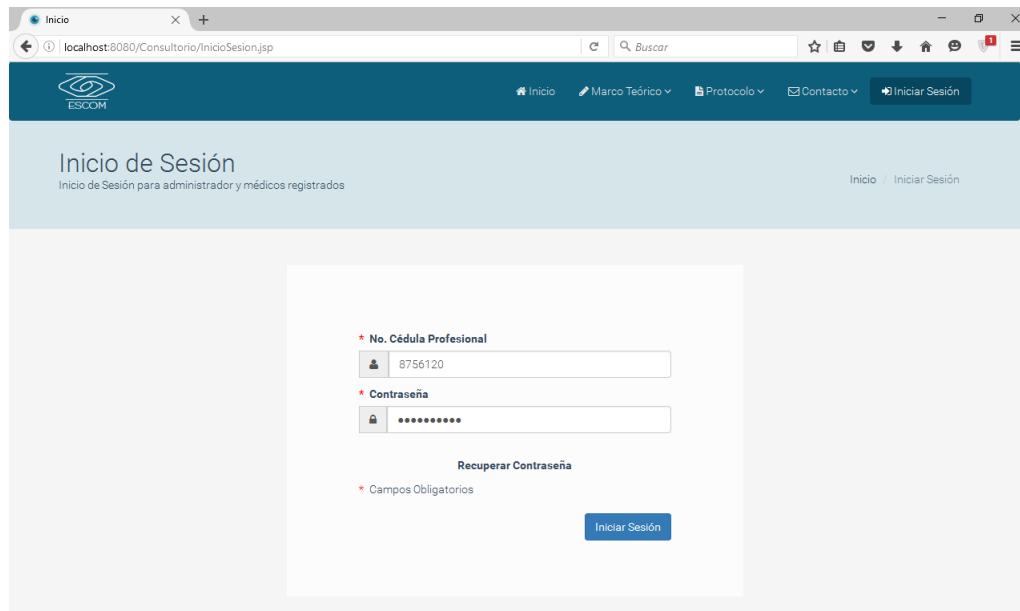


Figura 6.18: Interfaz Inicio de Sesión.

Una vez que el usuario da clic en “Iniciar Sesión” se realizan las diferentes validaciones, y como ya se ha mencionado se muestra el menú principal del Administrador como se presenta en la Figura 6.19.

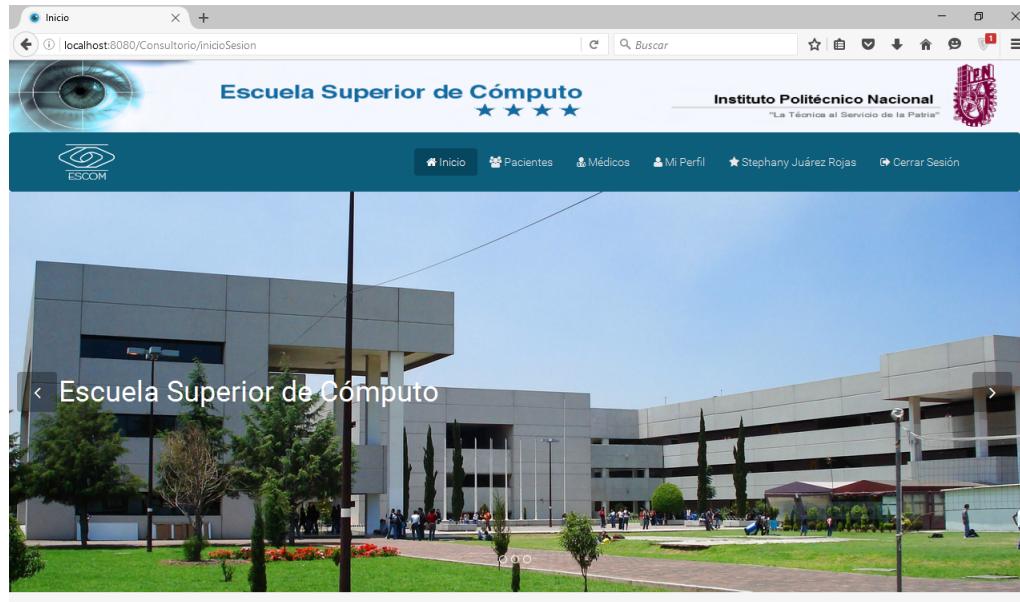


Figura 6.19: Interfaz Menú Administrador.

Recuperar Contraseña

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en “Recuperar Contraseña” en la IU2 <i>Iniciar de Sesión</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la IU3 <i>Recuperar Contraseña</i> solicitando el no. de cédula profesional.	✓	Funciona correctamente.
3. Ingresá el no. de cédula profesional.	✓	Funciona correctamente.
4. Da clic en “Recuperar”.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-1 Campos Obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
6. Verifica RN-AD-2 Formato Correcto de Información.	✓	Funciona correctamente.
7. Verifica que el no. de cédula ingresado está registrado en la aplicación.	✓	Funciona correctamente.
8. Manda un mensaje vía correo electrónico al usuario correspondiente, el cual contiene el no. de cédula profesional y la contraseña olvidada de su perfil.	✓	Funciona correctamente.

Desde la Figura 6.18 el usuario puede seleccionar “Recuperar Contraseña”, una vez seleccionada esa opción se muestra la interfaz de la Figura 6.20, en ella se ingresa el No. de Cédula Profesional correspondiente.

Figura 6.20: Interfaz Recuperar Contraseña.

Al seleccionar la opción “Recuperar” la aplicación envía un correo electrónico con su No. de Cédula Profesional y su Contraseña, esto se puede observar en la Figura 6.21.

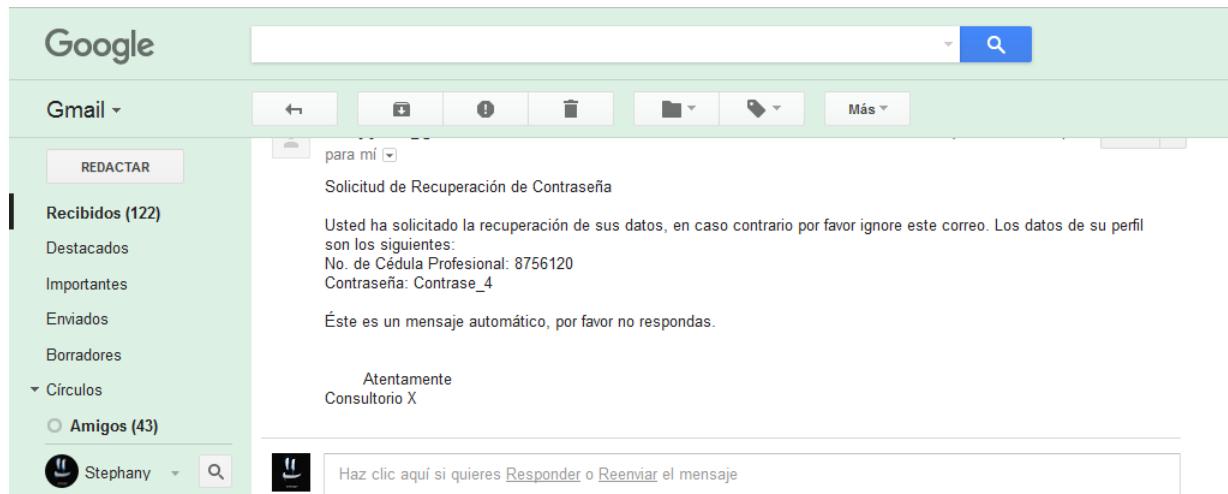


Figura 6.21: Correo electrónico Recuperación de Contraseña

Gestionar Médico

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Médicos” de la <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la opción de “Registrar Médico”.	✓	Funciona correctamente.
3. Verifica si existen médicos registrados.	✓	Funciona correctamente.
4. Despliega una lista con los médicos registrados en la aplicación (<i>IU28 Lista de Médicos</i>), incluyendo las opciones de visualizar, actualizar y eliminar el perfil de un médico en específico.	✓	Funciona correctamente.

Al iniciar sesión como administrador se despliega la interfaz de la Figura 6.19, en la cual se puede observar el menú con las diferentes opciones, para realizar la Gestión de Médicos, cuando el usuario elige la opción “Médicos” se muestra la página de la Figura 6.22.

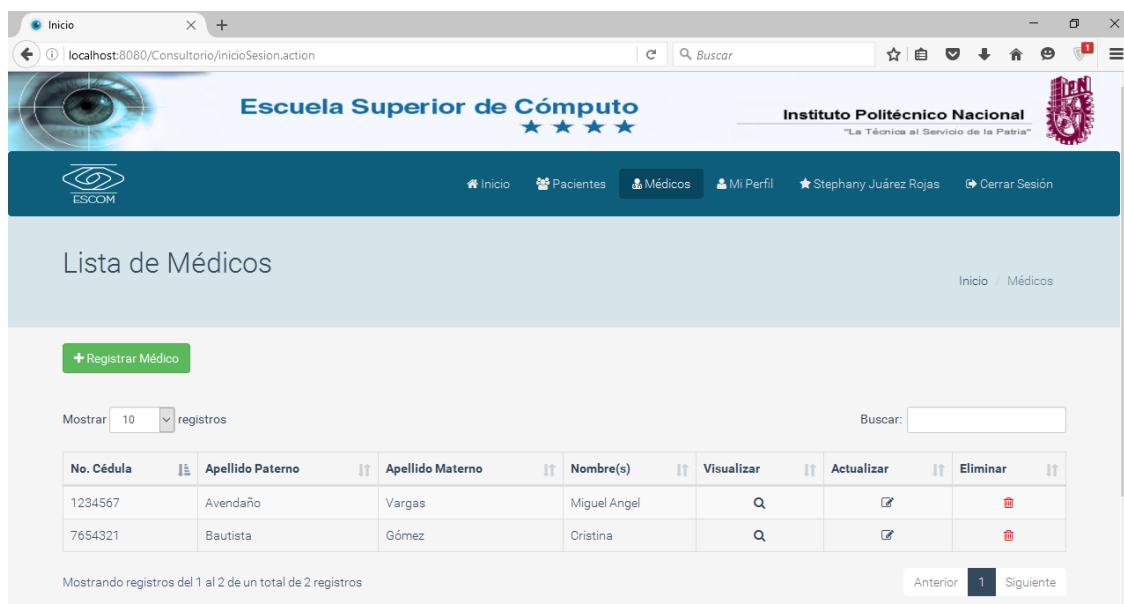


Figura 6.22: Interfaz Gestión de Médicos.

Registrar Médico

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción de “Registrar Médico” de la IU28 <i>Lista de Médicos</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la IU29 <i>Formulario Registrar Médico</i> para ingresar los datos de un nuevo médico.	✓	Funciona correctamente.
3. Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Registrar”.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
6. Valida que la contraseña y confirmación coincidan.	✓	Funciona correctamente.
7. Verifica RN-AD-9 Unicidad de médicos.	✓	Funciona correctamente.
8. Crea el perfil del médico con la información ingresada.	✓	Funciona correctamente.
9. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
10. Muestra la IU28 <i>Lista de Médicos</i> actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Desde la interfaz de la Figura 6.22 se selecciona la opción de “Registrar Médico”, y posteriormente se muestra el formulario para el registro de un Médico en el cual se tienen que ingresar los datos correspondientes, tal como se muestra en la Figura 6.23. Una vez ingresados todos los datos solicitados, con el formato correcto y contraseña(s) válida(s), se acepta la operación del registro del Médico.

The screenshot shows the 'Registro de Médico' (Doctor Registration) page. At the top, there is a navigation bar with links for Inicio, Pacientes, Médicos, Mi Perfil, and the user's name. Below the navigation bar, the title 'Registro de Médico' is displayed, along with a breadcrumb trail: Inicio / Lista Médicos / Registro.

The main form area contains the following fields:

- Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios**
- No. Cédula Profesional**: 4390127
- Nombre(s)**: Francisco
- Apellido Paterno**: Pérez
- Apellido Materno**: Hernández
- Fecha Nacimiento**: 16/06/1978
- Sexo**: M H
- Teléfono(s)**: 90785634 (checked), Celular
- Domicilio**: Calle Venustiano Carranza #34 Col. Gustavo A. Madero
- Correo Electrónico**: fran_hperez@hotmail.com
- Contraseña**: (displayed as *****)
- Confirmación Contraseña**: (displayed as *****)

At the bottom of the form are two buttons: **Aceptar** (Accept) and **Cancelar** (Cancel).

Figura 6.23: Interfaz Formulario Registro de Médico.

Al efectuar el registro, la aplicación automáticamente redirige a la página de la Figura 6.22, donde se puede observar que se ha agregado el registro del nuevo Médico, además de mostrar el mensaje *MSG5 Operación exitosa* que indica que el registro se realizó correctamente, esto se puede observar en la siguiente Figura:

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost:8080/Consultorio/inicioSesion.action`. The page title is "Escuela Superior de Cómputo" with four blue stars. The header includes links for "Inicio", "Pacientes", "Médicos" (which is highlighted), "Mi Perfil", and "Cerrar Sesión". The sub-header shows the user's name "Stephany Juárez Rojas". The main content area is titled "Lista de Médicos". A green success message box at the top left says "El médico (4390127) se registró correctamente". Below it is a button labeled "+ Registrar Médico". A search bar and a dropdown menu for "Mostrar 10 registros" are also present. The main table lists three doctors with columns for "No. Cédula", "Apellido Paterno", "Apellido Materno", "Nombre(s)", "Visualizar", "Actualizar", and "Eliminar". The table rows are:

No. Cédula	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre(s)	Visualizar	Actualizar	Eliminar
1234567	Avendaño	Vargas	Miguel Angel			
4390127	Peréz	Hernández	Francisco			
7654321	Bautista	Gómez	Cristina			

At the bottom, there are navigation links "Anterior" and "Siguiente".

Figura 6.24: Interfaz Registro de Médico con éxito.

Visualizar Médico

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Visualizar” del médico deseado de la IU28 <i>Lista de Médicos</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la IU30 <i>Formulario Visualizar Médico</i> con la información correspondiente al médico seleccionado.	✓	Funciona correctamente.

Para la visualización de un Médico, el usuario debe situarse en la interfaz de la Figura 6.22, y seleccionar la opción “Visualizar” en la fila correspondiente del médico.

Una vez seleccionado el Médico, se despliega el formulario con los datos del médico correspondiente, sin la posibilidad de editar algún campo, como se muestra en la Figura 6.25.

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios

* No. Cédula Profesional
4390127

* Nombre(s)
Francisco

* Apellido Paterno
Peréz

Apellido Materno
Hernández

* Fecha Nacimiento
16/06/1978

Sexo M H

* Teléfono(s)
90788634 Celular

Domicilio

Figura 6.25: Interfaz Visualizar Médico.

Actualizar Médico

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Actualizar” del médico deseado de la <i>IU28 Lista de Médicos</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la <i>IU31 Formulario Actualizar Médico</i> con los datos actuales del perfil del médico.	✓	Funciona correctamente.
3. Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Actualizar”.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
6. Actualiza el perfil del médico con la información ingresada.	✓	Funciona correctamente.
7. Muestra el <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.

Para realizar la actualización del Médico se selecciona la opción “Actualizar” en la fila correspondiente del médico, desde la interfaz de la Figura 6.22, donde se muestran todos los médicos

registrados en la aplicación, una vez seleccionado el médico se muestra un formulario con sus datos tal como lo muestra la Figura 6.26.

The screenshot shows a web browser window with the URL localhost:8080/Consultorio/inicioSesion.action. The page title is 'Actualizar Médico'. At the top, there's a header with the logo of 'Escuela Superior de Cómputo' and 'Instituto Politécnico Nacional'. Below the header, there's a navigation bar with links for 'Inicio', 'Pacientes', 'Médicos', 'Mi Perfil', and 'Cerrar Sesión'. The main content area contains a form for updating a doctor's information. The form fields include:

- * No. Cédula Profesional: 4390127
- * Nombre(s): Francisco
- * Apellido Paterno: Pérez
- Apellido Materno: Hernández
- * Fecha Nacimiento: 16/06/1978

A note at the top of the form states: "Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios".

Figura 6.26: Interfaz Actualizar Médico.

En este caso, como prueba, se actualizó el domicilio y el correo electrónico del médico que anteriormente se había registrado, quedando de la siguiente manera:

This screenshot shows the same 'Actualizar Médico' form after updates have been made. The visible fields are:

- * Apellido Paterno: Pérez
- Apellido Materno: Hernández
- * Fecha Nacimiento: 16/06/1978
- Sexo: M
- * Teléfono(s): 90788634 (Celular)
- Domicilio: Calle Venustiano Carranza #34 Del. Gustavo A. Madero CP: 98102 Ciudad de México, Mexico
- * Correo Electrónico: franciso_78hernandez@hotmail.com

At the bottom of the form are two buttons: 'Aceptar' (Accept) and 'Cancelar' (Cancel).

Figura 6.27: Actualiza datos del Médico

Al realizar los cambios indicados, la aplicación muestra el *MSG5 Operación exitosa*, que indica que el registro del médico se ha actualizado con éxito, esto se observa en la Figura 6.28.

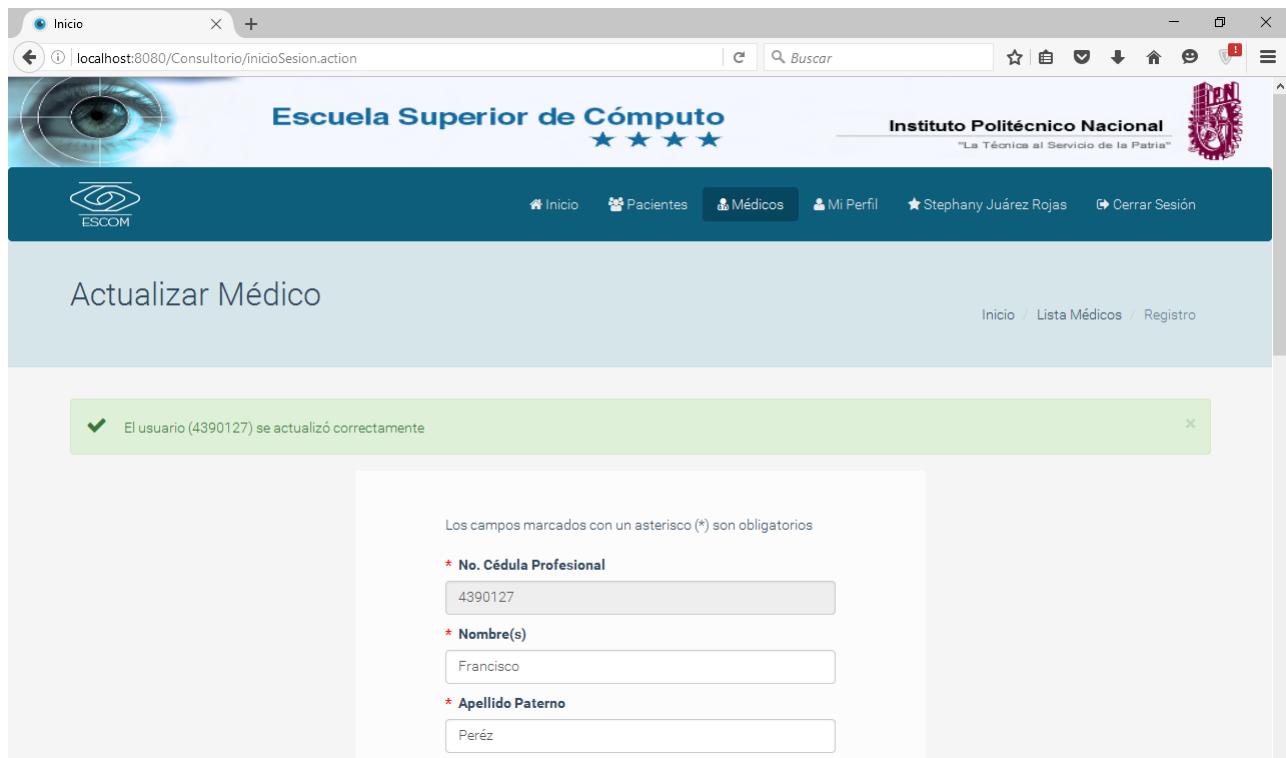


Figura 6.28: Interfaz Actualizar Médico con éxito.

Eliminar Médico

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Eliminar” del médico deseado de la <i>IU28 Lista de Médicos</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el <i>MSG9 Confirmar operación</i> para eliminar el perfil del médico.	✓	Funciona correctamente.
3. Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-11 Eliminar médicos.	✓	Funciona correctamente.
5. Elimina el registro del médico seleccionado.	✓	Funciona correctamente.
6. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
7. Despliega la <i>IU28 Lista de Médicos</i> actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Para eliminar algún Médico, igualmente se selecciona la opción “Eliminar” en la fila correspondiente al Médico y se muestra un mensaje de confirmación como se muestra en la Figura 6.29.

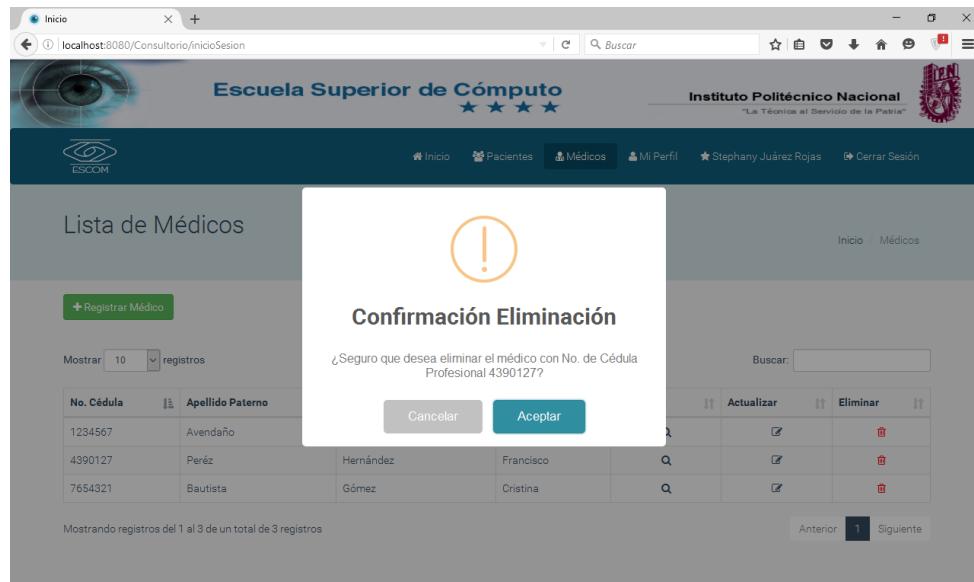


Figura 6.29: Confirmación eliminación de Médico.

