



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Computación

**SOFTWARE PARA EL ESPECTROFOTÓMETRO MINISCAN
XE PLUS USADO EN EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS
DERMATOLÓGICAS EN PACIENTES. CASO DE ESTUDIO:
CIMBUC.**

Autor:
Gabriel A. Núñez N.

Tutores:
Prof. Patricia Guerrero
Prof. Harold Vasquez

Naguanagua, Octubre de 2015.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Computación

**SOFTWARE PARA EL ESPECTROFOTÓMETRO MINISCAN
XE PLUS USADO EN EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS
DERMATOLÓGICAS EN PACIENTES. CASO DE ESTUDIO:
CIMBUC.**

Autor:
Gabriel A. Núñez N.

Tutores:
Prof. Patricia Guerrero
Prof. Harold Vasquez

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo,
como credencial para optar por el título de Licenciado en Computación.

Naguanagua, Octubre de 2015.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Computación

**SOFTWARE PARA EL ESPECTROFOTÓMETRO MINISCAN
XE PLUS USADO EN EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS
DERMATOLÓGICAS EN PACIENTES. CASO DE ESTUDIO:
CIMBUC.**

Resumen

El espectrofotómetro de reflexión difusa, denominado MiniScan XE Plus, es un instrumento de medición utilizado por el Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC), que ayuda a los médicos dermatólogos a establecer diagnósticos sobre patologías en la piel de pacientes, de manera precisa y sin necesidad de realizar biopsias. No obstante, el software comercial disponible para la utilización de tal instrumento es poco amigable, difícil de utilizar e imposible de modificar y extender. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un software amigable, modificable y extensible, que se ajuste a las necesidades de los dermatólogos para así garantizar un mejor aprovechamiento del instrumento en cuestión.

Palabras claves: espectrofotómetro, análisis bioquímico de la piel, biopsia, ingeniería biomédica, software privativo.

Autor:
Gabriel A. Núñez N.

Tutores:
Prof. Patricia Guerrero
Prof. Harold Vasquez

Índice general

Introducción	7
I. El Problema	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo general	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
1.3. Justificación de la investigación	13
II. Marco Teórico	15
2.1. Antecedentes	15
2.1.1. Antecedentes de la investigación	15
2.1.2. Observación directa	16
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Espectroscopía de reflectancia difusa	17
2.2.2. Absorbancia aparente	18
2.2.3. Iluminante estándar D65	18
2.2.4. Observador estándar de 10°	19

Índice general

2.2.5. Coordenadas de cromaticidad CIE xyz	19
2.2.6. Coordenadas del espacio CIELAB	21
2.2.7. Coeficiente de absorción	23
2.2.8. Índice de eritema	24
III.Marco Metodológico	28
3.1. Metodología de investigación	28
3.1.1. Investigación-Acción	28
3.2. Metodología de desarrollo de software	30
3.2.1. SCRUM	31
3.2.2. Artefactos de RUP utilizados	34
IV.Resultados	36
4.1. Fases metodológicas	36
4.1.1. Visión	36
4.1.2. Pila del producto (<i>product backlog</i>)	39
4.1.3. Requerimientos no funcionales	40
4.1.4. Casos de uso	41
4.1.5. Glosario	45
4.2. Base de datos	48
4.2.1. Diagrama ER de la base de datos	48
4.2.2. Descripción de las tablas de la base de datos	48
4.3. Tecnologías y recursos utilizados	49
4.3.1. Tecnologías	49
4.3.2. Recursos	50

Índice general

4.4. Comunicación con el MiniScan XE Plus	52
4.5. Fórmulas implementadas	53
4.6. Interfaz del software	59
4.7. Pruebas realizadas	61
4.7.1. Cálculo de los valores triestímulo CIE XYZ	61
4.7.2. Realización de las mediciones	62
4.7.3. Cálculo de las fórmulas restantes	63
4.8. Colores utilizados en el software	64
V. Conclusiones y recomendaciones	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones	66
Referencias	68
Anexos	71
A. Manual de instalación	72
B. Manual de usuario	98

Índice de figuras

2.1.	HunterLab Universal Software	16
2.2.	Representación gráfica del iluminante estándar D65	27
2.3.	Representación gráfica del observador de 10°	27
3.1.	Carácter cíclico de la Investigación-Acción	29
3.2.	Configuración de los artefactos a utilizar de SCRUM y RUP . .	35
4.1.	Caso de uso: operar el MiniScan XE Plus	41
4.2.	Caso de uso: gestionar medición	41
4.3.	Caso de uso: gestionar sesión de usuario	42
4.4.	Caso de uso: gestionar historia	42
4.5.	Caso de uso: gestionar muestra	43
4.6.	Caso de uso: gestionar usuario	43
4.7.	Diagrama ER de la base de datos	48
4.8.	MiniScan XE Plus	51
4.9.	Ventana principal	59
4.10.	Inicio de sesión	59
4.11.	Curva de reflectancia	60
4.12.	Historia médica de un paciente	60

Índice de figuras

4.13. Medición del Spectrasoft	63
4.14. Medición del HunterLab Universal Software	63

Índice de tablas

1.1.	Atributos esenciales de un software de calidad	14
2.1.	Valores del iluminante D65	25
2.2.	Valores del observador de 10°	26
3.1.	Actividades del proyecto según la Investigación-Acción	30
3.2.	Principios de los métodos ágiles	31
4.1.	Actores del negocio	37
4.2.	Actores del software	37
4.3.	Beneficios y características principales del producto	38
4.4.	Requerimientos funcionales del software	39
4.5.	Requerimientos no funcionales del software	40
4.6.	Verificación de los valores triestímulo	62

Introducción

La Espectroscopía de Reflectancia Difusa (ERD) es una técnica óptica con la cual es posible estudiar las propiedades bioquímicas y las condiciones estructurales de un tejido biológico. Los instrumentos que emplean técnicas como esta son de gran ayuda para los dermatólogos, razón por la cual tales instrumentos han tomado suma importancia en el área de la medicina dermatológica.

El Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC) dispone de un espectrofotómetro de reflexión difusa denominado MiniScan XE Plus. Este instrumento se utiliza a través del único software disponible para su manejo, designado HunterLab Universal Software.

El HunterLab Universal Software es un software comercial y privativo que fue descontinuado en el año 2008. Su interfaz gráfica de usuario está en inglés y contiene más funciones de las necesarias para manejar el instrumento en estudio, lo que lo hace poco amigable y difícil de entender por los dermatólogos.

Esta investigación se centró en desarrollar un software amigable, modificable y extensible para la utilización del MiniScan XE Plus, ajustandose a las necesidades de los dermatólogos, para así crear base sobre la cual se puedan desarrollar nuevas investigaciones que conlleven a la implementación de técnicas que empleen análisis más complejos, y como resultado, diagnósticos más completos y diversos sobre patologías dermatológicas presentes en pacientes.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cinco capítulos, los cuales son descritos a continuación.

El **capítulo I** describe el contexto de la problemática que motiva el desarrollo de este trabajo de investigación, se indican los objetivos a cumplir con el mismo y se explican las razones que justifican la necesidad de su realización.

En **capítulo II** se presentan los trabajos que anteceden esta investigación, las observaciones directas realizadas para llevarla a cabo, y se explican las bases teóricas que sustentan el desarrollo de las funciones que debe ofrecer el software producto de la misma.

En el **capítulo III** se describen la metodología de investigación y la metodología de desarrollo que se emplearon para planificar, diseñar y desarrollar el software propuesto en el presente trabajo de investigación.

El **capítulo IV** muestra los resultados que fueron alcanzados en el desarrollo del presente trabajo de investigación, incluyendo las fases metodológicas, las tecnologías y los recursos utilizados, la interfaz gráfica de usuario del software resultante y las pruebas realizadas.

Finalmente, en el **capítulo V** se establecen las conclusiones a las que se llegó con el presente trabajo de investigación, y las recomendaciones consideradas a tomar para trabajos futuros, tomando en cuenta dichas conclusiones.

Capítulo I

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

El color y la apariencia de la piel humana son importantes en el campo de la medicina. Durante el diagnóstico de enfermedades de la piel, la observación cuidadosa y la evaluación visual del área sospechada es siempre el primer paso, y el más importante. Esto es seguido generalmente por una escisión o biopsia por punción, en la que se extrae una muestra de tejido de la piel para un análisis microscópico. La observación visual suele ser subjetiva, y los pacientes a menudo se someten a cicatrices y dolor durante la biopsia. Por otro lado, las técnicas ópticas son por lo general no invasivas, y sus resultados son a menudo objetivos. Durante el diagnóstico no invasivo, no se crea ninguna ruptura en la piel, y los pacientes no se someten al dolor ni a cicatrices durante el tratamiento (Bersha, 2010).

Los avances tecnológicos de la actualidad permiten emplear técnicas de óptica, capaces de estudiar las propiedades estructurales y bioquímicas del tejido biológico de manera precisa y no invasiva. Los instrumentos que emplean tales técnicas son de gran ayuda para los médicos dermatólogos, razón por

la cual dichos instrumentos han tomado suma importancia en el área de la medicina dermatológica.

Hoy en día existen diferentes tipos de estudios ópticos in-situ, in-vivo e invitro del tejido biológico, como la espectroscopía de reflectancia difusa (ERD). Pérez (2012) asegura que con esta técnica es posible estudiar las propiedades bioquímicas y las condiciones estructurales de un tejido biológico, analizando la interacción luz-tejido de una manera no invasiva.

En este sentido, el Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC) dispone de un espectrofotómetro de reflexión difusa, denominado MiniScan XE Plus. Este dispositivo fue creado por la empresa HunterLab, la cual lo describe como un instrumento que aplica la técnica de ERD, utilizado para medir la reflectancia de especímenes como una función de longitud de onda.

Ahora bien, el CIMBUC hace uso de este instrumento a través del único software disponible para su utilización, designado HunterLab Universal Software. Este es un software comercial y privativo capaz de ejecutarse en sistemas operativos Windows, desde la versión 95 hasta la versión XP. Dicho software contiene funciones que abarcan la utilización del MiniScan XE Plus y de otros instrumentos ofrecidos por HunterLab; su interfaz gráfica de usuario está en inglés, además de que los resultados que genera no poseen el formato de gestión de información de pacientes con el que trabajan los dermatólogos del CIMBUC. Por último, este software fue descontinuado en el año 2008.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se tiene que el HunterLab Universal Software es privativo y está descontinuado, por lo tanto no existe la posibilidad de modificarlo ni de extenderlo. Dicho software está en inglés y ofrece funciones ajenas al uso exclusivo del MiniScan XE Plus, causando que su interfaz gráfica de usuario contenga más opciones de las necesarias para manejar tal instrumento, y que sea difícil de entender por los dermatólogos.