Una vez que se acepta la confirmación se muestra el *MSG5 Operación exitosa*, y además como se puede observar en la Figura 6.30 la lista de los médicos se actualiza.

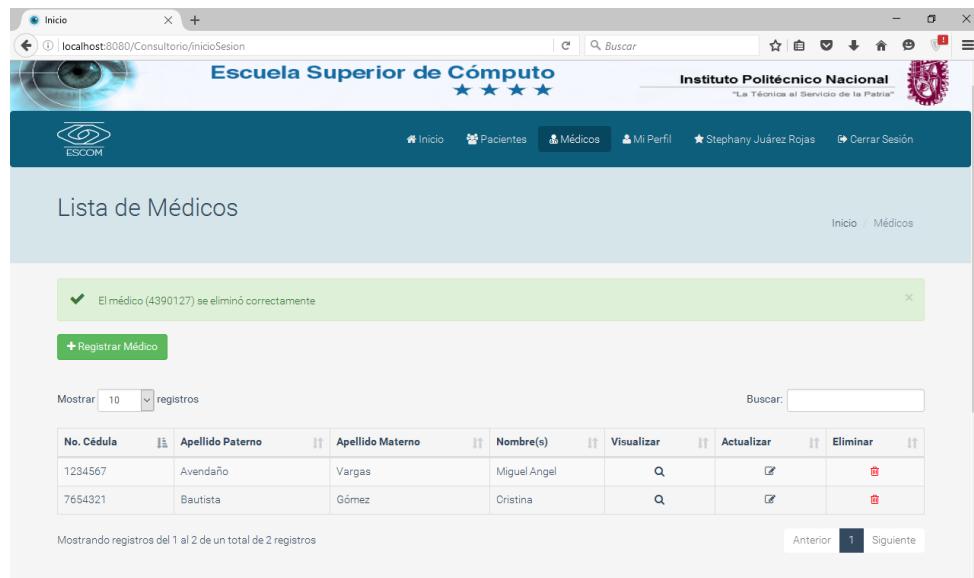


Figura 6.30: Eliminación Médico.

Gestionar Paciente

Para realizar la Gestión de Pacientes desde el Menú Principal ubicado en la parte superior de la

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Pacientes” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la opción de “Registrar Paciente”.	✓	Funciona correctamente.
3. Verifica si existen pacientes registrados.	✓	Funciona correctamente.
4. Despliega una lista con los pacientes registrados en la aplicación (<i>IU7 Lista de Pacientes</i>), incluyendo las opciones de visualizar, actualizar y eliminar los datos personales de un paciente, así como el visualizar su expediente.	✓	Funciona correctamente.

página se selecciona la opción “Pacientes” y se despliega la página de la Figura 6.31.

No. Expediente	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre(s)	Visualizar	Actualizar	Expediente	Eliminar
2016-0000	Ortiz	Robles	Diana Laura	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="checkbox"/>
2016-0001	Rivera	Guzmáz	José Luis	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="checkbox"/>
2016-0002	Reyes	Trejo	Erik	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="checkbox"/>
2016-0003	Rojas	Flores	Adriana	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.31: Interfaz Gestión de Pacientes.

Es importante mencionar que como es la sesión del Administrador se muestran todos los pacientes registrados, en caso de ser un Médico sólo se muestran los pacientes de los cuales es responsable.

Registrar Paciente

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción de “Registrar Paciente” de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Verifica RN-AD-3 Registro de pacientes.	✓	Funciona correctamente.
3. Despliega la <i>IU8 Formulario Registrar Pacientes</i> para ingresar los datos personales de un nuevo paciente.	✓	Funciona correctamente.
4. Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Registrar”.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
6. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
7. Verifica RN-AD-4 Unicidad del expediente.	✓	Funciona correctamente.
8. Genera el número de expediente que le corresponderá al paciente.	✓	Funciona correctamente.
9. Crea el registro del paciente con la información ingresada.	✓	Funciona correctamente.
10. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
11. Muestra la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Para registrar un Paciente tanto para el Administrador como para algún Médico, desde la interfaz de la Figura 6.31 se selecciona la opción de “Registrar Paciente”, y posteriormente se muestra el formulario de registro del Paciente, en el cual se tienen que ingresar los datos correspondientes, tal como se muestra en la Figura 6.32. Dicho formulario es similar al formulario del registro de Médicos a excepción de algunos datos como el CURP en lugar del No. de Cédula Profesional.

Registro de Paciente

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios

* Nombre(s)
Oscar David

* Apellido Paterno
Anota

Apellido Materno
Olmos

* CURP
ANOD940119HDFNLC02

* Fecha Nacimiento
19/01/1994

Sexo M H

* Teléfono(s)
98563401 Celular

Domicilio

Figura 6.32: Interfaz Formulario Registro Paciente.

Una vez que se ingresen los datos, se acepta la operación y se redirige a la página de la Figura 6.31, donde se puede observar que se ha agregado el registro del nuevo Paciente, además de mostrar el mensaje *MSG5 Operación exitosa* que indica que el registro se realizó correctamente, lo cual se observa en la Figura 6.33

Lista de Pacientes

El paciente (2016-0004) se registró correctamente

+ Registrar Paciente

Mostrar 10 registros Buscar:

No. Expediente	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre(s)	Visualizar	Actualizar	Expediente	Eliminar
2016-0000	Ortiz	Robles	Diana Laura	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="button" value="B"/>
2016-0001	Rivera	Guzmáz	José Luis	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="button" value="B"/>
2016-0002	Reyes	Trejo	Erik	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="button" value="B"/>
2016-0003	Rojas	Flores	Adriana	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="button" value="B"/>
2016-0004	Anota	Olmos	Oscar David	<input type="button" value="Q"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="E"/>	<input type="button" value="B"/>

Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 5 registros Anterior 1 Siguiente

Figura 6.33: Interfaz Registro Paciente con éxito.

Visualizar Paciente

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Visualizar” del paciente deseado de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la <i>IU9 Formulario Visualizar Paciente</i> con la información correspondiente al paciente seleccionado.	✓	Funciona correctamente.

Para la visualización de un Paciente, desde la interfaz de la Figura 6.31, se selecciona la opción “Visualizar” en la fila correspondiente del paciente.

Después de seleccionar al Paciente, se despliega el formulario con los datos correspondientes (Figura 6.34), de la misma manera que la visualización de un Médico.

Visualizar Paciente

Inicio / Lista Pacientes / Registro

Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios

No. Expediente	2016-0004
* Nombre(s)	Oscar David
* Apellido Paterno	Anota
Apellido Materno	Olmos
* CURP	ANOD940119HDFNL02
* Fecha Nacimiento	10/01/1904

Figura 6.34: Interfaz Visualizar Paciente.

Actualizar Paciente

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Actualizar” del paciente deseado de la <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la <i>IU10 Formulario Actualizar Paciente</i> con los datos actuales del paciente.	✓	Funciona correctamente.
3. Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Actualizar”.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
6. Muestra el <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.

Para realizar la actualización de un Paciente, se selecciona la opción “Actualizar” en la fila correspondiente desde la interfaz de la Figura 6.31, una vez seleccionado se muestra un formulario con sus datos tal como lo muestra la Figura 6.35.

The screenshot shows a web browser window with the title 'Actualizar Paciente'. The URL is 'localhost:8080/Consultorio/InicioSesion'. The page displays a form for updating patient information. At the top, it says 'Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios'. The form fields include:

- No. Expediente:** 2016-0004
- * Nombre(s):** Oscar David
- * Apellido Paterno:** Anota
- Apellido Materno:** Olmos
- * CURP:** ANOD940119HDFNLC02
- * Fecha Nacimiento:** 19/01/1994
- Sexo:** M
- * Teléfono(s):** (This field is partially visible at the bottom)

Figura 6.35: Interfaz Actualizar Paciente.

Una vez que se ingresan los datos que se deseen, en la parte inferior se acepta la operación y la aplicación muestra el mensaje *MSG5 Operación exitosa*. Veáse la Figura 6.36.

Figura 6.36: Interfaz Formulario Actualizar Paciente con éxito.

Eliminar Paciente

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Eliminar” del paciente deseado de la IU7 <i>Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el <i>MSG9 Confirmar operación</i> para eliminar la información del paciente.	✓	Funciona correctamente.
3. Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.	✓	Funciona correctamente.
4. Elimina el registro del paciente seleccionado.	✓	Funciona correctamente.
5. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
6. Despliega la IU7 <i>Lista de Pacientes</i> actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Para eliminar un Paciente, se selecciona la opción “Eliminar” y se muestra un mensaje de confirmación como en la Figura 6.37.

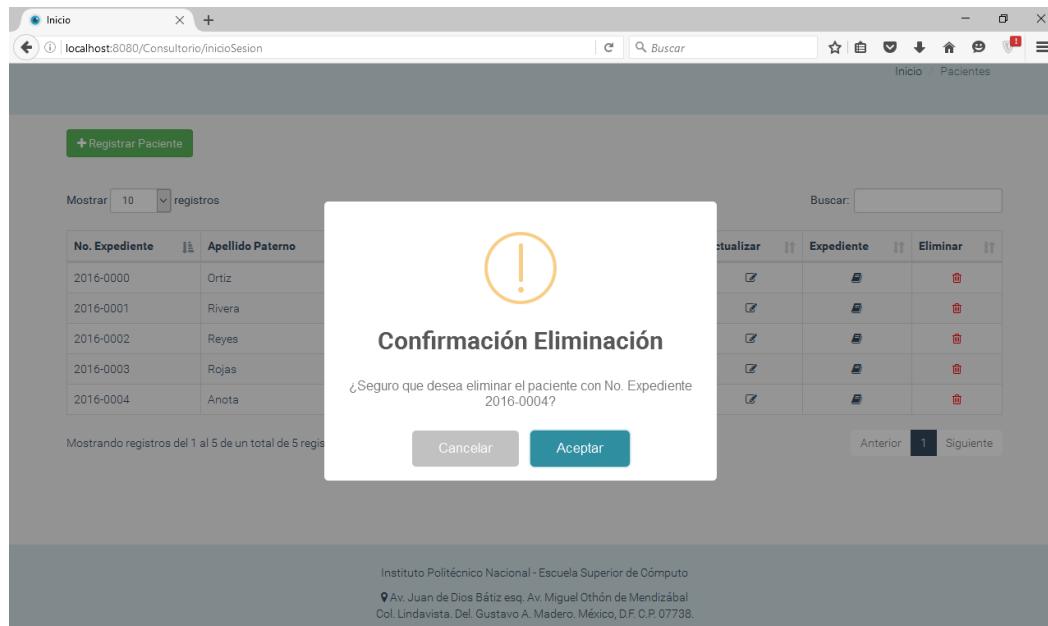


Figura 6.37: Confirmación eliminación de Paciente.

Al aceptar la confirmación se muestra el *MSG5 Operación exitosa*, y además la lista de los pacientes se actualiza, como se observa en la Figura 6.38.

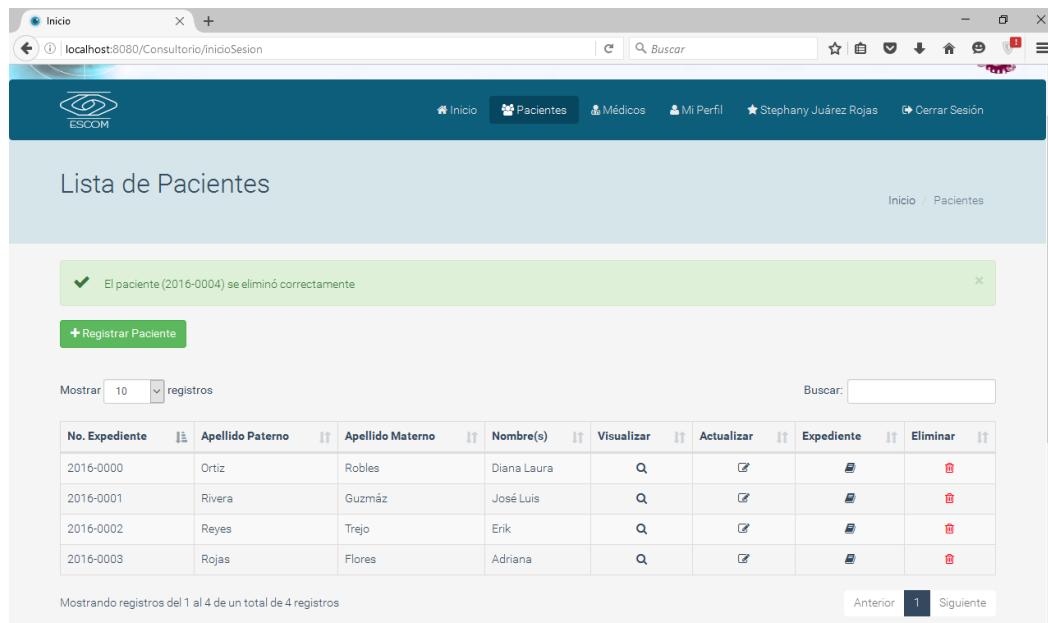


Figura 6.38: Eliminación Paciente.

Gestionar Perfil

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Mi Perfil” de la <i>IU4 Menú Principal Médico</i> o <i>IU5 Menú Principal Administrador</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la <i>IU23</i> o <i>IU33</i> con la información actual del perfil de un usuario.	✓	Funciona correctamente.

Para la Gestión del Perfil únicamente es necesario seleccionar la opción “Mi Perfil” del Menú Principal, y se despliega la página de la Figura 6.39, donde se muestra la información actual del usuario.

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost:8080/Consultorio/inicioSesion`. The title bar says "Inicio". The top navigation bar includes links for Inicio, Pacientes, Médicos, Mi Perfil (which is highlighted in blue), and the user's name Stephany Juárez Rojas. There is also a "Cerrar Sesión" (Logout) link. The main content area is titled "Mi Perfil". It contains a message: "Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios". Below this are several input fields with validation messages:

- * No. Cédula Profesional: 8756120
- * Nombre(s): Stephany
- * Apellido Paterno: Juárez
- Apellido Materno: Rojas
- * Fecha Nacimiento: 06/08/1994

At the bottom of the form, there are buttons for "Sexo" (Sex) with options M and H, and a "Guardar" (Save) button.

Figura 6.39: Interfaz Gestión de Perfil.

Actualizar Perfil

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Actualiza los datos deseados de la <i>IU23</i> o <i>IU33</i> , según sea el caso y da clic en la opción “Actualizar”.	✓	Funciona correctamente.
2. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
3. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
4. Actualiza los datos del perfil del usuario con la información ingresada.	✓	Funciona correctamente.
5. Muestra el <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.

Desde la página de la Figura 6.39 se realiza la actualización del Perfil únicamente se ingresan los datos a actualizar, como ejemplo se cambia la dirección, celular y correo electrónico de la sesión actual, tal como se muestra en la Figura 6.40.

Figura 6.40: Actualización de Perfil.

Al aceptar la operación, la aplicación despliega el *MSG5 Operación exitosa.*, como se muestra a continuación:

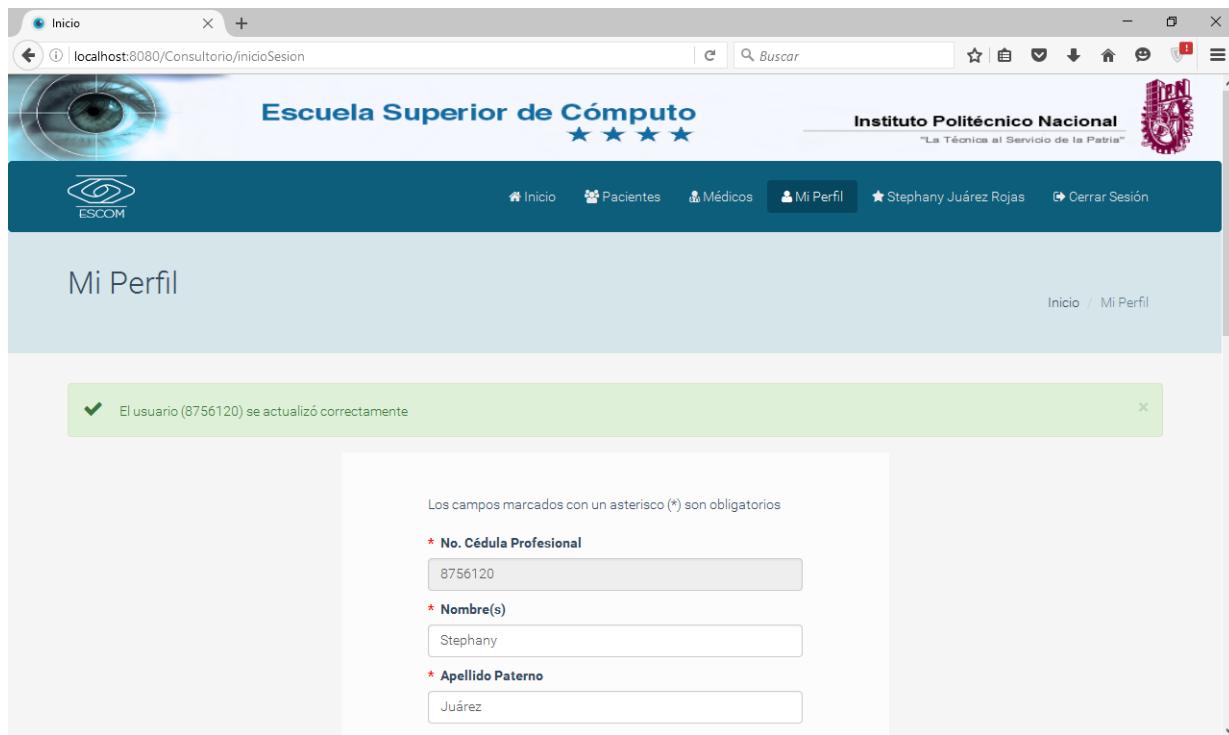


Figura 6.41: Actualización de Perfil con éxito.

Gestionar Expediente

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Expediente” del paciente deseado de <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Verifica si existen consultas registradas en la aplicación del paciente seleccionado.	✓	Funciona correctamente.
3. Despliega una lista con las consultas registradas del paciente en la aplicación (<i>IU12 Lista de Consultas</i>), incluyendo las opciones de visualizar, y eliminar alguna consulta en específico.	✓	Funciona correctamente.

Para la Gestión de Expedientes en la interfaz de la Figura 6.31 se selecciona la opción “Expediente” del paciente deseado y a continuación se despliega la pantalla de la Figura 6.42, donde se pueden realizar las acciones de registrar, visualizar y eliminar una Consulta, además se observa la lista de las Consultas de dicho Paciente. Cabe destacar que, para tener total control sobre las Consultas, se inició sesión con un usuario con perfil de Médico.

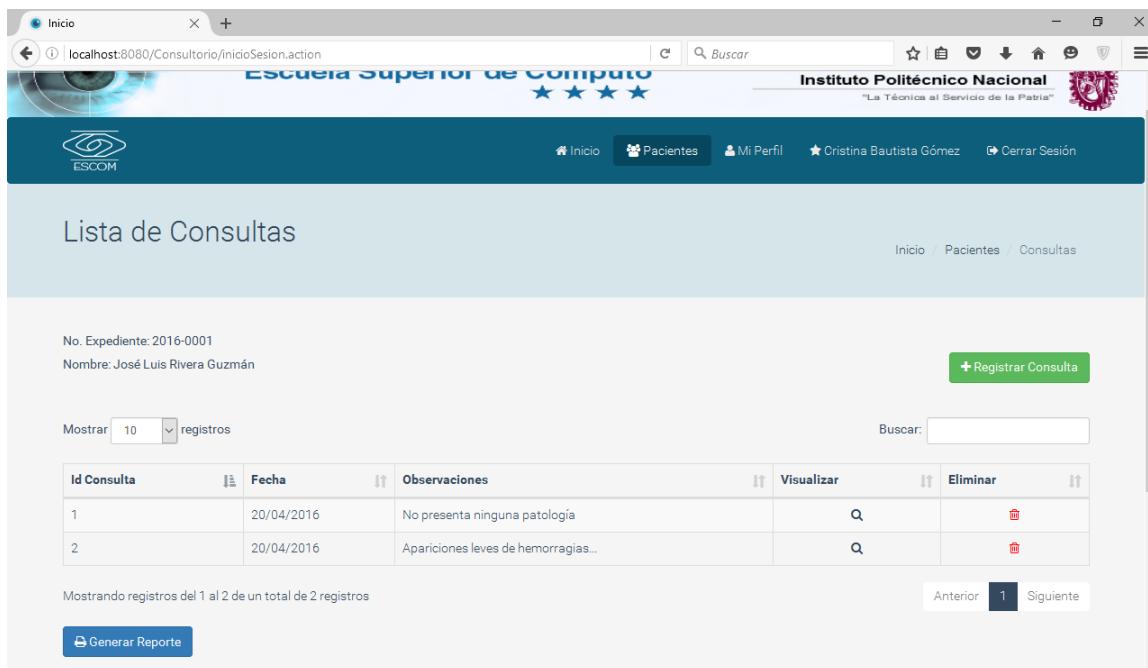


Figura 6.42: Interfaz Gestión de Expedientes.

Registrar Consulta

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción de “Registrar Consulta”.	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el formulario de la <i>IU14 Registrar Consulta</i> para ingresar los datos de la consulta.	✓	Funciona correctamente.
3. Ingresa los datos solicitados y da clic en la opción “Guardar”.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
6. Crea la consulta del paciente con la información ingresada.	✓	Las imágenes sólo se suben al servidor, aún no se registran en la base de datos.
7. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
8. Muestra la <i>IU12 Lista de Consultas</i> actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Para el registro de una Consulta se selecciona la opción de “Registrar Consulta” de la Figura 6.42, y se ingresan las observaciones generales de la Consulta. (Veáse Figura 6.43).

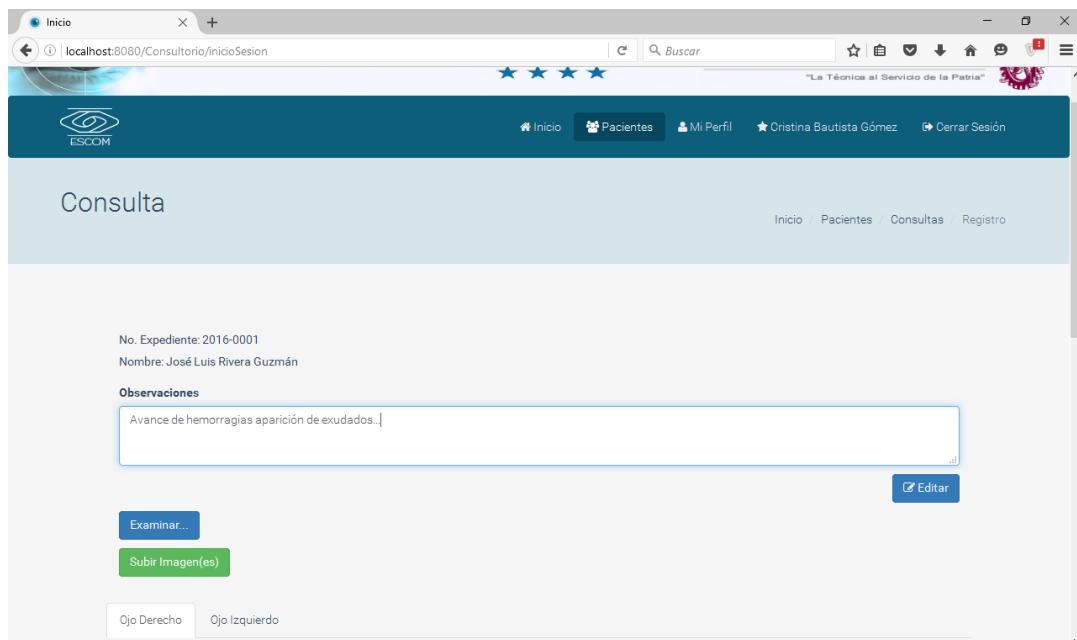


Figura 6.43: Interfaz Registro de Consulta.

Además de poder seleccionar la(s) imagen(es) de Fondo de Ojo para dicha consulta.

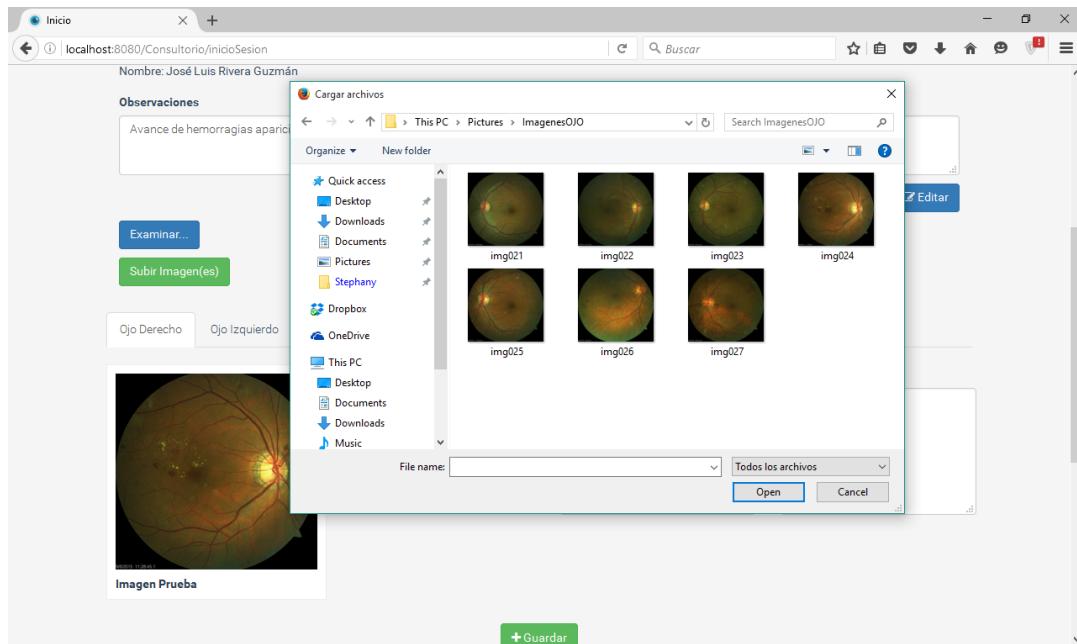


Figura 6.44: Selección de imagen(es) registro de Consulta.

Una vez terminado de ingresar los datos de la respectiva Consulta, se selecciona la opción “Guardar”, y se redirige a la pantalla de la Figura 6.42, con el registro de la nueva Consulta y mostrando el mensaje *MSG5 Operación exitosa.* como se muestra en la siguiente Figura:

The screenshot shows a web-based application interface for managing patient consultations. At the top, there's a header bar with the ESCOM logo, a search bar, and navigation links for 'Inicio', 'Pacientes', 'Mi Perfil', and 'Cerrar Sesión'. Below the header, the main title is 'Lista de Consultas'. A green success message box displays: 'La Consulta (3) del paciente 2016-0001 se registró correctamente.' The main content area contains a table with three rows of consultation data. The table has columns: 'Id Consulta', 'Fecha', 'Observaciones', 'Visualizar', and 'Eliminar'. The first row shows: '1', '20/04/2016', 'No presenta ninguna patología', 'Visualizar' (with a magnifying glass icon), and 'Eliminar' (with a trash bin icon). The second row shows: '2', '20/04/2016', 'Apariciones leves de hemorragias...', 'Visualizar' (with a magnifying glass icon), and 'Eliminar' (with a trash bin icon). The third row shows: '3', '26/04/2016', 'Avance de hemorragias aparición de exudados...', 'Visualizar' (with a magnifying glass icon), and 'Eliminar' (with a trash bin icon). At the bottom left, it says 'Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros'. At the bottom right, there are navigation buttons for 'Anterior' (with page number 1) and 'Siguiente'.

Figura 6.45: Registro de Consulta con éxito.

Visualizar Consulta

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Visualizar” de la consulta deseada de <i>IU12 Lista de Consultas</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la <i>IU14 Registrar Consulta</i> con la información correspondiente a la consulta indicada.	✓	Las imágenes aún no son mostradas.

Para la visualización de una Consulta, desde la interfaz de la Figura 6.42, se selecciona la opción “Visualizar” en la fila correspondiente y se despliega la pantalla de la Figura 6.46, tal como se muestra a continuación.

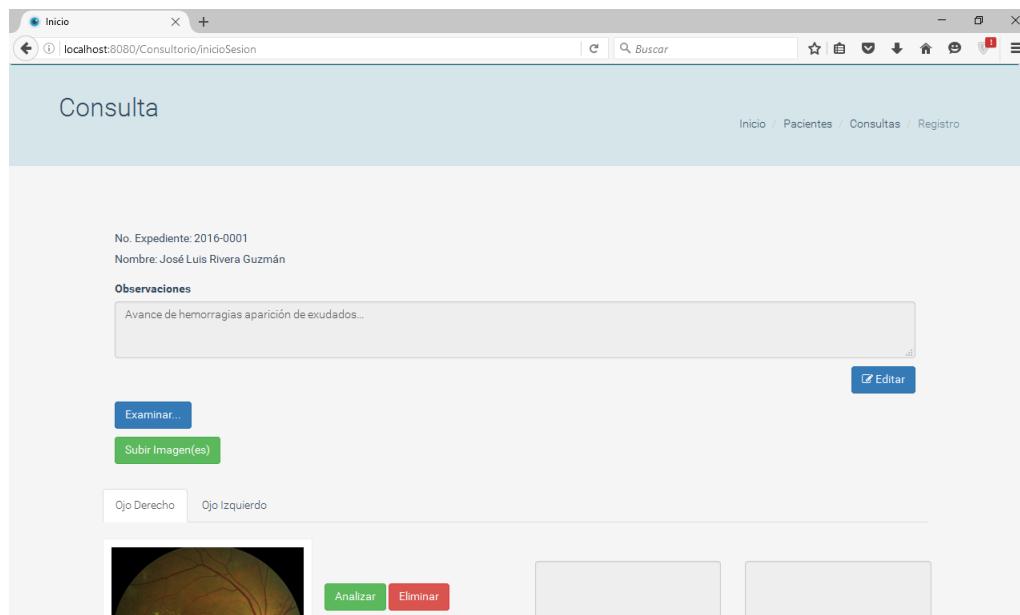


Figura 6.46: Interfaz Visualizar Consulta.

Actualizar Consulta

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Actualizar” de la consulta deseada de la <i>IU12 Lista de Consultas</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el formulario de la <i>IU14 Registrar Consulta</i> con los datos actuales de la consulta.	✓	Funciona correctamente.
3. Actualiza los datos deseados y da clic en la opción “Guardar”.	✓	Únicamente actualizaciones respecto a observaciones médicas.
4. Verifica RN-AD-1 Campos obligatorios.	✓	Funciona correctamente.
5. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
6. Actualiza la consulta con la información ingresada.	✓	Únicamente actualizaciones respecto a observaciones médicas.
7. Muestra el <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.

Si se desea actualizar una Consulta se debe seleccionar la opción “Actualizar” de la consulta deseada de la Figura 6.42, en este caso para cuestiones demostrativas se modificaron las observaciones de la Consulta anteriormente creada, quedando como se muestra en la Figura 6.47.

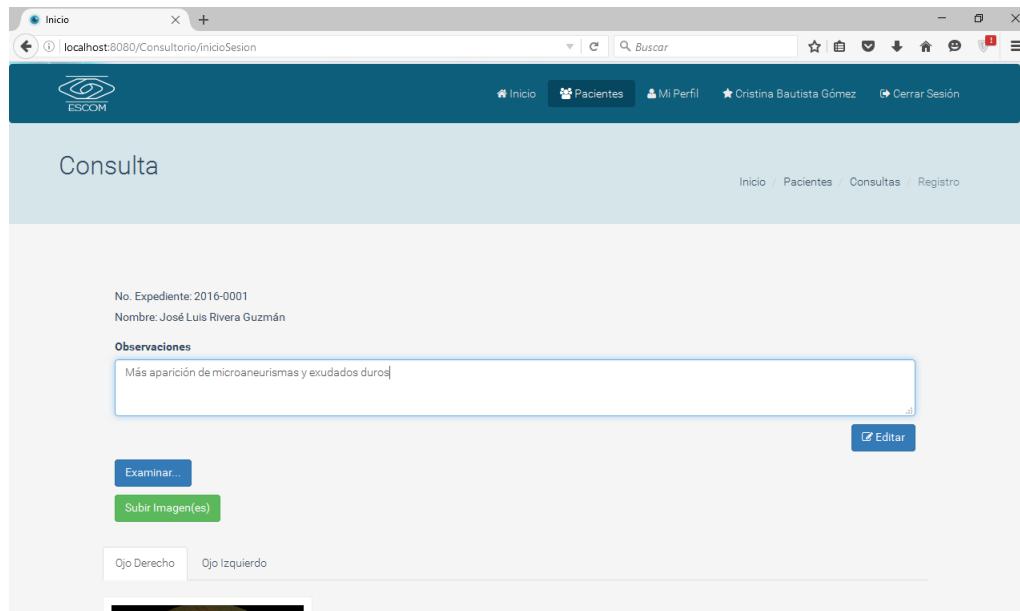


Figura 6.47: Interfaz Actualizar Consulta.

Una vez terminado, (las imágenes de las consultas también se podrán actualizar) se selecciona la opción “Guardar” en la parte inferior de la pantalla, y se muestra el *MSG5 Operación exitosa* con las consultas actualizadas, en la siguiente Figura (6.48) se aprecia la actualización correcta de la Consulta.

Id Consulta	Fecha	Observaciones	Visualizar	Eliminar
1	20/04/2016	No presenta ninguna patología		
2	20/04/2016	Apariciones leves de hemorragias...		
3	26/04/2016	Mas aparición de microaneurismas y exudados duros		

Figura 6.48: Actualizar Consulta con éxito.

Eliminar Consulta

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Eliminar” de la consulta deseada de <i>IU12 Lista de Consultas</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el <i>MSG9 Confirmar operación</i> para eliminar la consulta.	✓	Funciona correctamente.
3. Da clic en la opción “Aceptar” del mensaje de confirmación.	✓	Funciona correctamente.
4. Elimina la consulta seleccionada.	✓	No elimina las imágenes correspondientes del servidor.
5. Muestra el mensaje <i>MSG5 Operación exitosa</i> .	✓	Funciona correctamente.
6. Despliega la <i>IU12 Lista de Consultas</i> de pacientes actualizada.	✓	Funciona correctamente.

Para eliminar alguna Consulta es necesario seleccionar la opción “Eliminar” en la Consulta deseada desde la pantalla mostrada en la Figura 6.42, donde, de la misma manera, se muestra un mensaje de confirmación como se aprecia en la Figura 6.49.

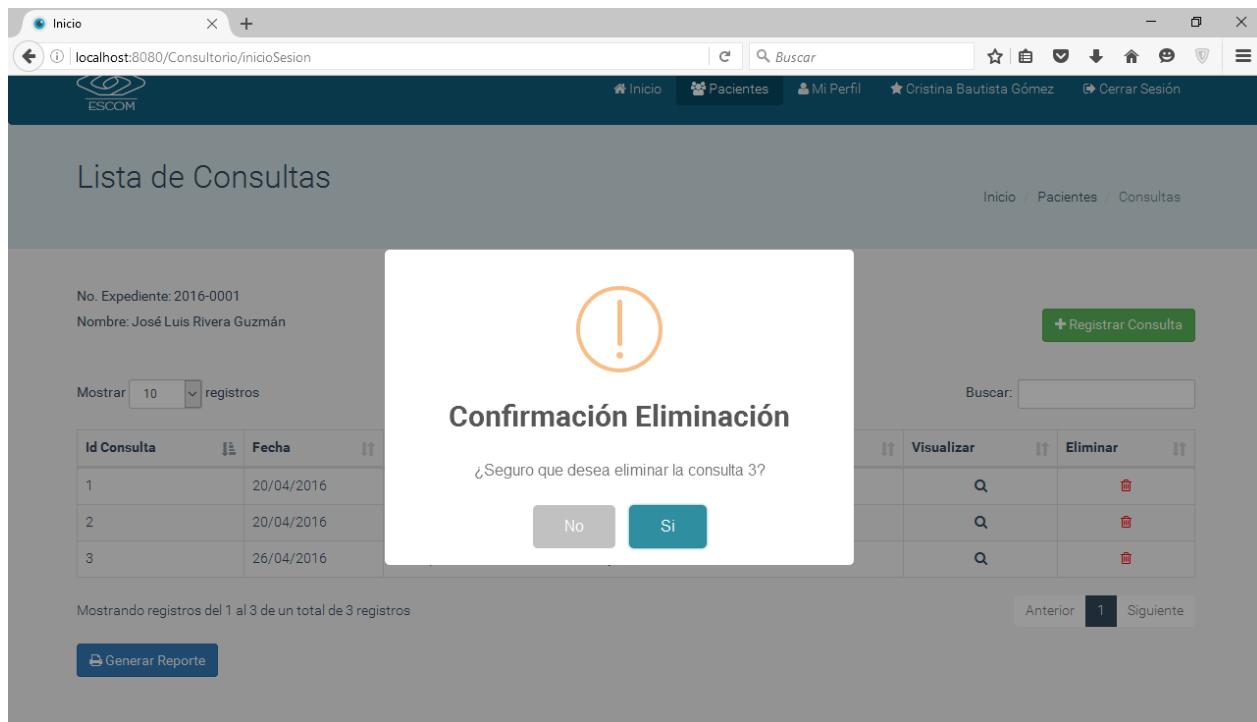


Figura 6.49: Confirmación eliminación de Consulta.

Una vez que se confirme la eliminación se muestra el *MSG5 Operación exitosa*, y como se puede observar en la Figura 6.50, la lista de Consultas se actualiza.

Id Consulta	Fecha	Observaciones	Visualizar	Eliminar
1	20/04/2016	No presenta ninguna patología		
2	20/04/2016	Apariciones leves de hemorragias...		

Figura 6.50: Eliminación Consulta.

Generar Reporte de Consultas

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Generar Reporte” del paciente deseado de <i>IU7 Lista de Pacientes</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega <i>IU13 Reporte Consultas</i> con los datos del expediente del paciente.	✓	Funciona correctamente.

Para generar el reporte de las Consultas de algún Paciente, se selecciona la opción “Generar Reporte” desde la pantalla que se muestra en la figura 6.42, posteriormente se mostrará el reporte en formato PDF, como se puede observar en la Figura 6.51.

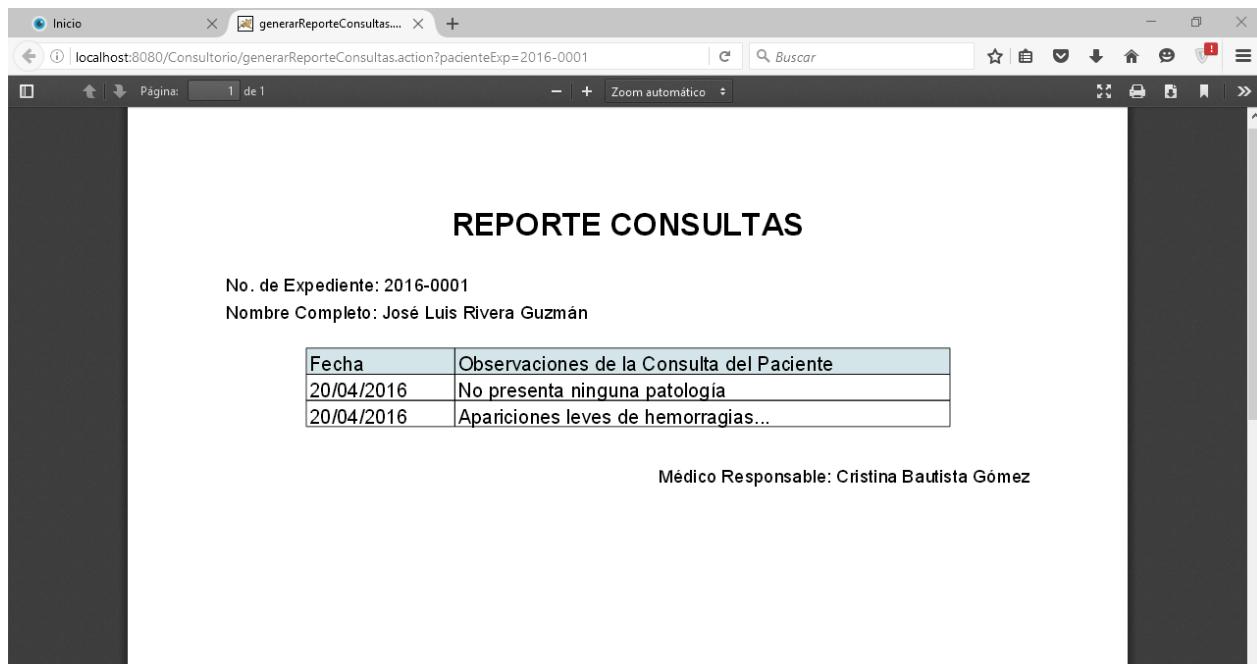


Figura 6.51: Reporte Consultas.

Subir Imagen

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la opción “Examinar...” de la <i>IU14 Registrar Consulta</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega el explorador de imágenes.	✓	Funciona correctamente.
3. Selecciona la o las imágenes a guardar y da clic en “Abrir”.	✓	Funciona correctamente.
4. Verifica RN-AD-2 Formato correcto de información.	✓	Funciona correctamente.
5. Despliega <i>IU14 Registrar Consulta</i> con la o las imágenes seleccionadas.		La UI14 aún no es actualizada con las imágenes seleccionadas.

La(s) prueba(s) realizada(s) para el Caso de Uso de Subir Imagen se muestran en la Figura 6.44, donde se puede observar que seleccionando la opción “Examinar...”, se despliega el explorador de imágenes. Cabe aclarar que, en este apartado de las imágenes ya se tiene implementada una parte, sin embargo, aún esta por completar.

Visualizar Imagen

Trayectoria Principal	Cubierto	Comentarios
1. Da clic en la imagen deseada de la <i>IUI4 Registrar Consulta</i> .	✓	Funciona correctamente.
2. Despliega la imagen ampliada.	✓	Funciona correctamente.

Para poder visualizar una imagen de Fondo de Ojo que se encuentre registrada en alguna Consulta, se debe de dar clic en dicha imagen, por ejemplo, de la Figura 6.44 se selecciona la imagen que se encuentra registrada y ésta se despliega de la siguiente manera:

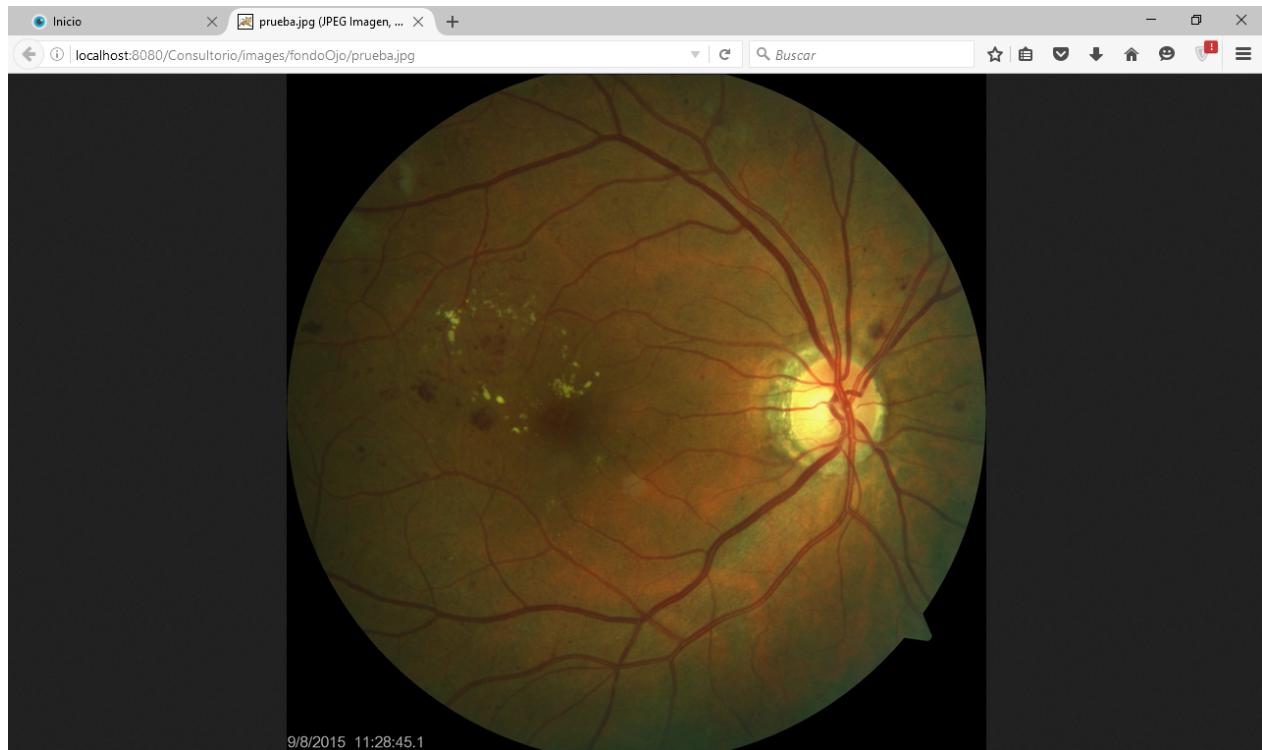


Figura 6.52: Visualizar Imagen.