Todo esto sumado al hecho de que los resultados generados por este software deben exportarse y almacenarse manualmente, porque los mismos no poseen el formato con el que trabajan los dermatólogos, produce la necesidad de contar con asistencia técnica especializada para su debida utilización y ralentiza las consultas con los pacientes.

De lo antedicho se desprende que el HunterLab Universal Software posee una interfaz gráfica de usuario poco amigable, y el costo del tiempo de capacitación para su uso correcto podría ser alto. Dicho software no podrá modificarse ni extenderse, por lo tanto no se fomentará el uso del instrumento en cuestión, disminuyendo su potencial. El formato de los resultados de este software convertirá las consultas de los dermatólogos con los pacientes en una labor ineficiente en términos de tiempo. Por último, no se fomentará el desarrollo de nuevas funciones que utilicen los resultados de dicho software como insumo, sosegando así la posibilidad de realizar análisis más complejos, y de proveer resultados que les permitan a los dermatólogos establecer diagnósticos más completos sobre patologías dermatológicas en pacientes.

Motivado a lo anterior, se desarrolló un software modifiable y extensible, con una interfaz gráfica de usuario amigable, con funciones para el uso exclusivo del MiniScan XE Plus, que genera resultados relevantes para los dermatólogos empleando el formato utilizado por ellos para registrar las consultas con los pacientes, y siguiendo los lineamientos de la ingeniería del software pertinentes.

Finalmente, con esta investigación se espera fomentar la utilización del MiniScan XE Plus, reducir el tiempo de las consultas con los pacientes, aportar un software sobre el que se puedan desarrollar nuevas investigaciones que conlleven a análisis más complejos, y por último, realizar diagnósticos más completos y diversos sobre patologías dermatológicas presentes en pacientes.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un software para el espectrofotómetro MiniScan XE Plus, usado en el diagnóstico de patologías dermatológicas en pacientes, tomando como caso de estudio el CIMBUC.

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte relacionado a la investigación:
 1. Técnicas de óptica y colorimetría.
 2. MiniScan XE Plus.
 3. HunterLab Universal Software.
 4. Atributos de calidad del software.
- Seleccionar una metodología de investigación y una metodología de desarrollo para el nuevo software.
- Desarrollar el nuevo software, siguiendo las metodologías seleccionadas.
- Realizar las pruebas para el nuevo software.
- Elaborar el manual de usuario para el uso del nuevo software.

1.3. Justificación de la investigación

Empezando con la interfaz gráfica de usuario, Sommerville (2005) señala que el diseño cuidadoso de la misma es una parte fundamental del proceso de diseño general del software. Si un software debe alcanzar su potencial máximo, es fundamental que su interfaz gráfica de usuario sea diseñada para ajustarse a las habilidades, experiencia y expectativas de sus usuarios previstos. Un buen diseño de la interfaz gráfica de usuario es crítico para la confiabilidad del software. Muchos de los llamados errores de usuario son causados porque las interfaces gráficas de usuario no consideran las habilidades de los usuarios reales y su entorno de trabajo.

Dicho lo anterior, el diseño de la interfaz gráfica de usuario del HunterLab Universal Software es la principal razón por la cual los dermatólogos requieren de personal técnico especializado que los asista al momento de utilizarlo. Esto porque dicha interfaz está en inglés, ofrece funciones que no son necesarias para la utilización del MiniScan XE Plus, y sus resultados no poseen un formato adecuado. Por estas razones los dermatólogos perciben este software comercial como no intuitivo, ni auto descriptivo ni amigable, temiendo cometer errores al utilizarlo sin asistencia y generar resultados erróneos, poniendo en riesgo la fiabilidad del diagnóstico, y en consecuencia, la salud de los pacientes.

Con respecto a software de calidad, Sommerville (2005) explica lo siguiente: así como los servicios que proveen, los productos de software tienen un cierto número de atributos asociados que reflejan su calidad. Estos atributos no están directamente relacionados con lo que hace el software; más bien, reflejan su comportamiento durante su ejecución, en la estructura y la organización del programa fuente, y en la documentación asociada.

El conjunto específico de atributos que se esperan de un software de calidad depende obviamente de su aplicación. En la tabla 1.1 se puede apreciar la generalización de estos atributos.

Tabla 1.1: *Atributos esenciales de un software de calidad* (Fuente: Sommerville, 2005).

Característica	Descripción
Mantenibilidad	El software debe describirse de tal forma que pueda evolucionar para cumplir las necesidades de cambio de los clientes. Este es un atributo crítico, debido a que el cambio en el software es una consecuencia inevitable de un cambio en el entorno de negocios.
Confiabilidad	Este atributo tiene un gran número de características, incluyendo la fiabilidad, la protección y la seguridad. El software confiable no debe causar daños físicos o económicos en caso de que ocurra una falla del sistema.
Eficiencia	El software no debe hacer que se malgasten los recursos del sistema, como la memoria y los ciclos de procesamiento. Por lo tanto, la eficiencia incluye tiempos de respuesta y de procesamiento, utilización de la memoria, etcétera.
Usabilidad	El software debe ser fácil de utilizar, sin esfuerzo adicional por parte del usuario para quien está diseñado. Esto significa que debe tener una interfaz gráfica de usuario apropiada, y una documentación adecuada.