Capítulo 7

Subsistema de Análisis de Imágenes

A continuación se presenta el análisis y diseño general del subsistema Análisis de Imágenes, el cual es el encargado de detectar y clasificar signos característicos de la RDNP en imágenes de fondo de ojo.

7.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales específicos para el subsistema Análisis de Imágenes son los siguientes:

RF-AI-1. Caracterización de RDNP en Imagen de Fondo de Ojo.

La aplicación realizará el análisis de una imagen de fondo de ojo, para identificar al menos dos signos característicos de RDNP.

RF-AI-2. Generación de Pre-diagnóstico de RDNP.

La aplicación generará un pre-diagnóstico de RDNP con base a los resultados obtenidos durante el análisis de una imagen de fondo de ojo.

RF-AI-3. Guardar Resultados del Análisis.

Un médico podrá guardar los resultados obtenidos del análisis de una imagen de fondo de ojo, permitiéndole agregar comentarios y su aprobación.

RF-AI-4. Generar Reporte del Análisis de la Imagen de Fondo de Ojo.

El usuario podrá generar un reporte con los resultados obtenidos del análisis de una imagen de fondo de ojo.

7.2. Requerimientos no funcionales

El subsistema de Análisis de Imágenes requiere de un RNF adicional a los presentados en el apartado “5.2. Requerimientos no funcionales”.

RNF-AI-1. Bibliotecas de implementación.

Para la implementación de los algoritmos del análisis de imágenes se utilizará la biblioteca OpenCV, puesto que fue desarrollada para optimizar procesos de la visión por computadoras, además contiene más de 2500 algoritmos programados, lo cual nos facilitará la implementación [50].

7.3. Reglas del negocio

El subsistema de Análisis de Imágenes, cuenta con una serie de restricciones conforme a los procesos llevados a cabo en el consultorio médico, las cuales deberán ser consideradas en la etapa de desarrollo e implementación.

RN-AI-1. Datos obligatorios.

El subsistema Análisis de Imágenes requiere diversos datos obligatorios según el proceso a realizar:

Realizar Análisis de Imagen

- Imagen de fondo de ojo original.
- Nombre del ojo al que corresponde la imagen.

Guardar Resultados de Análisis

- Pre-diagnóstico de RDNP.
- Aprobación o rechazo del resultado obtenido.
- Comentarios médicos.

RN-AI-2. Formato del Reporte de Análisis de Imagen.

El reporte que se generará a partir de los resultados obtenidos del análisis de una imagen de fondo de ojo de un paciente deberá contener los siguientes datos:

Paciente

- Número de expediente.
- Nombre completo.
- CURP.

Médico

- Cédula profesional.
- Nombre completo.

Resultado de análisis.

- Fecha de la consulta.
- Imagen de fondo de ojo original.
- Imágenes con los signos de RDNP identificados.
- Características de los signos de RDNP identificados.
- Pre-diagnóstico de RDNP.
- Aprobación o rechazo del resultado obtenido.
- Comentarios médicos.

RN-AI-3. Configuración de Imágenes.

Únicamente un usuario con el perfil de médico podrá configurar (agregar) las imágenes de fondo de ojo de la consulta de un paciente, indicando el ojo al que pertenecen.

RN-AI-4. Análisis de Imagen por el Médico.

El médico podrá realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo de un paciente, emitir comentarios y aprobar o no los resultados obtenidos. Así bien, podrá generar un reporte con dicha información.

RN-AI-5. Análisis de Imagen por el Administrador.

El administrador podrá realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo de un paciente, sin embargo, no podrá hacer comentarios ni realizar la aprobación de los resultados obtenidos, únicamente visualizará y generará un reporte con la información emitida por el médico responsable.

RN-AI-6. Pre-diagnóstico de RDNP.

El pre-diagnóstico de la imagen de fondo de ojo de un paciente deberá indicar el grado de RDNP con base a la información de los signos identificados en los cuadrantes del ojo durante el análisis.

7.4. Diagrama de casos de uso

El diagrama de la Figura 7.1 muestra los casos de uso correspondientes al subsistema Análisis de Imágenes.

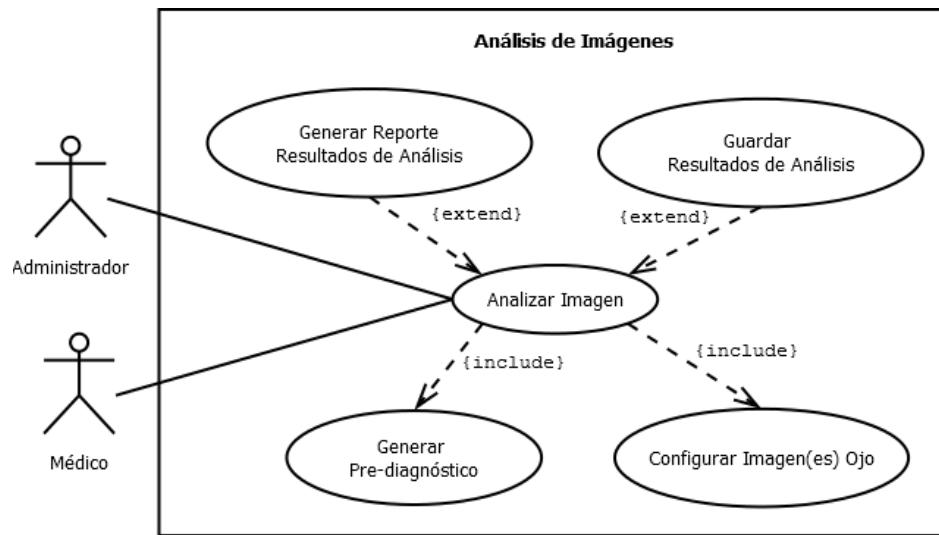


Figura 7.1: Diagrama de Casos de Uso: Análisis de Imágenes

7.5. Descripción de casos de uso

Conforme a los requerimientos que el subsistema de Análisis de Imágenes deberá cumplir, se identificaron los casos de uso correspondientes, los cuales se presentan en la Tabla 7.1.

Caso de Uso	Responsable
Análisis de Imágenes CU24 Configurar Imagen(es) Ojo CU25 Analizar Imagen CU26 Generar Reporte Resultados de Análisis CU27 Guardar Resultados de Análisis CU28 Generar Pre-diagnóstico	Bautista Gómez Lizbet Cristina

Tabla 7.1: Resumen de Casos de Uso: Análisis de Imágenes

A continuación se presenta la descripción de cada uno de ellos.

7.5.1. CU24 Configurar Imagen(es) Ojo

Concepto	Descripción
Nombre	Análisis de Imágenes CU24 Configurar Imagen(es) Ojo.
Resumen	El caso de uso CU24 permite que un médico asocie imágenes de fondo de ojo de un paciente, ya sea al ojo izquierdo o derecho.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de médico. El médico debe tener al menos un paciente registrado. Seleccionar la opción “Registrar Consulta” o “Visualizar Consulta” en la IU12.
Post-Condiciones	Se cargarán las imágenes de fondo de ojo, indicando el ojo al que pertenecen.
Entradas	Imagen(es).
Salidas	<i>IU34 Registrar Consulta con Imágenes</i> actualizada con las imágenes seleccionadas del ojo indicado.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AI-3. Configuración de Imágenes.

Trayectoria Principal

1.  Da clic en la opción de “Ojo Izquierdo” u “Ojo Derecho” de la *IU34 Registrar Consulta con Imágenes*.
2.  Muestra las imágenes asociadas al ojo seleccionado. [Trayectoria Alternativa A]
3.  Da clic en la opción “Examinar” y selecciona las imágenes de fondo de ojo deseadas.
4.  Despliega la *IU34* con las imágenes seleccionadas.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. No existen imágenes asociadas al ojo.

1.  Despliega *MSG6 Sin registros*.
2.  Regresa al paso 3 de la Trayectoria Principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario selecciona la opción “Examinar”.

Región: Paso 3 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU21 Subir Imagen.

Causa: El usuario requiere visualizar una imagen de la consulta.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU22 Visualizar Imagen.

Causa: El usuario requiere eliminar una imagen de la consulta.

Región: Paso 4 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU23 Eliminar Imagen.

7.5.2. CU25 Analizar Imagen

Concepto	Descripción
Nombre	Análisis de Imágenes CU25 Analizar Imagen.
Resumen	El caso de uso CU25 permite al administrador o médico realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo, para caracterizar la RDNP.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. La consulta del paciente deseado debe contar con al menos una imagen.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	Imagen y ojo correspondiente.
Salidas	<i>IU35 Análisis de Imagen por el Médico o IU39 Análisis de Imagen por el Administrador</i> , con los resultados de la imagen seleccionada.
Errores	Datos obligatorios vacíos.
Reglas del negocio	RN-AI-1. Datos obligatorios. RN-AI-4. Análisis de Imagen por el Médico. RN-AI-5. Análisis de Imagen por el Administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en alguno de los botones “Analizar” de la *IU34 Registrar Consulta con Imágenes*.
2. Verifica RN-AI-1 Datos Obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
3. Realiza la etapa de Pre-procesamiento de la imagen.
4. Efectúa la etapa de Segmentación para aislar los signos de RDNP a identificar.
5. Lleva a cabo la etapa de Extracción de Características de los signos encontrados.
6. Ejecuta la etapa de Caracterización de los signos presentes en la imagen.
7. Genera los resultados del análisis, creando una imagen por cada tipo de signo de RDNP analizado.

8. Obtiene el pre-diagnóstico de RDNP de la imagen.
9. Despliega la *IU35 Análisis de Imagen por el Médico* o *IU39 Análisis de Imagen por el Administrador*, con los resultados obtenidos.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Datos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 1 de la Trayectoria Principal.

Puntos de Extensión

Causa: El usuario requiere generar un reporte del análisis de una imagen.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU26 Generar Reporte Resultados de Análisis.

Causa: El médico requiere guardar los resultados obtenidos del análisis.

Región: Paso 9 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU27 Guardar Resultados de Análisis.

Causa: La aplicación requiere obtener el pre-diagnóstico de RDNP de una imagen.

Región: Paso 8 de la Trayectoria Principal.

Caso de Uso: CU28 Generar Pre-diagnóstico

7.5.3. CU26 Generar Reporte Resultados de Análisis

Concepto	Descripción
Nombre	Análisis de Imágenes CU26 Generar Reporte Resultados de Análisis.
Resumen	El caso de uso CU26 permite al administrador o médico generar el reporte del análisis de alguna imagen.
Actor	1. Médico. 2. Administrador.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. Debe existir al menos un paciente registrado y en caso de ingresar como médico, tener asignado al menos a un paciente. La consulta del paciente deseado debe contar con al menos una imagen. Haber seleccionado la opción “Guardar” de la IU35 con anterioridad. Seleccionar la opción “Analizar” en alguna imagen de la IU34.
Post-Condiciones	Ninguna.
Entradas	Datos del paciente, del médico, imagen de fondo de ojo, resultado del análisis, pre-diagnóstico, aprobación y comentarios.
Salidas	Reporte con los resultados del análisis de la imagen de fondo de ojo (<i>IU36 Reporte de Análisis de Imagen</i>).
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AI-2. Formato del Reporte de Análisis de Imagen. RN-AI-4. Análisis de Imagen por el Médico. RN-AI-5. Análisis de Imagen por el Administrador.

Trayectoria Principal



1. Da clic en “Imprimir” de la *IU35 Análisis de Imagen por el Médico* o *IU39 Análisis de Imagen por el Administrador*.
2. Genera un reporte con datos personales del paciente, del médico, imagen de fondo de ojo, resultado del análisis, pre-diagnóstico, aprobación y comentarios médicos.
3. Despliega la *IU36 Reporte de Análisis de Imagen* con el reporte generado.

...Fin de la Trayectoria Principal

7.5.4. CU27 Guardar Resultados de Análisis

Concepto	Descripción
Nombre	Análisis de Imágenes CU27 Guardar Resultados de Análisis.
Resumen	El caso de uso CU27 permite al médico guardar el pre-diagnóstico de RDNP obtenido de una imagen, su aprobación y comentarios realizados.
Actor	Médico.
Pre-Condiciones	Iniciar sesión en la aplicación con el perfil de médico. Seleccionar la opción “Pacientes” del menú principal. El médico debe tener asignado al menos a un paciente. La consulta del paciente deseado debe contar con al menos una imagen. Seleccionar la opción “Analizar” en alguna imagen de la IU34.
Post-Condiciones	Se almacenará el pre-diagnóstico obtenido del análisis, aprobación y comentarios médicos de una imagen.
Entradas	Pre-diagnóstico, aprobación y comentarios médicos.
Salidas	<i>IU34 Registrar Consulta con Imágenes</i> actualizada con pre-diagnóstico, aprobación y comentarios médicos de la imagen indicada.
Errores	Datos obligatorios vacíos.
Reglas del negocio	RN-AI-1. Datos obligatorios. RN-AI-4. Análisis de Imagen por el Médico.

Trayectoria Principal

1.  Ingresa comentarios y aprueba o rechaza el resultado obtenido del análisis de la imagen.
2.  Da clic en el botón “Guardar” en la *IU35 Análisis de Imagen por el Médico*.
3.  Verifica RN-AI-1 Datos Obligatorios. **[Trayectoria Alternativa A]**
4.  Almacena el pre-diagnóstico de RDNP obtenido, aprobación y comentarios de la imagen.
5.  Despliega la *IU34 Registrar Consulta con Imágenes* con el pre-diagnóstico de RDNP obtenido, aprobación y comentarios médicos.

...Fin de la Trayectoria Principal

Trayectoria Alternativa A. Datos obligatorios vacíos.

1. Despliega el *MSG1 Campos obligatorios vacíos* en la aplicación.
2. Regresa al paso 1 de la Trayectoria Principal.

7.5.5. CU28 Generar Pre-diagnóstico

Concepto	Descripción
Nombre	Análisis de Imágenes CU28 Generar Pre-diagnóstico.
Resumen	El caso de uso CU28 permite a la aplicación generar el pre-diagnóstico de RDNP en el ojo de un paciente con base a los resultados obtenidos en el análisis.
Actor	Aplicación.
Pre-Condiciones	Que un usuario haya solicitado realizar el análisis de una imagen.
Post-Condiciones	Obtención del pre-diagnóstico de RDNP de una imagen.
Entradas	Resultados de los signos de RDNP encontrados en una imagen de fondo de ojo.
Salidas	<i>IU35 Análisis de Imagen por el Médico</i> o <i>IU39 Análisis de Imagen por el Administrador</i> actualizada con el pre-diagnóstico de RDNP de la imagen analizada.
Errores	Ninguno.
Reglas del negocio	RN-AI-6. Pre-diagnóstico de RDNP.

Trayectoria Principal

1. Identificar el cuadrante de los signos de RDNP encontrados en la imagen.
2. Contabilizar el número de signos de cada tipo que presenta cada cuadrante del ojo.
3. Contabilizar el número de cuadrantes que presentan por lo menos un signo de RDNP.
4. Obtener el grado de RDNP presente en la imagen con base al número de cuadrantes afectados.

...Fin de la Trayectoria Principal

7.6. Interacción con usuarios

El funcionamiento del subsistema de Análisis de Imágenes será integrado en el subsistema de Administración de Datos presentado anteriormente. A continuación se muestra el listado de las IU y la manera en la que se interactuará con el usuario.

7.6.1. Lista de interfaces de usuario

Las interfaces diseñadas para el subsistema de Administración de Datos se presentan a continuación:

- IU34 Registrar Consulta con Imágenes.
- IU35 Análisis de Imagen por el Médico.
- IU36 Reporte Resultado de Análisis de Imagen.
- IU37 Visualizar Consulta por el Médico.
- IU38 Visualizar Consulta por el Administrador.
- IU39 Análisis de Imagen por el Administrador.

7.6.2. Funcionalidad

A continuación se presentan las interfaces correspondientes para el subsistema Análisis de Imágenes, según el perfil de médico o administrador, donde el usuario podrá realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo y visualizar los resultados obtenidos de la caracterización de RDNP.

7.6.2.1. Análisis de Imágenes por el Médico

Un usuario con el perfil de médico podrá solicitar el análisis de las imágenes de fondo de ojo asociadas a un paciente, donde visualizará un pre-diagnóstico con base a los signos de RDNP identificados, además el médico podrá aprobar o no el resultado obtenido, así como emitir sus comentarios. Finalmente, el médico podrá imprimir un reporte con sus datos, los del paciente y los resultados obtenidos en el análisis.

7.6.2.1.1. Registrar Consulta

Al incluir el funcionamiento del subsistema de Análisis de Imágenes a la aplicación, cuando el médico seleccione la opción de “Registrar Consulta” de la *IU12* se desplegará la *IU34 Registrar Consulta con Imágenes* en lugar de la *IU14*.

En dicha interfaz, el médico deberá seleccionar en primer lugar el apartado correspondiente del ojo al que pertenecen las imágenes, ya sea al ojo izquierdo o al ojo derecho. Posteriormente, el médico

debe dar clic en el botón de examinar y seleccionar las imágenes de fondo de ojo deseadas. Una vez ingresadas las imágenes, el médico podrá analizar o eliminarlas según sus necesidades.

Finalmente, para almacenar la información correspondiente a la consulta, el usuario deberá seleccionar la opción “Guardar”, o bien, “Cancelar” para no realizar ningún cambio en el expediente del paciente.

IU34 Registrar Consulta con Imágenes.

7.6.2.1.2. Analizar Imagen por el Médico

Para realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo para caracterizar la RDNP y obtener un pre-diagnóstico, el médico deberá seleccionar la opción de “Analizar” en alguna de las imágenes mostradas en la IU34, al hacer clic en dicha opción se mostrará la IU35 donde se presentan los signos de RDNP identificados en la imagen, indicando el número de signos encontrados y la localización de cada uno de ellos (cuadrante y coordenadas). A su vez, se presentará una imagen de fondo de ojo donde se destaqueen los signos de RDNP encontrados.

Con base a la información obtenida de los signos, la aplicación mostrará al usuario un pre-diagnóstico del grado de RDNP que presenta el ojo del paciente.

Consultorio Médico

<http://consultorio.com>



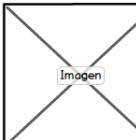
Consultorio Médico

Cédula: 8070105
González Pérez Jessica Valeria
[Cerrar Sesión](#)

 [Inicio](#)
 [Pacientes](#)
 [Mi Perfil](#)

Análisis Ojo Izquierdo

Imagen Original



***Pre-diagnóstico**

Microaneurismas:
6 en 3 cuadrante(s)

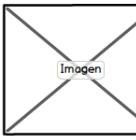
Exudados:
10 en 4 cuadrante(s)

Nivel de RDNP:
Groove

***Aprobación:**

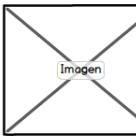
Aprobar Rechazar

Microaneurismas



Num	Quadrante	Posición X	Posición Y
1	Temporal Superior	342	231
2	Temporal Superior	453	242
3	Temporal Inferior	298	311
4	Nasal Inferior	871	282

Exudados



Num	Quadrante	Posición X	Posición Y
1	Temporal Superior	423	726
2	Temporal Inferior	453	514
3	Temporal Inferior	345	172
4	Nasal Superior	717	282

***Comentarios:**

La imagen si presenta el número de microaneurismas y exudados indicados en el análisis.

 [Imprimir](#)

 [Cancelar](#)

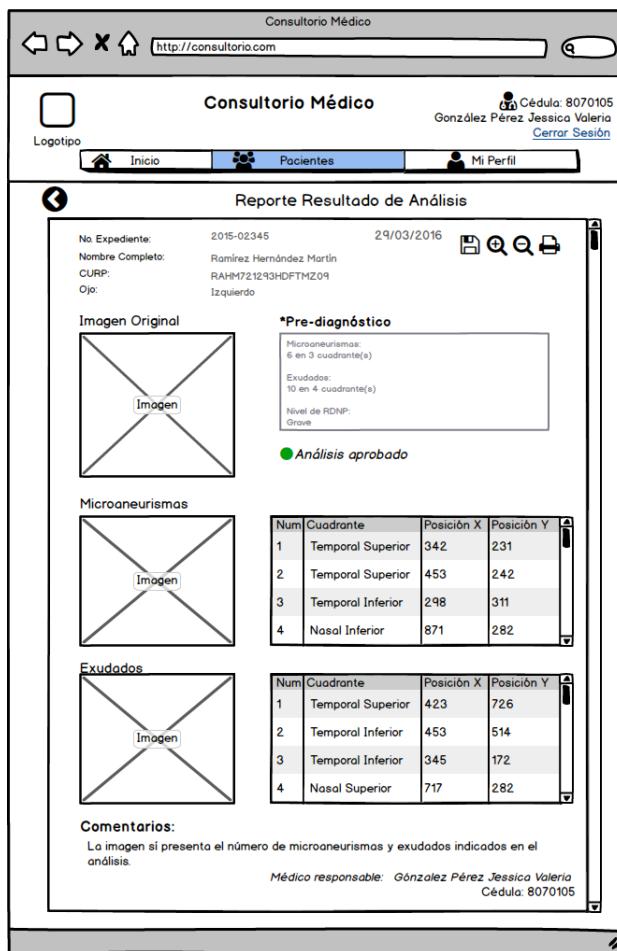
 [Guardar](#)

IU35 Análisis de Imagen por el Médico.

El médico podrá aprobar o rechazar los resultados obtenidos del análisis, así como emitir los comentarios necesarios. Finalmente, deberá seleccionar la opción “Guardar” para almacenar la información, o bien, “Cancelar” en caso de que no desee guardar los resultados obtenidos del análisis.

7.6.2.1.3. Generar Reporte de Análisis

El usuario podrá generar un reporte con los datos correspondientes de los signos de RDNP identificados durante el análisis de una imagen de fondo de ojo, así como el pre-diagnóstico, aprobación y comentarios emitidos por el médico responsable del paciente. Dicho reporte es presentado en la *IU36*.



IU36 Reporte de Análisis de Imagen.

7.6.2.1.4. Visualizar Consultas por el Médico

Cuando el usuario haya guardado los resultados del análisis de una imagen éstos serán presentados mediante la IU37. Dicha interfaz también será utilizada cuando el usuario seleccione la opción “Visualizar” en alguna consulta de la lista presentada en la IU12.