Debido a que el HunterLab Universal Software es privativo, el CIMBUC no dispone de su código fuente, de manera que este software no puede modificarse ni adaptarse a necesidades específicas, y por lo tanto, no posee el primer atributo esencial para un software de calidad: la mantenibilidad. Por la misma razón, no se puede determinar con certidumbre el segundo atributo: la confiabilidad. Por último, la usabilidad de este software es baja, ya que la interfaz gráfica de usuario es poco amigable.

Las razones descritas anteriormente justifican la necesidad del desarrollo de un software para el uso del MiniScan XE Plus que sea amigable, modificable, extensible, y que cumpla con los atributos esenciales de calidad; que emplee el formato de historia médica con el que trabajan dermatólogos, y que ofrezca las funciones que ellos necesitan para realizar análisis y establecer diagnósticos de patologías dermatológicas en pacientes. Por último, se ha tomado como caso de estudio el CIMBUC.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes de la investigación

En el artículo científico titulado «*Comparing Quantitative Measures of Erythema, Pigmentation and Skin Response using Reflectometry*», realizado por Wagner et al., (2002), en la Universidad del Estado de Pensilvania, Estados Unidos, y publicado por Pigment Cell Res, se obtiene el índice de eritema, que es utilizado para determinar el nivel inflamatorio de la epidermis de un paciente. El método utilizado en este artículo para su obtención fue implementado en el nuevo software.

En el artículo científico titulado «*Recuperación del Coeficiente de Absorción de la Epidermis en la Piel Humana*», realizado por Narea et al., (2015), en la Universidad de Carabobo, Venezuela, y publicado por la Sociedad Española de Óptica, se determina el coeficiente de absorción, que es un parámetro óptico asociado a la piel, el cual indica el nivel de concentración de melanina presente en la epidermis de un paciente. La técnica empleada en dicho artículo para

calcular este coeficiente fue implementada en el nuevo software.

2.1.2. Observación directa

El «*HunterLab Universal Software*», es un software comercial y privativo de 16 bits diseñado para el sistema operativo Microsoft Windows versión 3.x, con la posibilidad de ejecutarse en Windows 95, Windows 98, Windows 2000 y Windows XP. Fue creado para la utilización del MiniScan XE Plus, además de otros instrumentos de la empresa HunterLab, y descontinuado en el año 2008. Este software dispone de algunas de las funciones que fueron desarrolladas en el nuevo software, razón por la cual es una referencia importante de observación. En la figura 2.1 se puede apreciar la vista principal de la interfaz de este software.

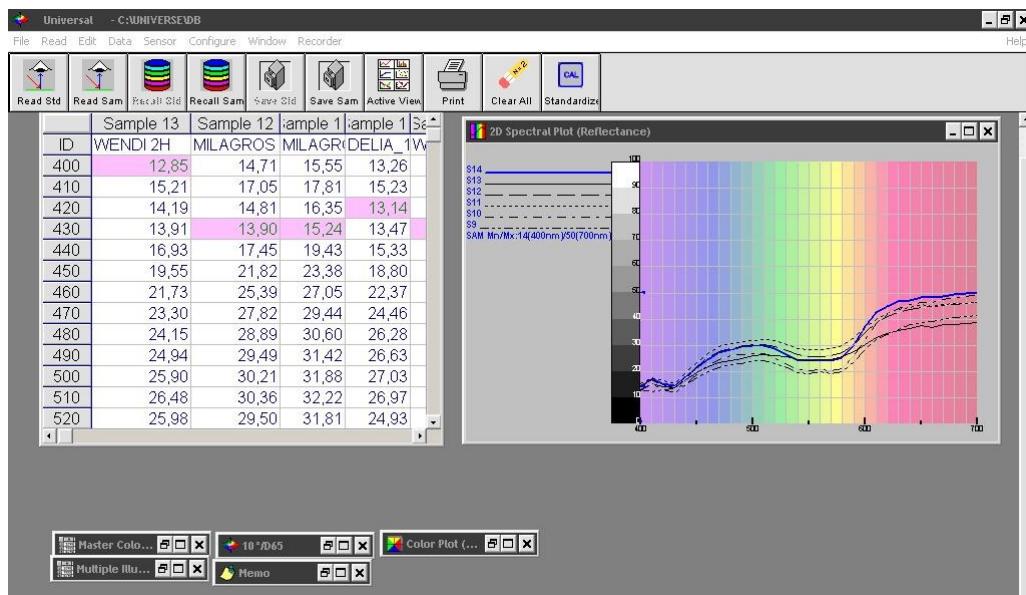


Figura 2.1: *HunterLab Universal Software* (Fuente: CIMBUC, 2015).