The screenshot shows the 'Consulta' (Consult) screen of the 'Consultorio Médico' software. At the top, it displays the patient's number (No. Expediente: 2015-02345) and name (Nombre: Ramírez Hernández Martín). Below this, there is a section for 'Observaciones' (Observations) with a note: 'El paciente requiere cirugía láser en el ojo izquierdo, ya que presenta RDNP Grave.' (The patient requires laser surgery in the left eye, as he presents with RDNP). The main area is titled 'Ojo Izquierdo' (Left Eye) and contains three rows of analysis results:

- Análisis Aprobado (Approved):** Indicated by a green circle. It shows a grid with an 'X' and buttons for 'Analizar' (Analyze) and 'Eliminar' (Delete). To its right, it lists 'Microaneurismas: 6 en 3 cuadrante(s)', 'Exudados: 10 en 4 cuadrante(s)', and 'Nivel de RDNP: Grave'. A comment box states: 'La imagen sí presenta el número de microaneurismas y exudados indicados en el análisis.' (The image does present the number of microaneurysms and exudates indicated in the analysis).
- Análisis Rechazado (Rejected):** Indicated by a red circle. It shows a grid with an 'X' and buttons for 'Analizar' and 'Eliminar'. To its right, it lists 'Microaneurismas: 5 en 2 cuadrante(s)', 'Exudados: 10 en 4 cuadrante(s)', and 'Nivel de RDNP: Moderada'. A comment box states: 'La imagen también presenta microaneurismas en el cuadrante nasal inferior.' (The image also presents microaneurysms in the nasal inferior quadrant).
- Sin analizar (Not analyzed):** Indicated by an orange circle. It shows a grid with an 'X' and buttons for 'Analizar' and 'Eliminar'. To its right, there is a blank 'Pre-diagnóstico' (Pre-diagnosis) box and an empty 'Comentarios' (Comments) box.

At the bottom of the screen, there are 'Cancelar' (Cancel) and 'Guardar' (Save) buttons, along with a footer containing the text 'Consultorio Médico', 'Correo y Teléfono', and 'Dirección'.

IU37 Visualizar Consultas por el Médico.

Como se aprecia en la IU37, las imágenes asociadas al ojo izquierdo o derecho de los pacientes, tienen un estado, el cual puede tomar alguno de los siguientes valores:

- *Sin analizar.*

Como su nombre es el estado que posee una imagen cuyo análisis no ha sido solicitado por el médico. Cuando el usuario agrega una nueva imagen a la consulta de un paciente “Sin analizar” es su estado por defecto. Se identifica con el color amarillo.

- *Análisis aprobado.*

Es el estado de la imagen en la cual el médico esta de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis. Se identifica con el color verde.

- *Análisis rechazado.*

Es el estado de la imagen en la cual el médico no esta de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis. Se identifica con el color rojo.

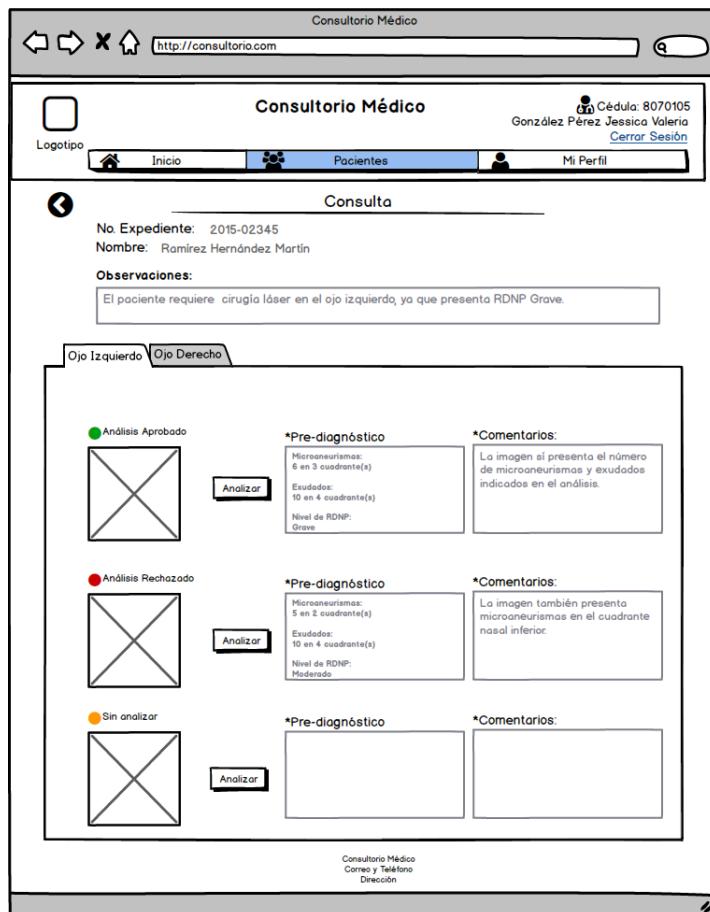
Además del estado de la imagen, al visualizar la consulta de un paciente, se mostrará el pre-diagnóstico de RDNP obtenido y los comentarios realizados por el médico.

7.6.2.2. Análisis de Imágenes por el Administrador

Un usuario con el perfil de administrador podrá visualizar los detalles de una consulta así como realizar el análisis de las imágenes de fondo de ojo que un médico ha asociado a un paciente.

7.6.2.2.1. Visualizar Consultas por el Administrador

El administrador podrá visualizar la información asociada a un paciente por parte del médico, tal como se muestra en la IU38, es decir, las observaciones de la consulta e información de las imágenes de fondo de ojo, la cual comprende la aprobación o rechazo del análisis, los comentarios emitidos por el médico y el pre-diagnóstico generado con anterioridad. Un administrador no podrá agregar imágenes al expediente del paciente ni tampoco eliminarlas.



IU38 Visualizar Consulta por el Administrador.

7.6.2.2.2. Analizar Imagen por el Administrador

Un usuario con el perfil de administrador, también podrá realizar el análisis de una imagen al seleccionar la opción de “Analizar” en alguna de las imágenes mostradas en la IU38, al hacer clic en dicha opción se mostrará la IU39 donde se presentará la información correspondiente.

A diferencia del médico, el administrador no podrá aprobar o rechazar los resultados obtenidos del análisis, ni emitir comentarios, sólo puede visualizar la información establecida por el médico responsable. Finalmente, el administrador también cuenta con la opción para imprimir el reporte presentado en la IU36.

Num	Cuadrante	Posición X	Posición Y
1	Temporal Superior	342	231
2	Temporal Superior	453	242
3	Temporal Inferior	298	311
4	Nasal Inferior	871	282

Num	Cuadrante	Posición X	Posición Y
1	Temporal Superior	423	726
2	Temporal Inferior	453	514
3	Temporal Inferior	345	172
4	Nasal Superior	717	282

IU39 Análisis de Imagen por el Administrador.

7.7. Modelo de Base de Datos

A continuación se muestra el modelo de Entidad-Relación del subsistema de Análisis de Imágenes, el cual incorpora nuevos atributos a la entidad “Imagen”.

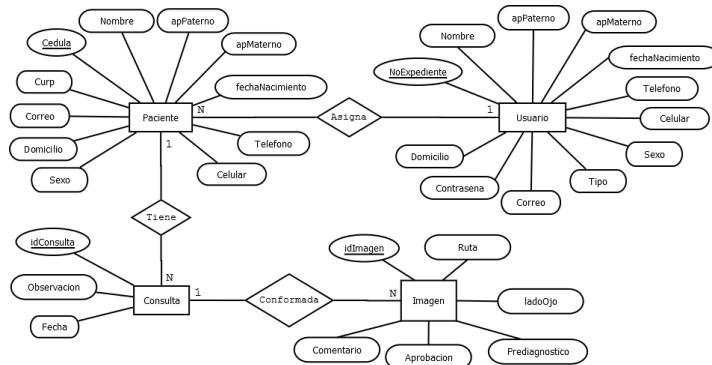


Figura 7.2: Modelo Entidad-Relación Análisis de Imágenes

En la Figura 7.3 se observa el modelo relacional correspondiente.

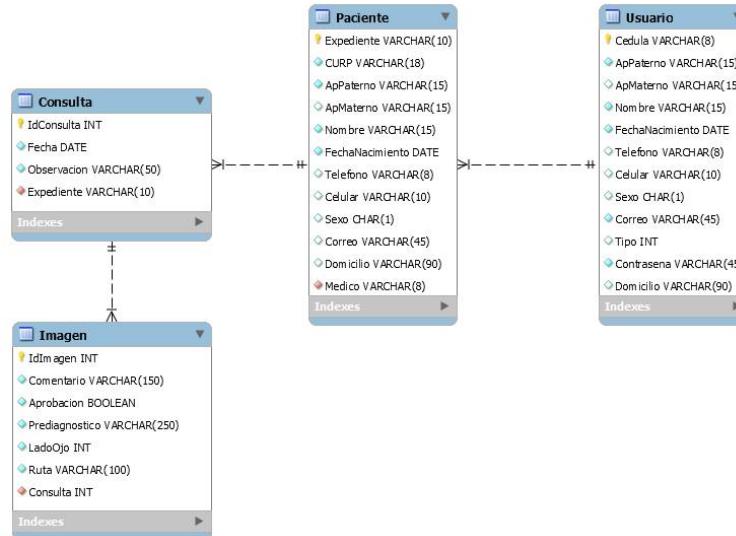


Figura 7.3: Modelo Relacional Análisis de Imágenes

7.8. Diagrama de clases

En la Figura 7.4 se muestra el diagrama de clases correspondiente al subsistema de Análisis de Imagen, las cuales complementan a las utilizadas por el subsistema de Administración de Datos, siguiendo el patrón de diseño MVC.

- **Modelo (M).** Conformado por: Exudado, Microaneurisma, Imagen y ReporteImagen. Este módulo utiliza información de las clases PacienteDAO, ConsultaDAO e ImagenDAO para interactuar con la base de datos.
- **Vista (V).** Conformado por los JSP.
- **Controlador (C).** Incluye nuevos atributos y operaciones a la clase GestionExpedienteAction.

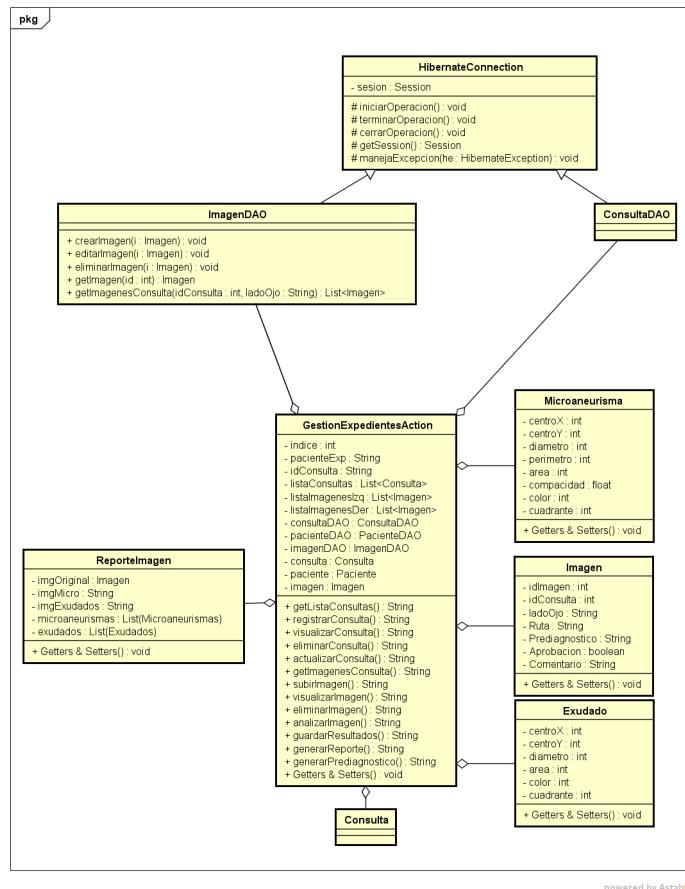


Figura 7.4: Diagrama Clases Análisis de Imágenes

Como se aprecia en el diagrama anterior, se cuenta con una clase para exudados y microaneurismas, cuya descripción para los atributos correspondientes es la siguiente:

- **centroX.** Indica la coordenada en el eje X del centro del objeto.
- **centroY.** Indica la coordenada en el eje Y del centro del objeto.
- **diametro.** Hace referencia al número de píxeles sobre el eje X que abarca el objeto tomando como referencia centroX.
- **perímetro.** Número de píxeles que corresponden al borde del objeto.
- **area.** Número de píxeles que conforman al objeto.
- **compacidad.** Factor que indica qué tan redondo es el objeto.
- **color.** Promedio del valor a escala de grises de los píxeles que conforman al objeto.

Cabe destacar que se contarán con 2 archivos que almacenen la información de los atributos de los signos de RDNP, los cuales serán utilizados para la etapa de clasificación, tal como se muestra en la Figura 7.5 y en la Figura 7.6.

	centroX,	centroY,	diametro,	perímetro,	area,	compacidad,	color,	microaneurisma
1	463,	355,	20,	65,	86,	3.9094,	187,	1
2	726,	342,	24,	15,	57,	0.3141,	198,	1
3	100,	542,	37,	24,	43,	1.0659,	156,	0
4								

Figura 7.5: Archivo de Información Microaneurismas

	centroX,	centroY,	diametro,	area,	color,	exudados
1	456,	665,	23,	145,	250,	1
2	124,	131,	32,	135,	254,	1
3	234,	112,	13,	6,	248,	0
4						

Figura 7.6: Archivo de Información Exudados

Para ambos archivos, el primer renglón contiene el nombre de los atributos almacenados, posteriormente cada fila corresponderá a las características de un objeto separados por ','. El último atributo de los archivos nos indicará si efectivamente se trata de un microaneurisma o exudado (1), o bien, no corresponde a un signo de RDNP (0).

7.9. Diagramas de secuencia

A continuación se presentan los diagramas de secuencia para el subsistema Análisis de Imágenes, los cuales contemplan el análisis para la caracterización de la RDNP, guardar los resultados obtenidos y generar un reporte con los datos correspondientes de la imagen.

7.9.1. DS13. Analizar Imagen

En la Figura 7.7 se muestra la interacción que tienen los objetos en la aplicación cuando el usuario selecciona la opción de realizar el análisis de una imagen de fondo de ojo, para caracterizar la RDNP, obteniendo así tanto el resultado de los signos identificados como el pre-diagnóstico con el nivel de RDNP en caso de presentarla.

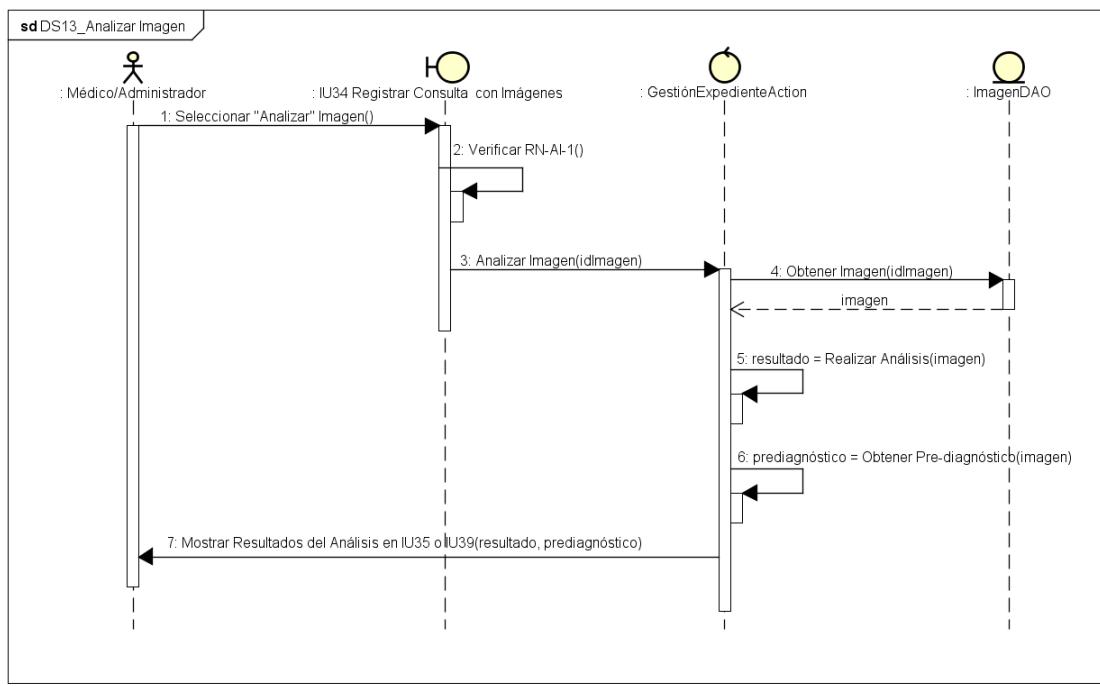


Figura 7.7: Analizar Imagen.

7.9.1.1. DS13.1 Realizar Análisis Imagen

La Figura 7.8 presenta el proceso para realizar el análisis de una imagen. En el diagrama se observa la comunicación entre los módulos de Repositorio de Información de ambos subsistemas, donde se aprecia que el subsistema de Análisis de Imágenes es el encargado de realizar dicho proceso, llevando a cabo las etapas del PDI que nos permitan detectar los signos de RDNP de interés: pre-procesamiento, segmentación, extracción de características y clasificación. Finalmente se obtienen los resultados deseados y se envían al subsistema de Administración de Datos, quien se encargará de presentarlos al usuario.

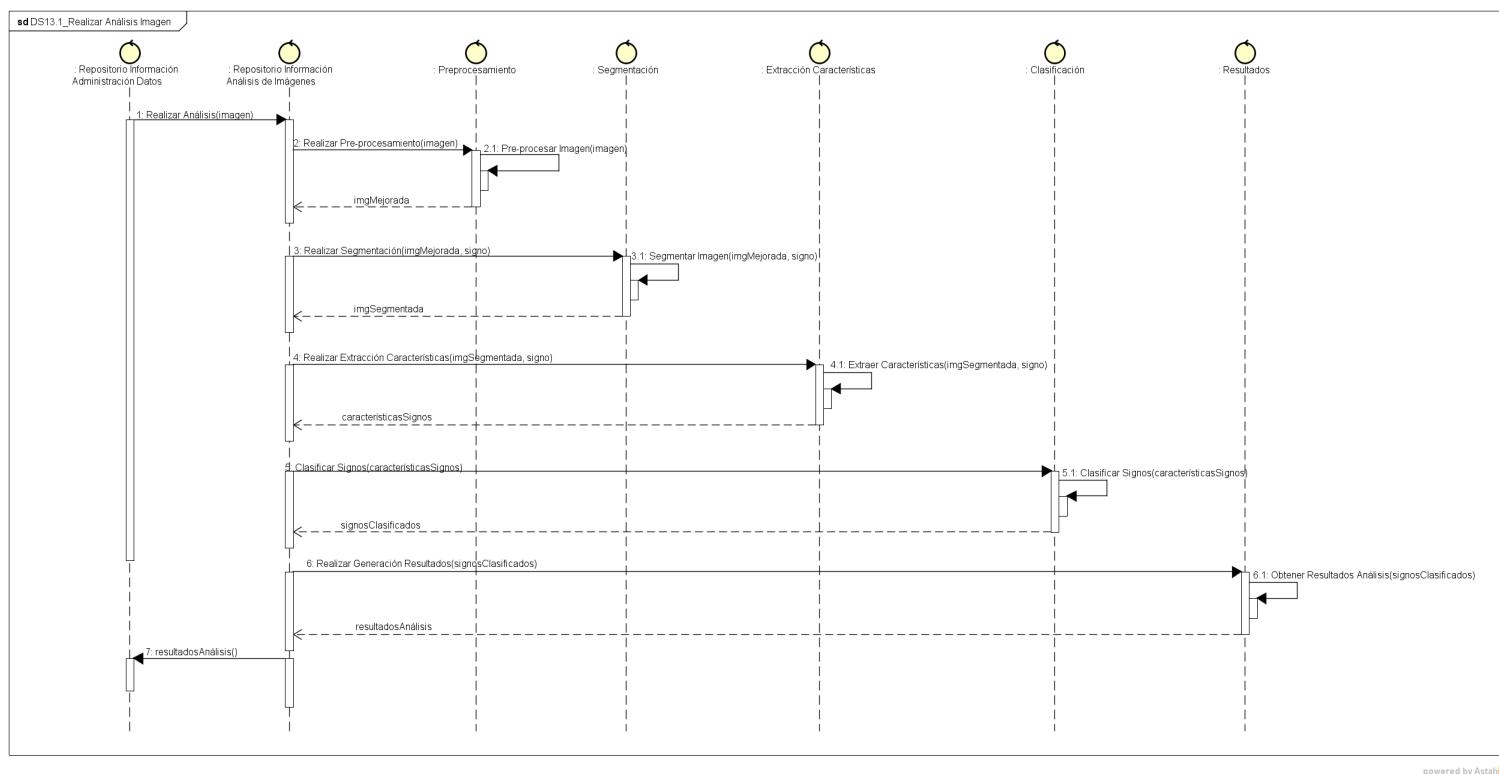


Figura 7.8: Realizar Análisis Imagen

7.9.1.2. DS13.2 Generar Pre-diagnóstico Imagen

El siguiente diagrama muestra el proceso general para obtener el pre-diagnóstico que indique el grado de RDNP presente en una imagen de fondo de ojo, con base a los cuadrantes que se vean afectados.

Como se aprecia en Figura 7.9 es necesaria la comunicación entre los módulos de Repositorio de Información de ambos subsistemas.

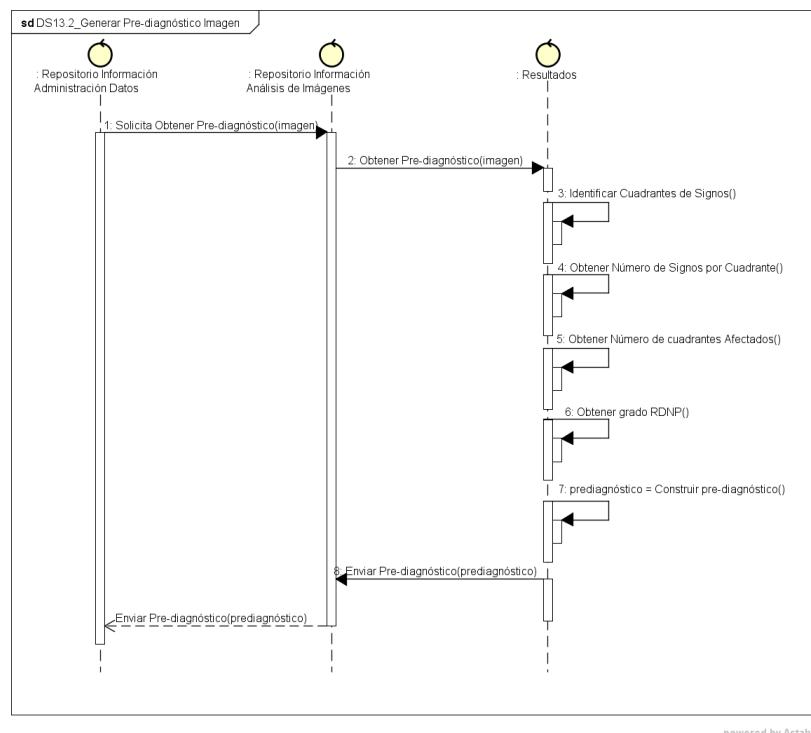


Figura 7.9: Generar Pre-diagnóstico Imagen.

7.9.2. DS14. Guardar Resultados del Análisis

El intercambio de mensajes entre los objetos de la aplicación para poder guardar los resultados del análisis de una imagen, el cual comprende el pre-diagnóstico, aprobación y comentarios médicos, es presentado en la Figura 7.10.

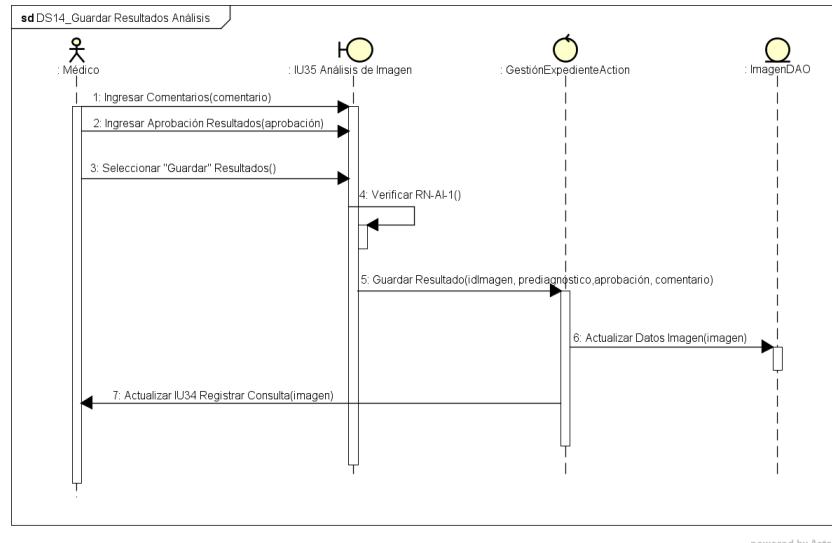


Figura 7.10: Guardar Resultados del Análisis.

7.9.3. DS15. Generar Reporte de Resultados del Análisis

La aplicación permite generar un reporte con los resultados obtenidos del análisis de una imagen, así como datos del médico responsable y del paciente. Dicho proceso se observa en el diagrama de la Figura 7.11.

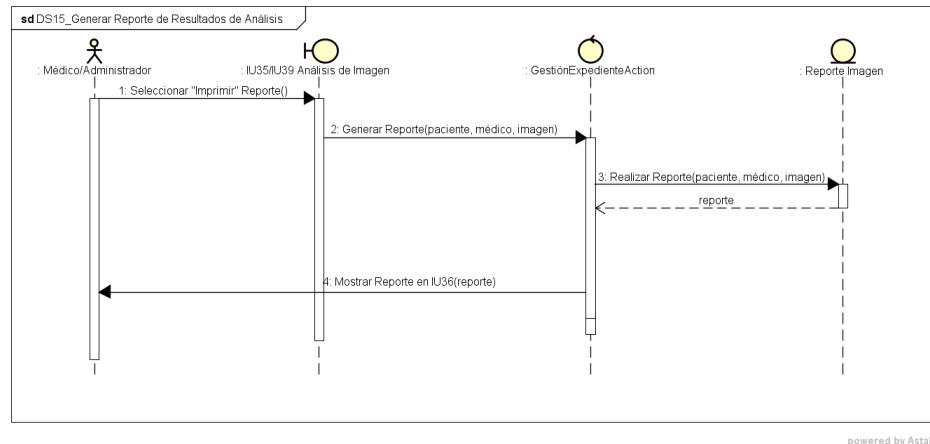


Figura 7.11: Generar Reporte de Resultados del Análisis

Capítulo 8

Módulo de Pre-procesamiento

8.1. Introducción

En el presente capítulo se describe la solución propuesta del módulo de pre-procesamiento de imágenes, explicando cada uno de los algoritmos utilizados junto con sus respectivas pruebas realizadas, cabe mencionar que para entender mejor el funcionamiento de los algoritmos propuestos se hizo uso del **Capítulo 3**, donde se explica a detalle los espacios de colores y cómo funcionan las operaciones morfológicas utilizadas en la implementación.

Es importante mencionar que, los algoritmos fueron programados con el lenguaje Java versión 7 y con la ayuda de la biblioteca OpenCV versión 2.4.12, una biblioteca de código abierto desarrollada en C / C++, que incluye interfaces de uso para varios lenguajes, entre ellos Java, existiendo versiones para Linux, Mac OS X y Windows. OpenCV fue diseñada para la eficiencia computacional en la visión por computadora, incluyendo un fuerte enfoque en aplicaciones en tiempo real.

Intel fue el encargado de su desarrollo desde 1999 hasta su actual y última versión 3.0.0, conteniendo más de 2500 algoritmos optimizados que abarcan una gran gama de áreas de la visión por computadora, como el reconocimiento de objetos, calibración de cámaras, entre otras.

8.2. Solución Propuesta

La etapa de pre-procesamiento tiene como objetivo mejorar la calidad de las imágenes de entrada, incluyendo una normalización de las mismas, para facilitar el procesamiento consecuente y evitar posibles complicaciones en las demás etapas del Procesamiento Digital de Imágenes.

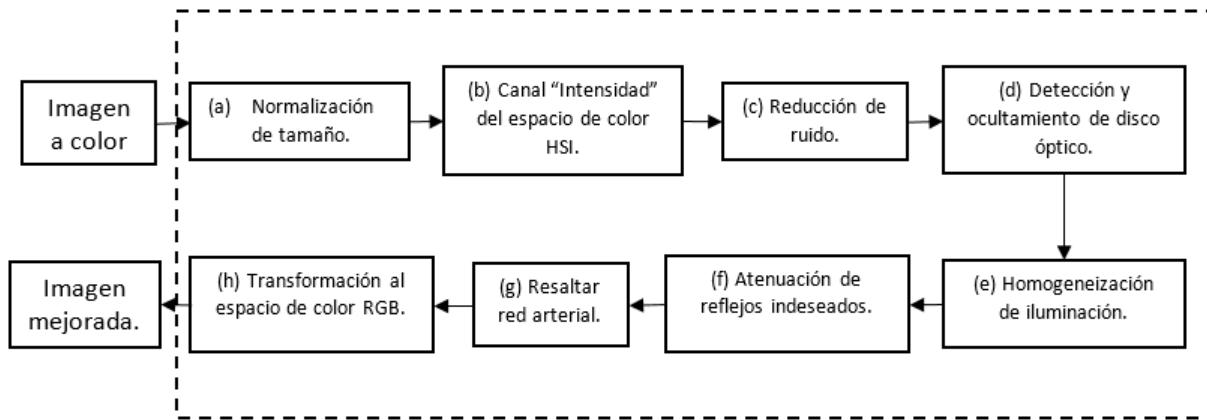


Figura 8.1: Diagrama de bloques de pre-procesamiento.

A continuación se muestran los algoritmos o pasos que se utilizaron en la etapa de pre-procesamiento, cabe mencionar que los siguientes algoritmos se utilizaron debido a que se tomó como base el procedimiento hecho por el trabajo previo que se encuentra en la **Sección 1.3 Trabajo Previo**:

a) Normalización de tamaño.

La normalización se realizará con ayuda de la interpolación bilineal. El tamaño al que se propone normalizar es de 1000 pixeles del lado más grande, teniendo esta dimensión en cuenta se calcula la escala de la imagen original a la imagen normalizada para saber cuál será el tamaño del lado pequeño con base a la escala y aplicar finalmente la interpolación.

b) Canal ‘Intensidad’ del espacio de color HSI.

En este algoritmo se realiza una conversión del espacio de color RGB al espacio de color HSI, una vez realizada esta conversión únicamente se obtienen los valores de cada pixel del canal I, el canal de intensidad. La ecuación para convertir el espacio de color de RBG a HSI fueron:

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (8.1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)] \quad (8.2)$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (8.3)$$

Donde H, S e I son los canales de tono, saturación e iluminación del espacio de color HSI, mientras que R, G y B son los canales rojo, verde y azul del espacio de color RGB.

c) Reducción de ruido.

En la reducción de ruido se trata de eliminar lo más posible el ruido aditivo que pueda existir en la imagen, incluyendo ciertos elementos específicos como letras que puedan presentarse en la imagen. Para la reducción del ruido se realiza un cierre o closing junto con una apertura u opening con una máscara cuadrada de 3 x 3 y centro en 1,1. Posteriormente se realiza el mismo proceso anterior pero invertido, es decir, se realiza una apertura seguida de un cierre con la misma máscara. Al finalizar, para eliminar las letras que puedan existir en la imagen, se crea una circunferencia de cien pixeles más grande que la mitad del ancho de la imagen, lo cual es suficiente para no eliminar información importante, consecuentemente los pixeles que se encuentran fuera de la circunferencia descrita toman un valor de 0.

d) Detección y ocultamiento de disco óptico.

El presente algoritmo se realiza de primera instancia una erosión para eliminar los posibles exudados u otros puntos de luz pequeños en la imagen y después se hace ecualización del histograma desde el valor 0 al 255, la máscara utilizada en la erosión es de 20 x 20 pixeles, con centro en 0,0. Posteriormente, se realiza una apertura con una máscara circular de 200 pixeles de diámetro con centro en 100, 100, con la finalidad de aumentar la zona con mayor iluminación, pues de antemano se sabe que el disco óptico es quien tiene la zona de mayor iluminación. Una vez teniendo la imagen con la apertura realizada, se busca dentro de la imagen cuál es el valor de iluminación más alto, y se busca el centro de la zona que mantenga éste valor de iluminación o que tenga un valor mayor. Ya conocida la zona y el centro de la misma se dibuja sobre la imagen un círculo que tape el disco óptico de tamaño 200 x 200 pixeles.

e) Homogeneización de iluminación.

Para lograr una homogeneización de iluminación dentro de la imagen, conociendo el centro del disco óptico, se calcula sobre cada pixel su distancia euclíadiana modificada con respecto a tal centro. Esta distancia euclíadiana modificada únicamente cambia debido a que se multiplica la distancia euclíadiana normal por un factor con valor de 0.7660, el cual es un valor calculado teniendo en cuenta la concavidad del ojo, ya que ésta llega a modificar la iluminación de la imagen de fondo de ojo. La ecuación usada para la homogeneización es la siguiente:

$$I(x, y) = 0,7660[(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (8.4)$$

Donde:

- I(x,y): Imagen resultado de la homogeneización.
- x, y: Coordenadas del pixel a calcular su distancia euclíadiana.
- s, t: Coordenadas del centro del disco óptico.

f) Atenuación de reflejos indeseados.

La atenuación de los reflejos indeseados se encarga de eliminar los pequeños reflejos alrededor de la red arterial, para hacer esta atenuación se dilata la imagen con el objetivo de hacer que la red arterial cubra mayor área, por ello en la dilatación se hizo uso de una máscara cuadrada de 3 x 3 con centro en 1, 1. Una vez dilatada la imagen se suma a la imagen no dilatada y como resultado se obtiene la imagen con los reflejos atenuados, pero la imagen se muestra un poco borrosa. Es por eso que para terminar con éste algoritmo se realiza una erosión con la misma máscara usada en la dilatación para definir los objetos de imagen borrosa.

g) Resaltar red arterial.

Para lograr resaltar más la red arterial únicamente se aplica un bot hat o black hat, con una máscara cuadrada de 3 x 3, el resultado de esta transformación se suma a la imagen original, es decir, a la imagen de entrada del bot hat.

h) Transformación al espacio de color RGB.

Para realizar la conversión del espacio de color HSI al RGB se efectúa lo siguiente, de la imagen resultado de la conversión de RGB a HSI, se reemplazan los valores de I con el resultado obtenido del algoritmo anterior, los valores de H y S permanecen igual. Una vez teniendo los valores de cada canal, se realiza la conversión, concluyendo así con el preprocesamiento.

8.3. Implementación

Como se mencionó en la introducción, la implementación se llevó a cabo con ayuda de la biblioteca OpenCV, a continuación se describen las funciones que se utilizaron para la implementación de los algoritmos anteriores:

- imread
Carga una imagen desde un archivo.
- imwrite
Guarda una imagen en un archivo en específico.
- imencode
Codifica una imagen en búfer de memoria.
- add
Calcula por elemento la suma entre dos imágenes.
- subtract
Calcula por elemento la diferencia entre dos imágenes.
- resize
Cambia el tamaño de una imagen, con ayuda de la interpolación u otros métodos.

- cvtColor
Convierte una imagen de un espacio de color a otro.
- equalizeHist
Ecualiza el histograma de una imagen en escala de grises.
- erode
Erosiona una imagen usando un elemento de estructura en específico.
- dilatation
Dilata una imagen usando un elemento de estructura en específico.
- ellipse
Dibuja un arco elíptico simple o gruesa o llena un sector con la forma de una elipse.

Además de las funciones anteriores también se hizo uso del objeto Mat, el cual es prácticamente una matriz que almacena cada uno de los valores de los píxeles de la imagen leída y permite la manipulación de los mismos [50].

La implementación realizada para las pruebas de pre-procesamiento no lleva consigo alguna interfaz, por lo que la información de qué imagen se quiere leer se inserta manualmente dentro de la función principal.

```
public static void main(String[] args) {  
  
    Mat imagenHSI;  
    Preprocesamiento p = new Preprocesamiento();  
    Imagen img = new Imagen("001", "C:\\\\Users\\\\Myke Uchiha Sykes\\\\Desktop\\\\Imagenes\\\\Con_RDNP\\\\img001.jpg");
```

Figura 8.2: Selección de imagen.

Si se requiere cambiar el valor del tamaño de alguna máscara o el tamaño de la imagen normalizada, únicamente se debe modificar el valor dentro de cada función implementada para cada etapa. A continuación se muestra un ejemplo de lo descrito anteriormente, si se desea otro tamaño de la imagen normalizada, se cambia el valor de la variable ancho.

```

public Mat interpolacionBilineal(Mat imgOriginal)
{
    Mat imagenNormalizada;

    double escala=0, escalaX =0, escalaY=0;
    int altura=0, ancho = 1000;

    //Cálculo de escala
    escala = ancho / (double) imgOriginal.width();
    altura = (int) (imgOriginal.height() * escala);

    imagenNormalizada = new Mat(altura, ancho, CvType.CV_8UC3);

    escalaX = imagenNormalizada.height() / (double) imgOriginal.height();
    escalaY = imagenNormalizada.width() / (double) imgOriginal.width();

    Imgproc.resize(imgOriginal, imagenNormalizada, imagenNormalizada.size(), escalaX, escalaY, Imgproc.INTER_LINEAR);

    return imagenNormalizada;
}

```

Figura 8.3: Cambio de parámetros.

Finalmente para poder ver los resultados de la implementación, se ejecuta el programa y se muestran las siguientes pantallas con el resultado de cada una de las etapas:



Figura 8.4: a) Normalización de tamaño. b) Canal “Intensidad” del espacio de color HSI. c) Reducción de ruido.

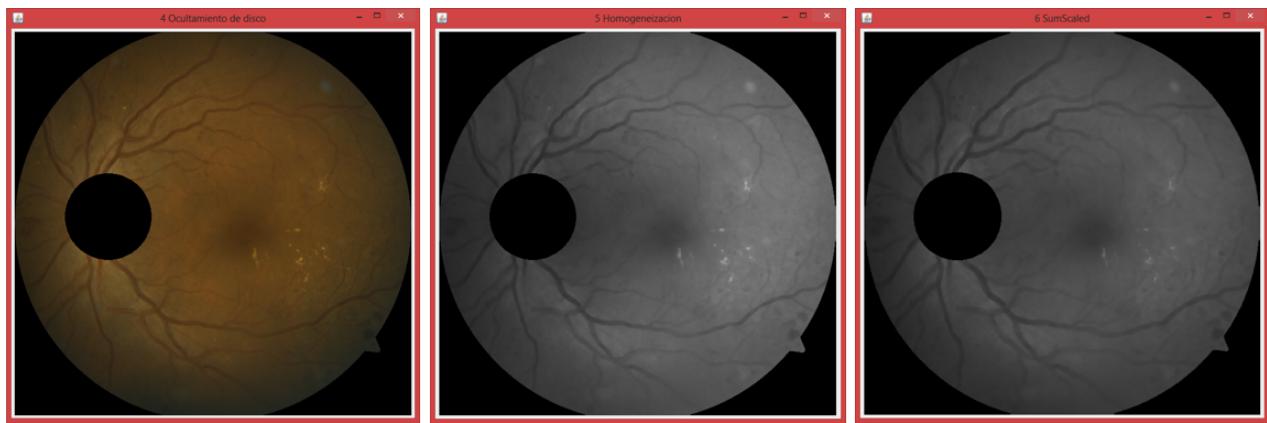


Figura 8.5: d) Detección y ocultamiento de disco óptico. e) Homogeneización de iluminación. f) Atenuación de reflejos indeseados.

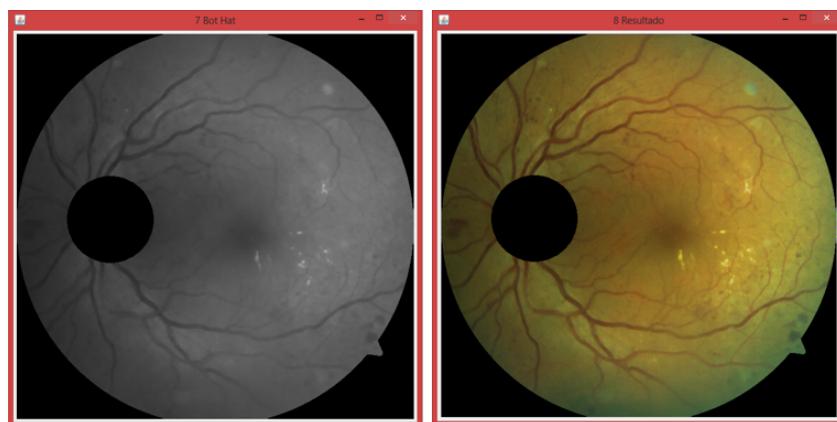


Figura 8.6: g) Resaltar red arterial. h) Transformación al espacio de color RGB.

8.4. Pruebas

Para realizar las pruebas de cada uno de los algoritmos se utilizaron 28 imágenes, las cuales tienen formato JPG con una resolución de 2124x2056 pixeles cada una. Cabe mencionar que la mayoría de dichas imágenes presentan RDNP, por lo que contienen los síntomas a detectar, los cuales son exudados y microaneurismas.

- Normalización de tamaño.

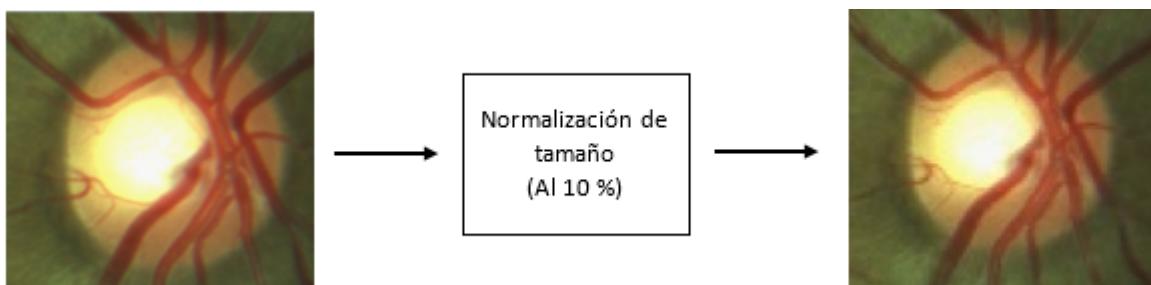


Figura 8.7: Prueba de Normalización al 10 %.

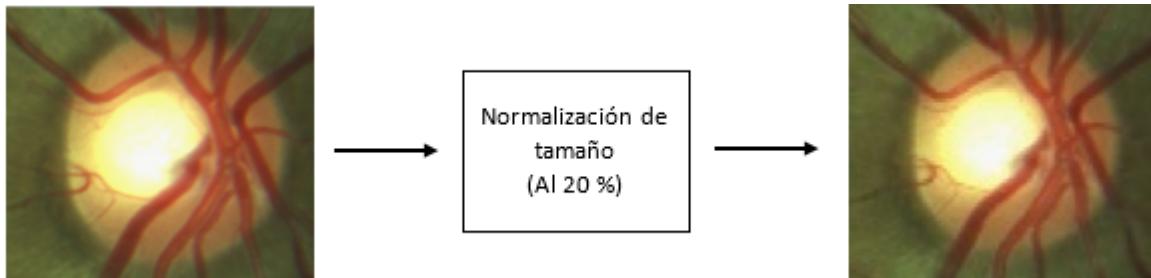


Figura 8.8: Pruebas de Normalización al 20 %.

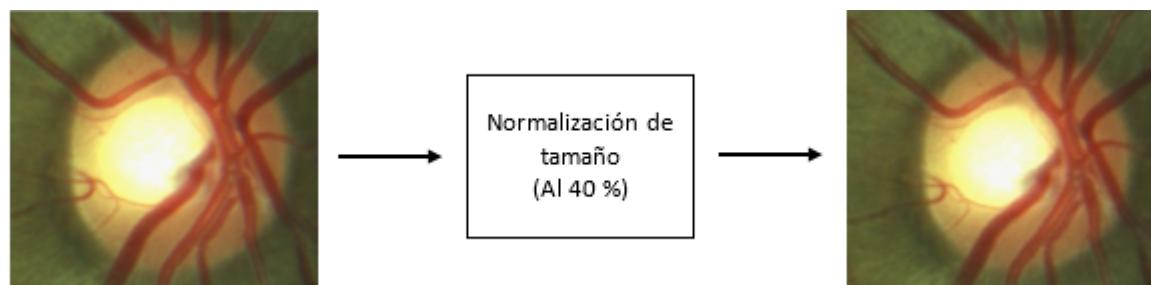


Figura 8.9: Pruebas de Normalización al 40 %.