El archivo denominado «*MSXE + OCX*», es una hoja de cálculo habilitada para la ejecución de macroinstrucciones de Microsoft Excel, que fue proporcionada por el personal de soporte técnico de HunterLab como un ejemplo para utilizar el MiniScan XE Plus, empleando el uso de un kit de control denominado

MiniScan XE Plus OCX Kit (MSXE.ocx). Este kit fue diseñado por la empresa HunterLab para dar acceso a las características comúnmente utilizadas por dicho instrumento. El código contenido en la hoja de cálculo se empleó como referencia para el manejo del kit MSXE.ocx.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Espectroscopía de reflectancia difusa

La ERD (espectroscopía de reflectancia difusa) es una técnica con la cual se puede estudiar tejido biológico. En el campo de las aplicaciones biomédicas resulta útil para propósitos de diagnóstico, ya que se pueden estudiar tejidos de manera no invasiva, también ha demostrado ser una técnica de gran utilidad en aplicaciones de diagnóstico en varias situaciones modernas (Pérez, 2012).

Para llevar a cabo una medición con ERD se requiere hacer incidir la luz de una fuente, cuyo espectro de emisión sea conocido, sobre el tejido que se quiere estudiar. La luz que logra propagarse en el tejido y que es re-emitida por este hacia la superficie irradiada, será capturada por algún dispositivo fotosensible (en el caso de esta investigación, el MiniScan XE Plus), para ser comparada posteriormente con la luz incidente o espectro de referencia, y así poder determinar qué tanto cambió dicho espectro después de haber interactuado con el tejido.

Normalmente los datos espectrales de la reflectancia difusa $R(\lambda)$ son multiplicados por un factor de 100 por los dispositivos fotosensibles, para representarlos en forma de curva en una escala del 0 % al 100 %, a lo largo de puntos discretos que representan las longitudes de onda con las que opera dicho dispositivo; tal es el caso del MiniScan XE Plus.

2.2.2. Absorbancia aparente

Según el *Random House Kernerman Webster's College Dictionary* (2010), el espectro de absorción es la radiación electromagnética en ciertas longitudes de onda que atraviesa un medio, y que es absorbida por el mismo. En cierto modo, es el opuesto del espectro de reflectancia, es decir, es la luz que no es re-emitida por el tejido en estudio hacia la superficie irradiada, y que aparentemente está siendo absorbida por el mismo.

Por lo tanto, la absorbancia aparente es la luz que está siendo absorbida aparentemente por el tejido en estudio, y que no está siendo reflejada de vuelta al MiniScan XE Plus. La misma se puede calcular de la siguiente manera: $A(\lambda) = 100 - R(\lambda)$ (recordando que la reflectancia es multiplicada por un factor de 100 por el MiniScan XE Plus) y se puede representar en forma de curva, de la misma manera que la reflectancia difusa.

2.2.3. Iluminante estándar D65

El tipo de luz bajo el cual se observa un objeto puede afectar su apariencia. Para cuantificar estas fuentes de luz blanca, la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) desarrolló iluminantes estándares para la medición del color. HunterLab (2015) define el iluminante como una tabla cuantificable de números que representan la energía relativa en comparación con la longitud de onda de una fuente de luz.

El iluminante estándar D65, según es descrito por la CIE (2015), tiene el propósito de representar la luz de día promedio, y tiene una temperatura de color correlacionada de aproximadamente 6500 K°. Los valores numéricos que representan este iluminante se muestran en la tabla 2.1, y su representación gráfica se ilustra en la figura 2.2.

2.2.4. Observador estándar de 10°

HunterLab (2008) describe que en la observación visual, el observador es el ojo humano que recibe la luz reflejada desde o a través de un objeto, y el cerebro el cual percibe la visión. Debido a que los humanos perciben el color y la apariencia de formas distintas, subjetivamente, se han hecho intentos para estandarizar el observador humano como una representación de lo que una persona promedio ve u observa.

En 1964, se desarrolló la función del observador estándar CIE de 10°, denominado así debido a que los experimentos llevados a cabo para establecer dicho estándar involucraron a sujetos que juzgaban colores, mientras observaban a través de un agujero que les permitía tener un campo de visión de 10°. Este observador estándar, en la forma de una función matemática de la respuesta humana a cada longitud de onda de luz, es utilizado en cálculos del color. Los valores numéricos de las funciones que representan este estándar se muestran en la tabla 2.2, y su representación gráfica se ilustra en la figura 2.3.

2.2.5. Coordenadas de cromaticidad CIE xyz

La sensación de luz es producida por radiación electromagnética visible, que cae dentro de los límites de longitud de onda de 380 nanómetros y 780 nanómetros. La radiación proveniente de la región de longitud de onda corta produce usualmente la sensación de luz azul, la radiación con longitudes de onda entre 520 nanómetros y 550 nanómetros son vistas como luz verde, y por encima de alrededor de los 650 nanómetros se percibe usualmente la luz de color rojo. Estos límites no están bien definidos, y la percepción actual depende fuertemente del estado de adaptación del ojo y del estímulo de luz que rodea el objeto en estudio (Schanda, 2007).

La CIE definió un estándar para calcular los valores de estos estímulos, deno-

minandolos valores triestímulo XYZ o sistema tricromático CIE XYZ. Tomando en cuenta el rango de longitudes de onda con el que opera el MiniScan XE Plus, estos valores son calculados utilizando las fórmulas descritas a continuación.

$$X = k \int_{400 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} R(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{400 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} R(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{400 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} R(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

En donde $R(\lambda)$ es el factor de reflectancia difusa, $S(\lambda)$ es la distribución de energía espectral relativa de un iluminante estándar, en este caso del iluminante D65 (véase la tabla 2.1), $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ y $\bar{z}(\lambda)$ son las funciones de correspondencia del color, dado el observador estándar CIE de 10°(véase la tabla 2.2), y por último, k es una constante que se calcula con la fórmula mostrada a continuación.

$$k = \frac{100}{\sum_{\lambda} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

De acuerdo con la recomendación de la CIE, la integración puede llevarse a cabo con una sumatoria numérica a intervalos de longitud de onda, $\Delta\lambda$, equivalentes a 10 nanómetros, para el caso del MiniScan XE Plus.

$$X = k \sum_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta \lambda$$

$$Y = k \sum_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta \lambda$$

$$Z = k \sum_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \triangle \lambda$$

Ahora bien, el estímulo de un color se puede describir completamente por los tres valores triestímulo, pero esta descripción no es muy fácilmente concebible. Según Schanda (2007), es difícil imaginar un estímulo si solamente se dan sus valores triestímulo, y frecuentemente no se buscan los valores absolutos de los mismos. En tales casos se pueden utilizar las coordenadas de cromaticidad xyz. Finalmente, las coordenadas de cromaticidad xyz se definen con las fórmulas mostradas a continuación.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

2.2.6. Coordenadas del espacio CIELAB

Según Schanda (2007), los estímulos del color son tridimensionales, y la solicitud de extender el espacio del color uniforme a un espacio tridimensional ya había sido expresada en los años 60. En 1976 se aceptó la recomendación para el diagrama de espacio del color uniforme CIELAB ($L^*a^*b^*$).

El espacio del color CIELAB es un sistema para transformar las coordenadas de cromaticidad CIE xyz, a coordenadas $L^*a^*b^*$ representables en un espacio tridimensional, y está definido por las ecuaciones descritas a continuación.

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

Donde $f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3}$ si $(X/X_n) > (24/116)^3$

$$f(X/X_n) = (841/108)(X/X_n) + 16/116 \text{ si } (X/X_n) \leq (24/116)^3$$

Donde $f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3}$ si $(Y/Y_n) > (24/116)^3$

$$f(Y/Y_n) = (841/108)(Y/Y_n) + 16/116 \text{ si } (Y/Y_n) \leq (24/116)^3$$

Donde $f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3}$ si $(Z/Z_n) > (24/116)^3$

$$f(Z/Z_n) = (841/108)(Z/Z_n) + 16/116 \text{ si } (Z/Z_n) \leq (24/116)^3$$

En donde X, Y, Z son los valores triestímulo del color considerado del objeto o tejido en estudio y X_n, Y_n, Z_n son los valores triestímulo de la fuente de luz. Para el caso del iluminante estándar D65, y tomando en cuenta el observador estándar de 10° , los valores de X_n, Y_n, Z_n son $X_n = 94,81$ $Y_n = 100,00$ y $Z_n = 107,32$.

2.2.7. Coeficiente de absorción

La piel es un medio biológico que se comporta perfectamente como un medio turbio multicapa, donde el principal agente de absorción es la melanina, la cual es producida en la epidermis, y es uno de los parámetros que determinan la coloración de la piel (Narea et al., 2015).

En la actualidad, existe el problema de calcular confiablemente los parámetros ópticos (entre ellos, el coeficiente de absorción) de los medios turbios a partir del conocimiento de su reflectancia. La determinación de los parámetros ópticos es de vital importancia para el desarrollo de las investigaciones relativas a la caracterización de tejidos biológicos, en especial de la piel, empleando métodos ópticos.

Narea et al., (2015) plantea recuperar el coeficiente de absorción de la epidermis a través del ajuste trigonométrico de los espectros de reflectancia difusa, brindando de esta forma una herramienta matemática que permite relacionar los parámetros del ajuste de las curvas espetrales con las propiedades ópticas de la piel.

La fórmula empleada para recuperar el coeficiente de absorción de la epidermis, dada una curva espectral $R(\lambda)$, es la mostrada a continuación.

$$\mu_{a,epi}(a_0, \lambda) = Z e^{ka_0} 6,6 \cdot 10^{11} \lambda^{-3,3}$$

En donde $Z = 0,2796$, $k = -7,174$, y a_0 es un coeficiente hallado aplicando ajuste polinomial por series trigonométricas a la curva espectral $R(\lambda)$.

2.2.8. Índice de eritema

Una propiedad fundamental de la piel es su capacidad para responder a la radiación ultravioleta. En muchas personas y poblaciones estas respuestas son claramente adaptativas, en donde la primera respuesta, el eritema (enrojecimiento), es tanto una señal para la persona quemada por el sol de quedarse dentro, como una señal de que el sistema immunológico está activo y el proceso de curación ha comenzado (Wagner et al., 2002).