Observaciones: Al ejecutar la normalización de tamaño se puede observar que no se distorsiona mucho la imagen, es decir, no se eliminan puntos pequeños como microaneurismas, al igual que no se agrega información indeseable y se sigue manteniendo la forma de la imagen.

- Canal “Intensidad” del espacio de color HSI.

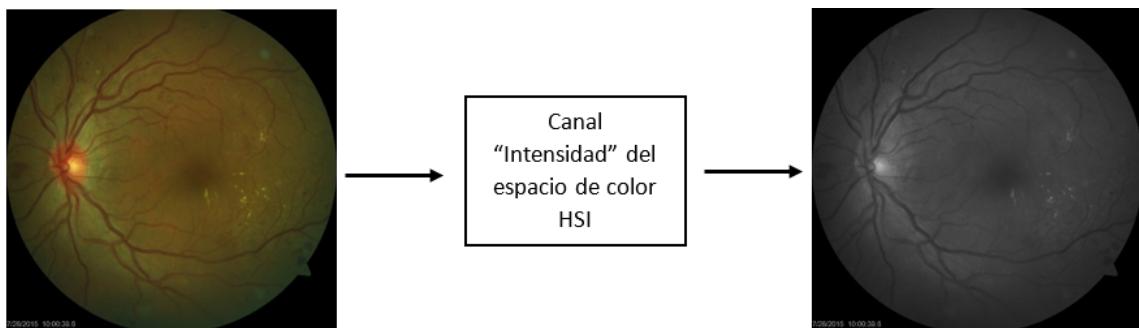


Figura 8.10: Prueba 1 de Conversión a HSI.

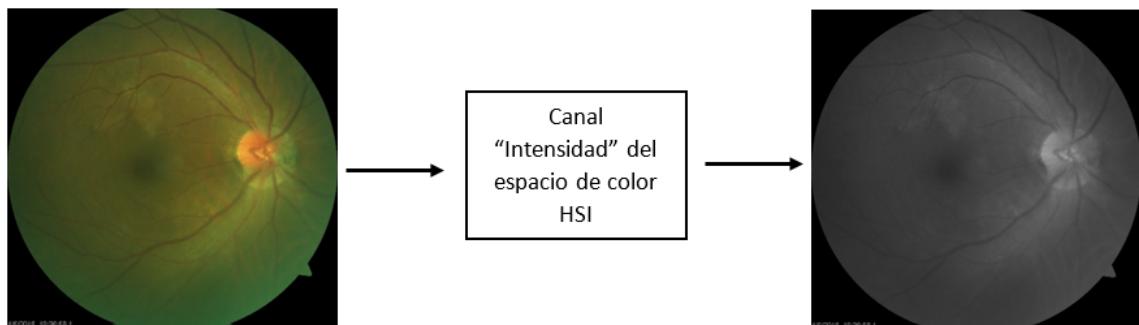


Figura 8.11: Prueba 2 de Conversión a HSI.

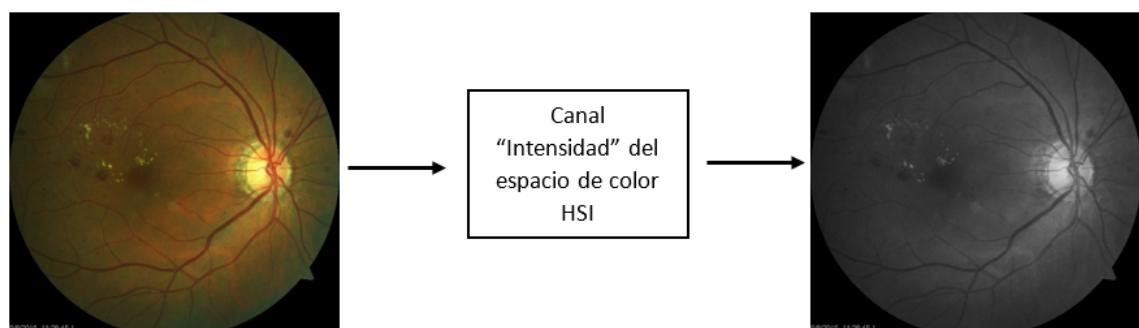


Figura 8.12: Prueba 3 de Conversión a HSI.

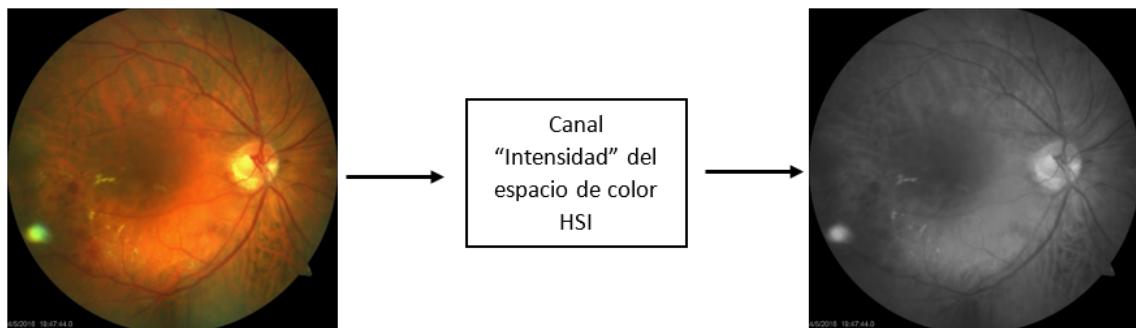


Figura 8.13: Prueba 4 de Conversión a HSI.

Observaciones: La transformación al espacio de color HSI nos permite obtener el canal de Intensidad, el cual como se puede notar nos presenta una imagen descripta en función de su iluminación, lo cual es requerido puesto que algunos de los algoritmos posteriores del pre-procesamiento hacen uso de ella.

- Reducción de ruido.

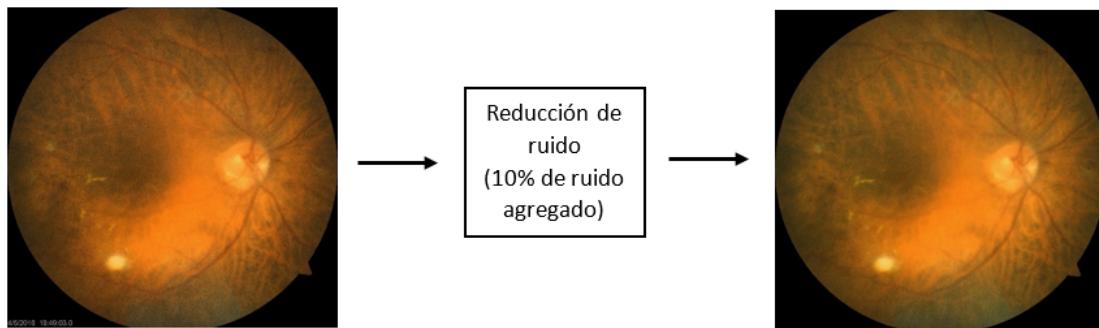


Figura 8.14: Prueba 1 de reducción de ruido con 10 % de ruido.

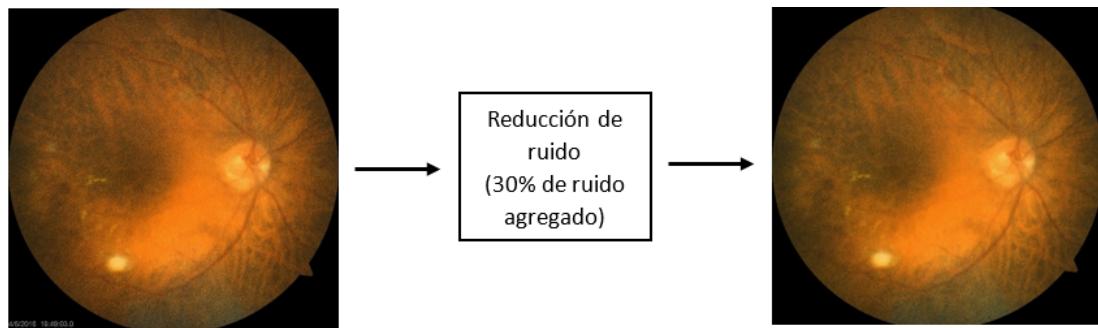


Figura 8.15: Prueba 2 de reducción de ruido con 30 % de ruido.

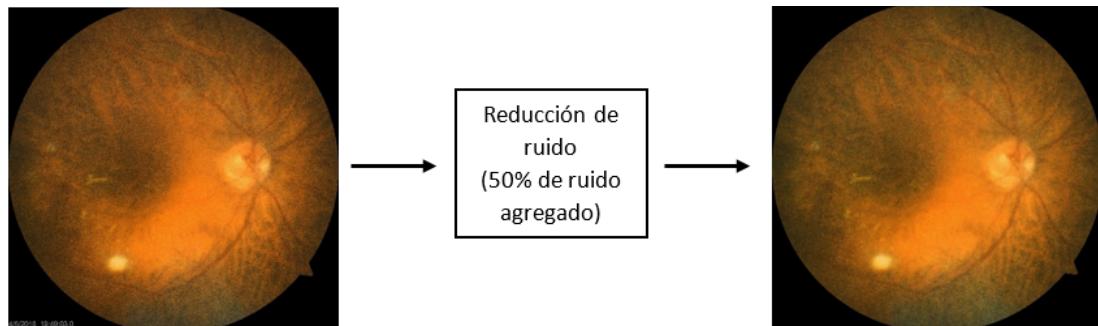


Figura 8.16: Prueba 3 de reducción de ruido con 50 % de ruido.

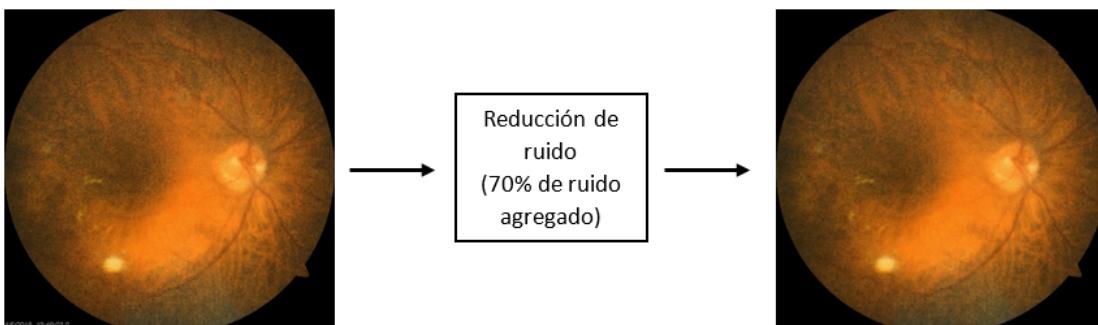


Figura 8.17: Prueba 4 de reducción de ruido con 70 % de ruido.

Observaciones: Con respecto a los resultados de las pruebas anteriores, podemos decir que la reducción de ruido sirve hasta cierto punto, pues en la última prueba pese a que la reducción fue buena, no es suficiente ya que puntos pequeños de la imagen no se llegan a distinguir completamente, por lo que si una imagen de entrada tiene un 70 % de ruido o más, no se obtendrá el resultado deseado.

- Detección y ocultamiento de disco óptico.

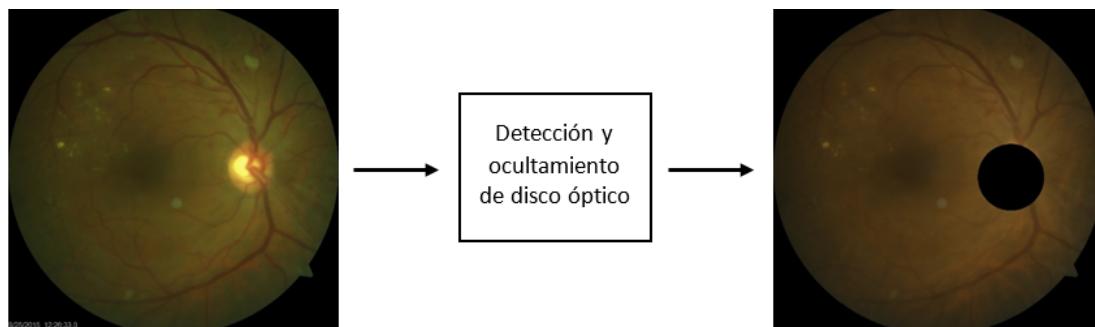


Figura 8.18: Prueba 1 de ocultamiento de disco óptico.

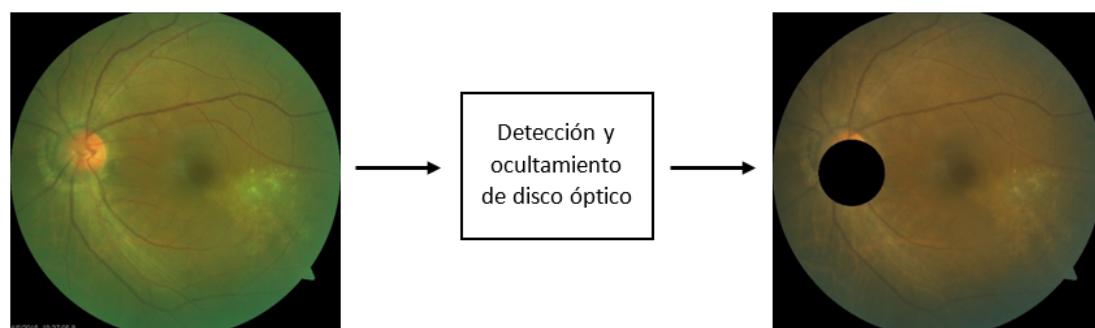


Figura 8.19: Prueba 2 de ocultamiento de disco óptico.

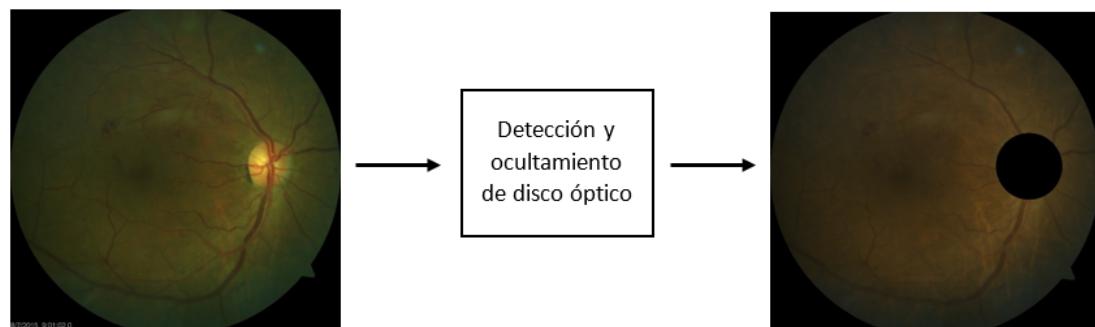


Figura 8.20: Prueba 3 de ocultamiento de disco óptico.

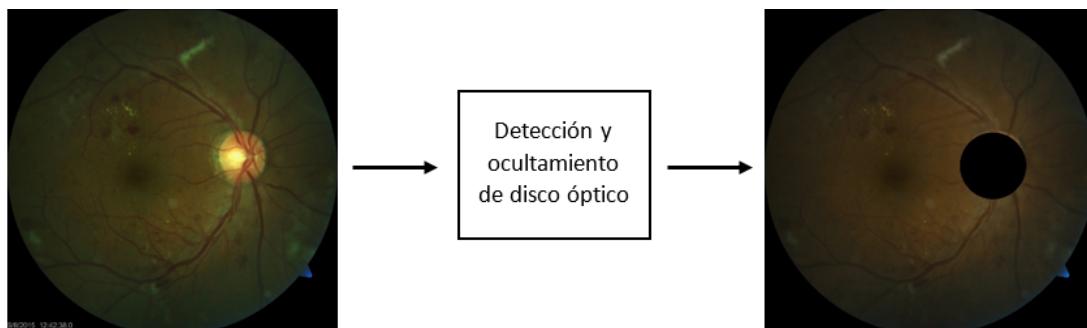


Figura 8.21: Prueba 4 de ocultamiento de disco óptico.

Observaciones: La detección y ocultamiento de disco óptico debe ser mejorada, ya que como se ve en los resultados anteriores, si se llega a cubrir toda el área o un 90 % del disco óptico, sin embargo el restante 10 % puede afectar la detección de exudados por la iluminación que caracteriza tanto al disco óptico como a los exudados.

- Homogeneización de iluminación.

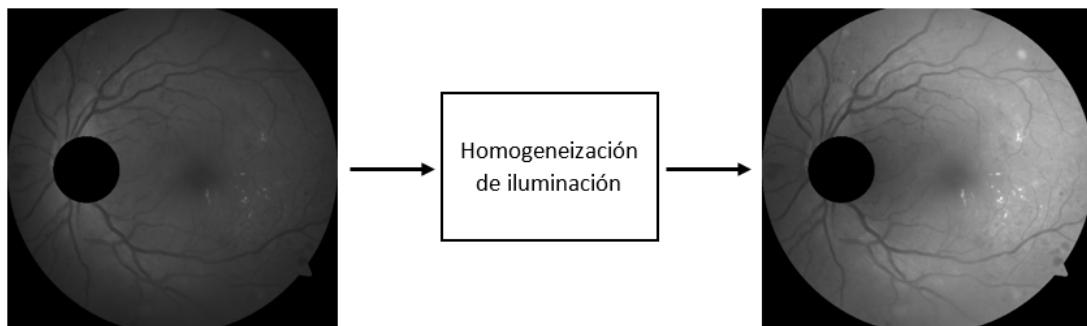


Figura 8.22: Prueba 1 de homogeneización de iluminación.

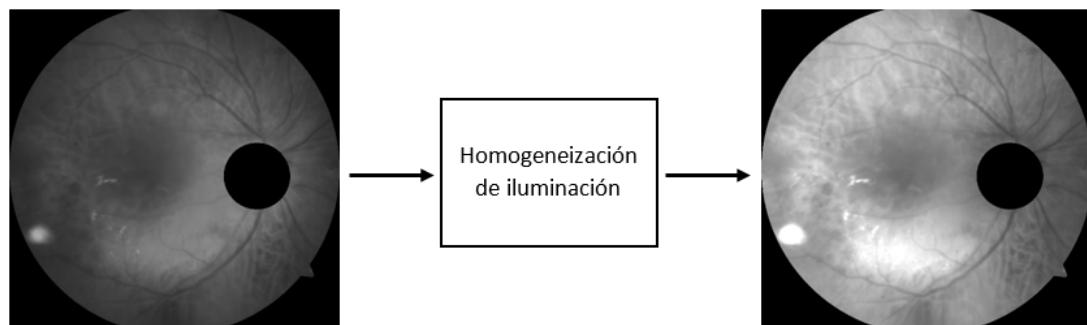


Figura 8.23: Prueba 2 de homogeneización de iluminación.

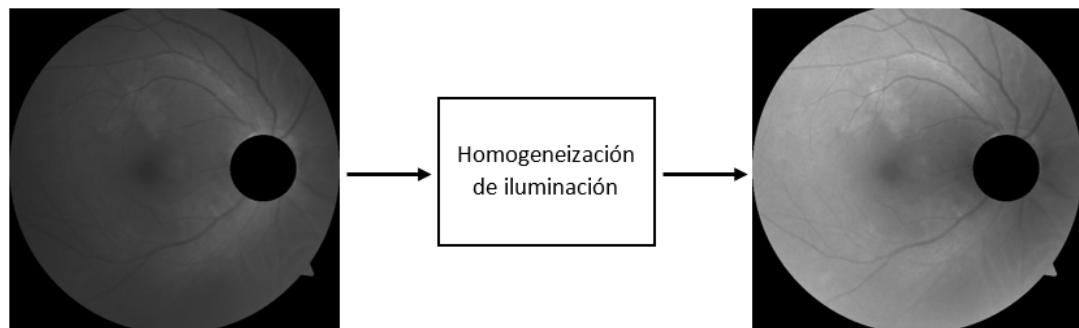


Figura 8.24: Prueba 3 de homogeneización de iluminación.

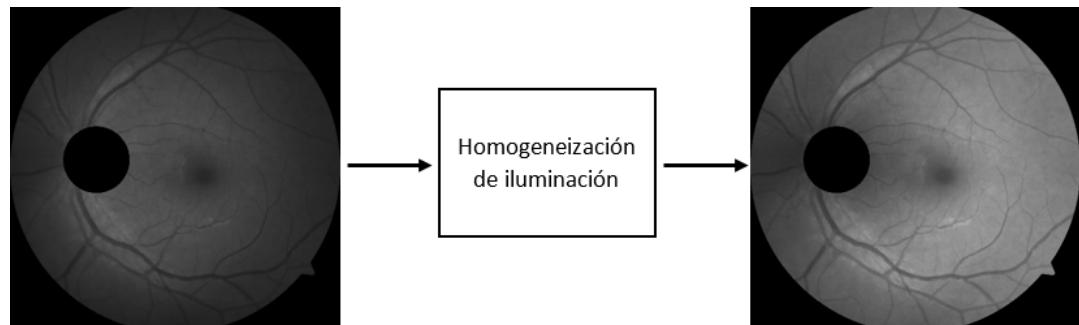


Figura 8.25: Prueba 4 de homogeneización de iluminación.

Observaciones: Las imágenes de salida que nos brinda el proceso de la homogeneización de iluminación nos muestran que las zonas que eran obscuras o muy oscuras, se aclaran al nivel de la imagen, es decir, sí se llega a obtener una homogeneización dentro de esas zonas, ayudando a resaltar alguno detalles que eran casi imposibles de notar. Sin embargo, se puede observar que las zonas que por sí mismas eran brillantes, al realizar la homogeneización resaltan mucho más, lo cual puede afectar para la detección y caracterización de exudados.

- Atenuación de reflejos indeseados.

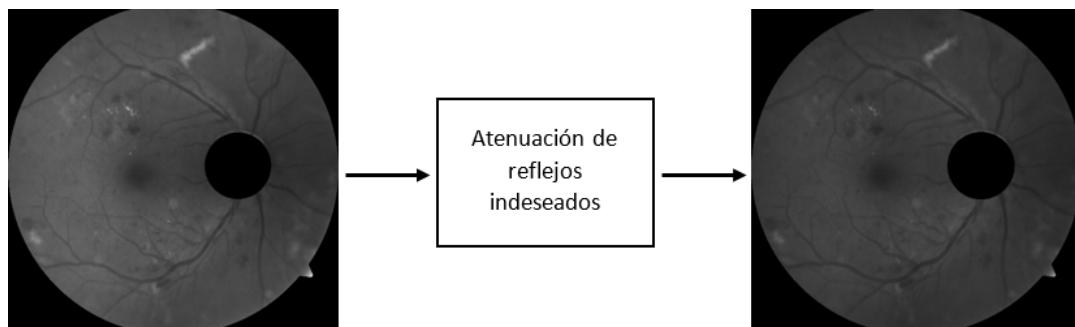


Figura 8.26: Prueba 1 de atenuación de reflejos indeseados.