La respuesta de la piel resultó ser importante clínicamente cuando los protocolos de tratamiento se establecieron en la década de los 70 para regímenes de fototerapia para la psoriasis y otras enfermedades de la piel. Para calcular el índice de eritema, primero hay que determinar el promedio ponderado de la reflectancia de la luz en el rango de longitud de onda verde, y en el rango de longitud de onda roja, utilizando las fórmulas mostradas a continuación.

$$R_{verde} = \left[\left(\frac{1}{2}R_{560 \text{ nm}} + R_{570 \text{ nm}} + \frac{1}{2}R_{580 \text{ nm}} \right) \Big/ 2 \right] \Big/ 100$$

$$R_{roja} = \left[\left(\frac{1}{2}R_{640 \text{ nm}} + R_{650 \text{ nm}} + R_{660 \text{ nm}} + \frac{1}{2}R_{670 \text{ nm}} \right) \Big/ 3 \right] \Big/ 100$$

Teniendo ya el promedio ponderado de dichas reflectancias, la fórmula para calcular el índice de eritema es la siguiente.

$$E = 100 \cdot [\log(1/R_{verde}) - \log(1/R_{roja})]$$

Tabla 2.1: *Valores del iluminante D65* (Fuente: CIE, 2004).

Longitud de onda λ	Función $S(\lambda)$
400 nm	82.7549
410 nm	91.4860
420 nm	93.4318
430 nm	86.6823
440 nm	104.865
450 nm	117.008
460 nm	117.812
470 nm	114.861
480 nm	115.923
490 nm	108.811
500 nm	109.354
510 nm	107.802
520 nm	104.790
530 nm	107.689
540 nm	104.405
550 nm	104.046
560 nm	100.000
570 nm	96.3342
580 nm	95.7880
590 nm	88.6856
600 nm	90.0062
610 nm	89.5991
620 nm	87.6987
630 nm	83.2886
640 nm	83.6992
650 nm	80.0268
660 nm	80.2146
670 nm	82.2778
680 nm	78.2842
690 nm	69.7213
700 nm	71.6091

Tabla 2.2: *Valores del observador de 10°* (Fuente: CIE, 2004).

Longitud de onda λ	Función $\bar{x}(\lambda)$	Función $\bar{y}(\lambda)$	Función $\bar{z}(\lambda)$
400 nm	0.019110	0.002004	0.086011
410 nm	0.084736	0.008756	0.389366
420 nm	0.204492	0.021391	0.972542
430 nm	0.314679	0.038676	1.553480
440 nm	0.383734	0.062077	1.967280
450 nm	0.370702	0.089456	1.994800
460 nm	0.302273	0.128201	1.745370
470 nm	0.195618	0.185190	1.317560
480 nm	0.080507	0.253589	0.772125
490 nm	0.016172	0.339133	0.415254
500 nm	0.003816	0.460777	0.218502
510 nm	0.037465	0.606741	0.112044
520 nm	0.117749	0.761757	0.060709
530 nm	0.236491	0.875211	0.030451
540 nm	0.376772	0.961988	0.013676
550 nm	0.529826	0.991761	0.003988
560 nm	0.705224	0.997340	0.000000
570 nm	0.705224	0.955552	0.000000
580 nm	1.014160	0.868934	0.000000
590 nm	1.118520	0.777405	0.000000
600 nm	1.123990	0.658341	0.000000
610 nm	1.030480	0.527963	0.000000
620 nm	0.856297	0.398057	0.000000
630 nm	0.647467	0.283493	0.000000
640 nm	0.431567	0.179828	0.000000
650 nm	0.268329	0.107633	0.000000
660 nm	0.152568	0.060281	0.000000
670 nm	0.081261	0.031800	0.000000
680 nm	0.040851	0.015905	0.000000
690 nm	0.019941	0.007749	0.000000
700 nm	0.009577	0.003718	0.000000

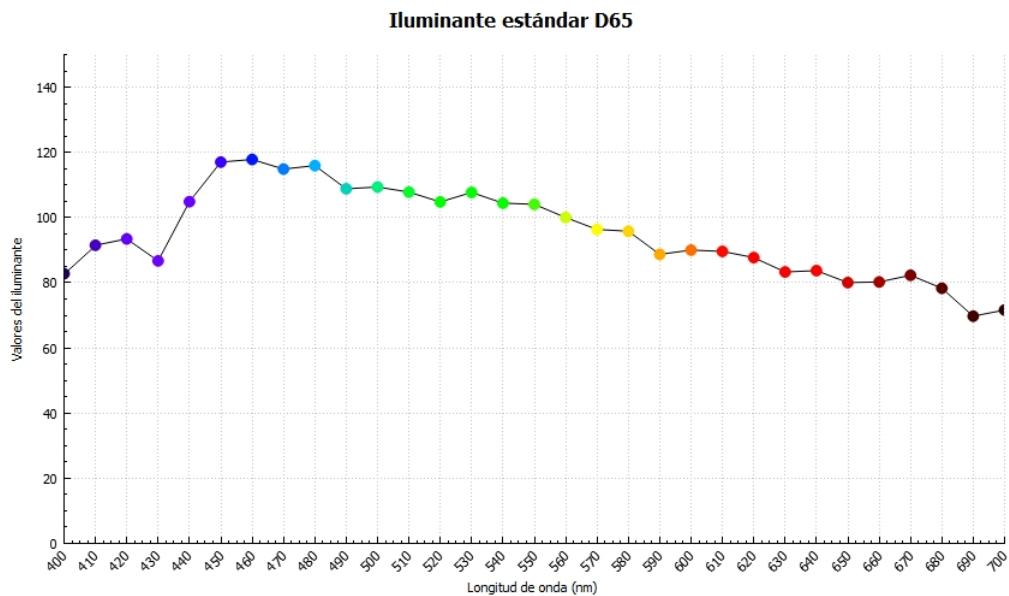


Figura 2.2: Representación gráfica del iluminante estándar D65 (Fuente: Autor).