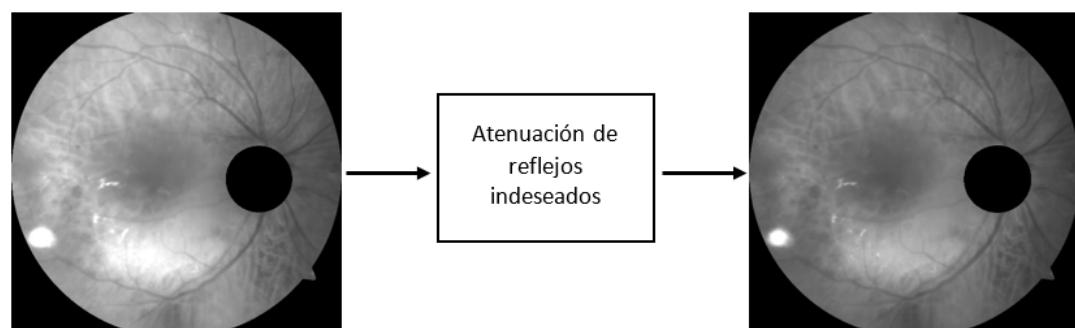


Figura 8.27: Prueba 2 de atenuación de reflejos indeseados.

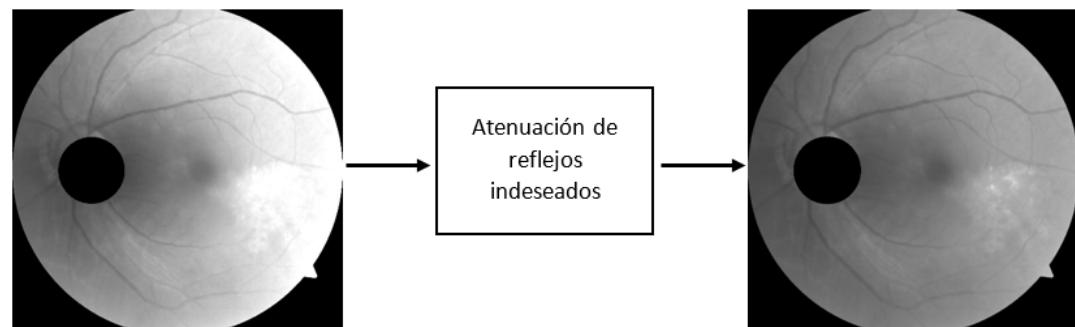


Figura 8.28: Prueba 3 de atenuación de reflejos indeseados.

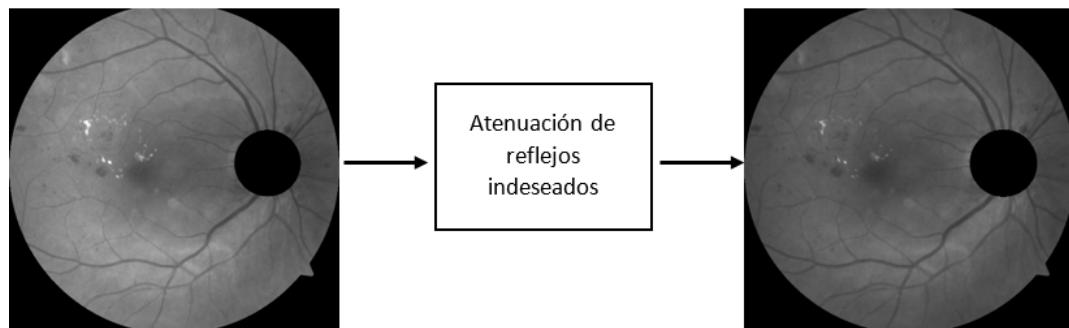


Figura 8.29: Prueba 4 de atenuación de reflejos indeseados.

Observaciones: Dadas las imágenes de salida de la atenuación de reflejos indeseados, se puede decir que no se obtuvieron los resultados deseados, debido a que muchos de los reflejos que se encuentran alrededor de la red arterial desaparecieron muy poco y eran precisamente éstos los que se querían atenuar. Sin embargo, dicha etapa nos ayudó a obscurecer la imagen al grado que los detalles pequeños se pudieran notar, así bien, nos permitió mejorar las zonas que se habían resaltado excesivamente por el algoritmo anterior.

- Resaltar red arterial.

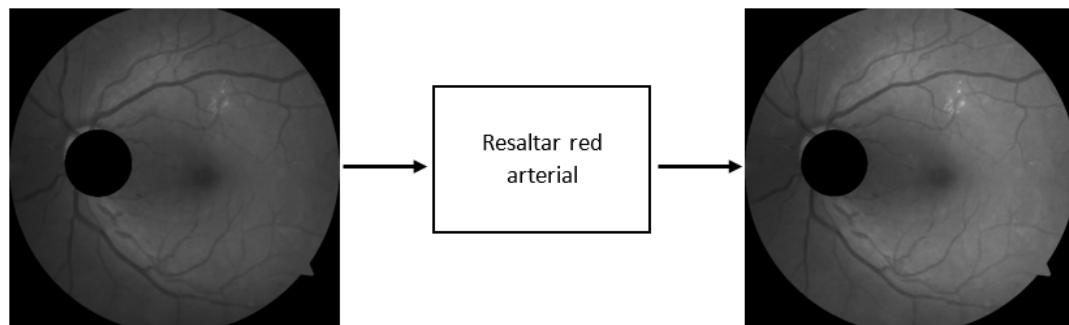


Figura 8.30: Prueba 1 de resaltamiento de red arterial.

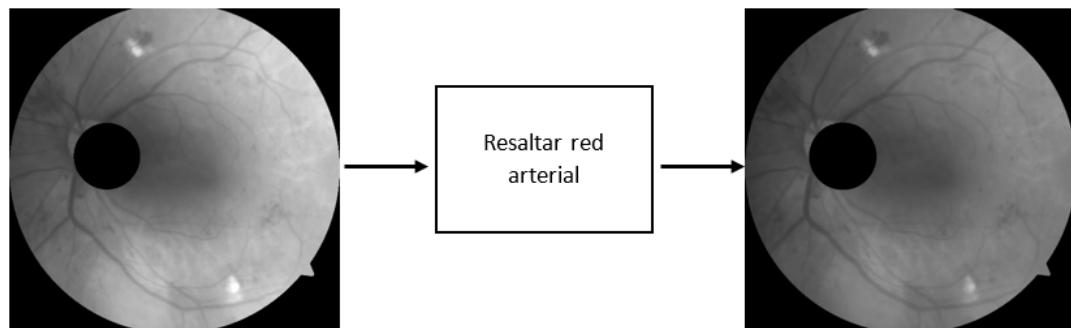


Figura 8.31: Prueba 2 de resaltamiento de red arterial.

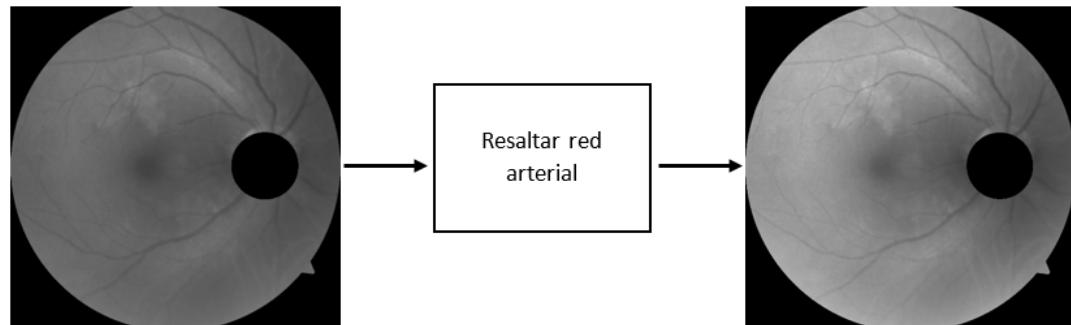


Figura 8.32: Prueba 3 de resaltamiento de red arterial.

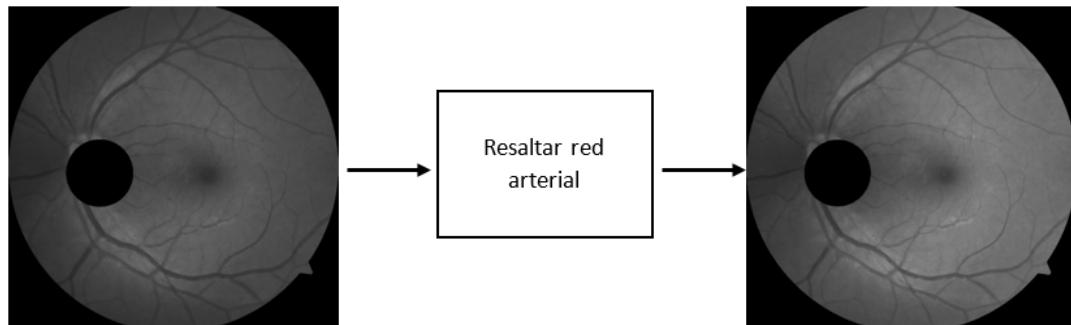


Figura 8.33: Prueba 4 de resaltamiento de red arterial.

Observaciones: Este algoritmo fue útil para zonas de la red en las que su fondo es muy claro o luminoso, pero en zonas oscuras el cambio no es tan notorio, sin embargo la red se muestra mucho más definida a como se mostraba anteriormente.

- Conversión de espacio de colores HSI a RGB y Resultado Final.

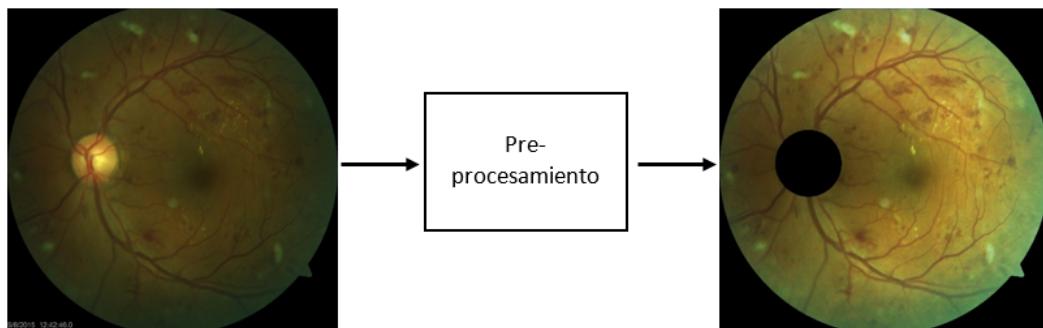


Figura 8.34: Conversión 1 a RGB y resultado final.

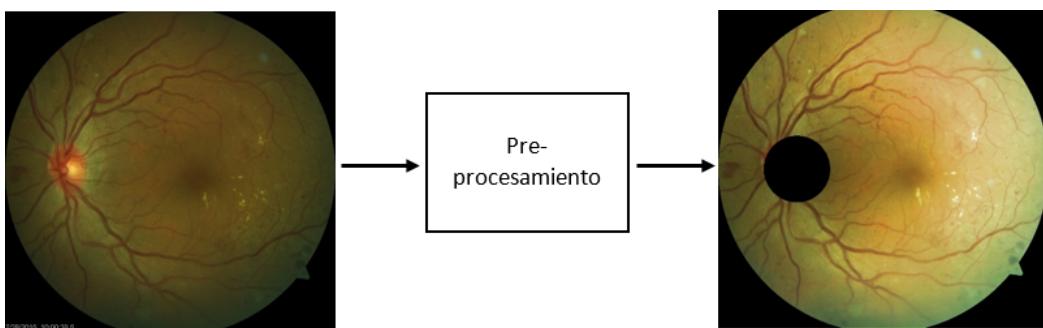


Figura 8.35: Conversión 2 a RGB y resultado final.

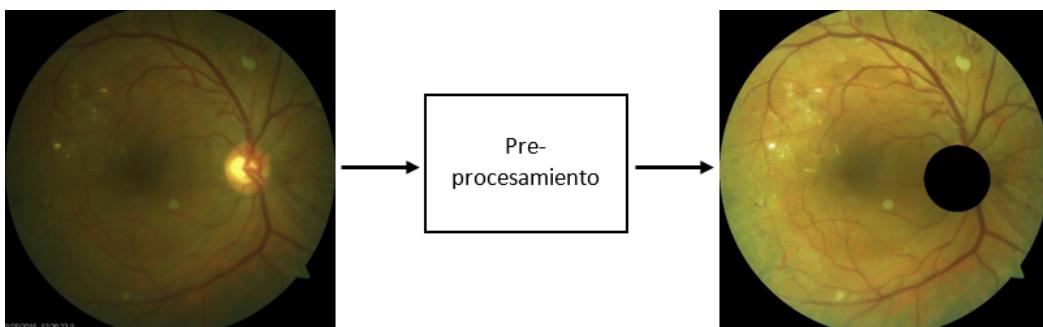


Figura 8.36: Conversión 3 a RGB y resultado final.

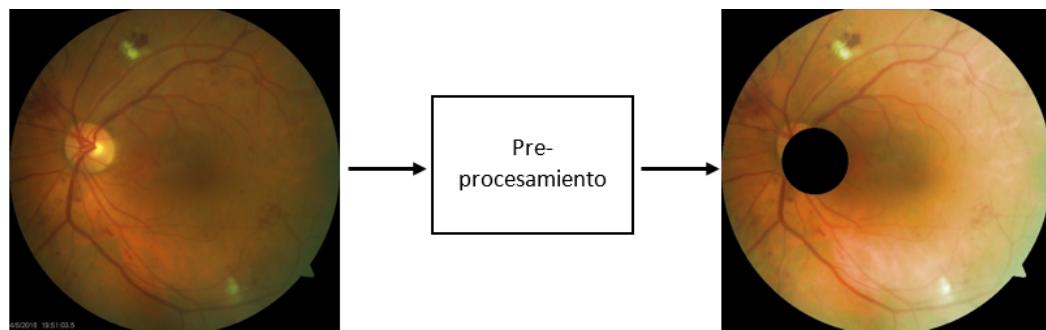


Figura 8.37: Conversión 4 a RGB y resultado final.

Observaciones: Los resultados obtenidos conjuntamente de los algoritmos utilizados en el pre-procesamiento son útiles para las siguientes etapas del PDI, ya que las imágenes de salida muestran una notable mejoría, obteniendo alrededor de un 90 % de mejoramiento, ya que algoritmos como el ocultamiento de disco óptico y el resaltar la red arterial pueden brindar mejores resultados.

Bibliografía

- [1] Laboratorios Grin, *Manual de Padecimientos Oftalmológicos para el Médico no Oftalmólogo*, pag 26-30.
- [2] Instituto de Microcirugía Ocular (IMO), *Diabetes y visión: la retinopatía diabética*, Noviembre 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.imo.es/2014/11/06/diabetes-y-vision-la-retinopatia-diabetica/>
- [3] E. Graue, *OFTALMOLOGÍA en la práctica de la medicina general*, 2nd ed., México: McGraw-Hill, 2003, cap.22
- [4] *Detección y clasificación de hemorragias en imágenes oftalmoscopias de retina humana*, TT 2004-0790, 2004, Sánchez Garfias F.
- [5] *Detección y clasificación de exudados en imágenes oftalmoscopias de retina humana*, TT 2004-0807, 2004, Sánchez Garfias F.
- [6] *Detección y clasificación de microaneurismas en imágenes oftalmoscopias de retina humana*, TT 2005-0850, 2005, Sánchez Garfias F.
- [7] *Clasificación de padecimientos de retinopatía diabética mediante la segmentación de imágenes y memorias asociativas*, TT 2009-0141, 2009, Luna Benoso B.
- [8] *Desarrollo de Sistema de Análisis de Retinas Humanas*, Tesis B061054, 2008, Ríos Hernández I.
- [9] R. Ramani, L. Balasubramanian and S. Jacob, *Retinal Imaging and Image Analysis*, Biomedical Engineering, IEEE Reviews, vol. 3, pp. 169 - 208, Dec. 2010.
- [10] A. Agrawal, C. Bhatnagar and A Jalal, *A survey on automated microaneurysm detection in Diabetic Retinopathy retinal images*, Information Systems and Computer Networks (ISCON), pp. 24-29, March 2013.
- [11] R. Rosas, J. Martínez, J. Hernández and L. Uribe, *A method to assist in the diagnosis of early diabetic retinopathy: Image processing applied to detection of microaneurysms in fundus images*, Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 44, pp.41-53, Sep. 2015.

- [12] ADCIS, *Retinal Analysis Tool*, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.adcis.net/en/Applications/Research-And-Development-Projects/Retinal-Analysis-Lesion-Detection.html>
- [13] M, Lalonde, *RetsoftPlus: a tool for retinal image analysis*. [En línea]. Disponible en: http://www.crim.ca/Publications/2004/Documents/pleinTexte/VIS_LalMals_Cbms04.pdf
- [14] Oak Ridge National, *Screening for Diabetic Retinopathy by Image Content*. [En línea]. Disponible en: <http://web.ornl.gov/sci/risa/index.shtml>
- [15] A. Chimal, C. Hernández, C. Ugalde *El ojo y ergonomía visual*, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.knqn.com/uia/PERCEPCIONVISUAL.htm>
- [16] M. Bueno, M. y Toro Bueno, S. *Deficiencia visual. Aspectos psicoevolutivos y educativos*, Málaga: Aljibe, 1994.
- [17] C. Puell óptica Fisiológica. *El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. [En línea]. Disponible en: http://eprints.ucm.es/14823/1/Puell_%C3%93ptica_Fisiol%C3%B3gica.pdf
- [18] G. Tenorio, V. Sánchez *Retinopatía Diabética; conceptos actuales*, Revista Médica del Hospital General de México, 2010.
- [19] Percepción Visual. [En línea]. Disponible en: <https://cnho.files.wordpress.com/2010/06/8.jpg>
- [20] Anatomía del Ojo. [En línea]. Disponible en: <http://www.clinicavalle.com/enfermedades-procedimientos/anatomia-del-ojo.html>
- [21] S. H. Schwartz, 2009 *Visual Perception: A Clinical Orientation*
- [22] R. Alvarez *Retinopatía Diabética*, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/publ/boletin/20062/retinopatia.pdf>
- [23] J. Donayre *Oftalmología Médica I. Retinopatía Médica*. [En línea]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/medicina/cirugia/tomo_iv/oftal_med1.htm
- [24] J. Claramunt, *Retinopatía Diabética*, 2009. [En línea]. Disponible en: http://www.clinicalascondes.com/area-academica/pdf/MED_20_5/13_Dr_Claramunt.pdf
- [25] L. Fraga, *Curso: Procesamiento Digital de Imágenes*, Mayo 2001.
- [26] R. González y R. Woods. *Digital Image Processing*. EE.UU: Prentice Hall, 2002.

- [27] “Modelos de color.”, [En línea] Microsoft. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-mx/library/dd129721.aspx/>
- [28] T. Olivares, P. Cuenea “LA MORFOLOGÍA METEMÁTICA EN EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES”, [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2282770.pdf>
- [29] “Interpolación de Imágenes”, [En línea] Escuela de Ingeniería Informática de Oviedo. Disponible en: http://www.unioviedo.es/compnum/expositiva/Presentaciones_web/T3C_Interpolacion_imagen.pdf
- [30] E. Martínez, *Curso de Procesamiento Digital de Imágenes*, Departamento de Ciencias de la Computación IIMAS, UNAM, 2005.
- [31] R. O. Duda, P. E. Hart y D. G. Stork, “Introduction”, en *Pattern Classification*, 2da. Edición, pp. 3-17.
- [32] S. Theodoridis y K. Koutroumbas, “Introduction”, en *Pattern Recognition*, Ed. Elsevier: San Diego, USA, 2003, pp. 1-8.
- [33] F. Vázquez, “Caracterización e interpretación de descripciones conceptuales en dominios poco estructurados”, Tesis doctoral, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., 2008.
- [34] Real Academia Española, “Sexo”, 2016. [En línea]. Disponible en: [urlhttp://dle.rae.es/?id=XlApmp](http://dle.rae.es/?id=XlApmp)
- [35] Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Consulta de Numeración y Claves de Larga Distancia”, 2001. [En línea]. Available: http://numeracion.ift.org.mx/numeracion.exe/c_cld
- [36] Aproxima, *Cómo llamar a móviles en México*. [En línea]. Disponible en: <http://www.aproxima.es/llamadas/mexico.html>
- [37] “Top 7 Desktop OSs in Mexico from Jan 2015 to Jan 2016”, [En línea] StatCounter. Disponible en: <http://gs.statcounter.com/#desktop-os-MX-monthly-201501-201601>
- [38] “HTML5 & CSS3 Support”, [En línea] Deep Blue Sky. Disponible en: <http://fmbip.com/litmus/>
- [39] “Java SE Features and Enhancements”, [En línea] Oracle. Disponible en: <http://www.oracle.com/es/technologies/java/features/index.html>
- [40] “What is JavaScript?”, [En línea] JavaScript, 2015. Disponible en: <https://www.javascript.com/>

- [41] “JavaServer Pages Overview”, [En línea] Oracle. Disponible en: <http://www.oracle.com/technetwork/java/overview-138580.html>
- [42] “Eclipse Documentation”, [En línea] Eclipse. Disponible en: <http://help.eclipse.org/mars/index.jsp>
- [43] “Top Reasons to Use MySQL”, [En línea] Oracle. Disponible en: <https://www.mysql.com/why-mysql/topreasons.html>
- [44] “Apache Tomcat 7”, [En línea] The Apache Software Fundation, 2016. Disponible en: <https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/index.html>
- [45] “HTML5 Introduction”, [En línea] w3schools.com. Disponible en: http://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp
- [46] “CSS3 Introduction”, [En línea] w3schools.com. Disponible en: http://www.w3schools.com/css/css3_intro.asp
- [47] “Bootstrap Get Started”, [En línea] w3schools.com. Disponible en: http://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap_get_started.asp
- [48] “Hibernate”, [En línea] Hibernate. Disponible en: <http://hibernate.org/orm/what-is-an-orm>
- [49] “Apache Struts”, [En línea] Apache Struts 2 Documentation. Disponible en: <http://struts.apache.org/docs/home.html>
- [50] “OpenCV About”, [En línea] OpenCV. Disponible en: <http://opencv.org/>