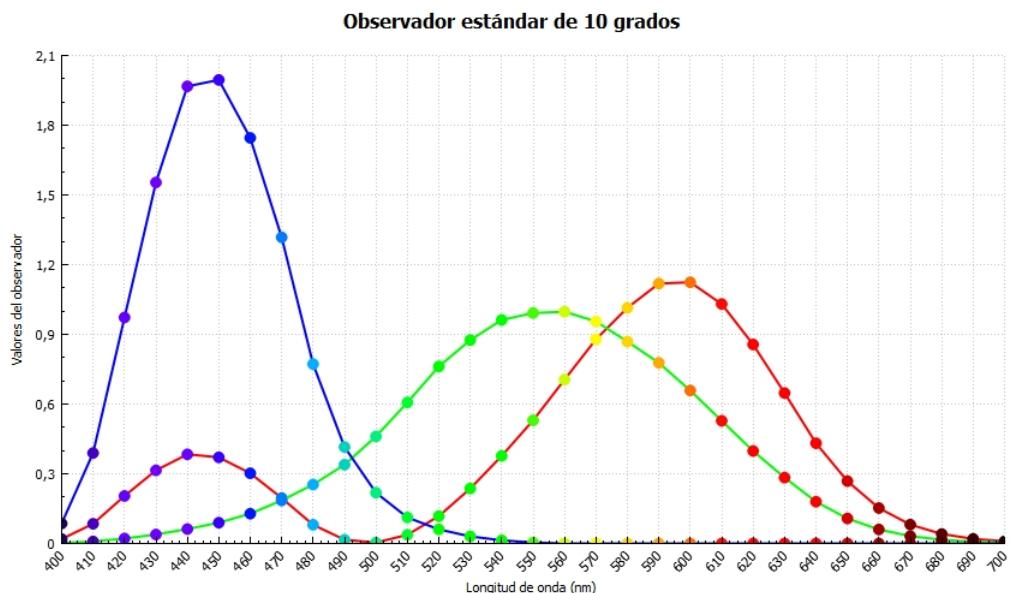


Figura 2.3: Representación gráfica del observador de 10°. La línea roja representa la función $\bar{x}(\lambda)$, la línea verde representa la función $\bar{y}(\lambda)$, y la línea azul representa la función $\bar{z}(\lambda)$. (Fuente: Autor).

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1. Metodología de investigación

3.1.1. Investigación-Acción

Baskerville (1999) define la Investigación-Acción como un método de investigación que a finales de la década de los 90 empezó a crecer en popularidad, para el uso en investigaciones académicas de sistemas de información. Este método produce resultados de investigación altamente relevantes debido a que se fundamenta en la acción práctica, dirigida a resolver un problema mientras se informa cuidadosamente sobre la teoría.

Esta metodología tiene una doble finalidad: generar un beneficio al cliente de la investigación, y al mismo tiempo generar conocimiento de investigación relevante. Por lo tanto, es una forma de investigar de carácter colaborativo que busca unir teoría y la práctica entre investigadores y practicantes, mediante un proceso de naturaleza cíclica.

La representación más habitual de la Investigación-Acción es la descrita

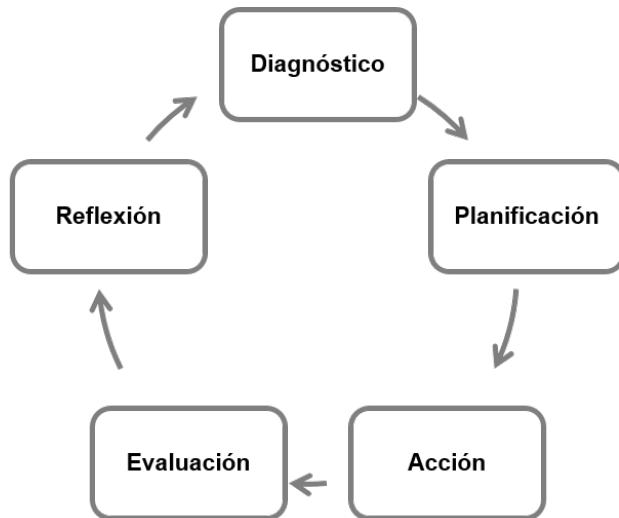


Figura 3.1: *Carácter cíclico de la Investigación-Acción* (Fuente: Baskerville, 1999).

por Baskerville (1999), en forma de cinco fases que conforman un ciclo, las cuales se muestran en la figura 3.1 y se describen a continuación.

- **Fase de diagnóstico:** se realiza el proceso de identificación de los problemas primarios de la investigación.
- **Fase de planificación:** se especifican las acciones que se llevarán a cabo para solucionar los problemas primarios.
- **Fase de acción:** se ejecutan las acciones planificadas en la fase anterior.
- **Fase de evaluación u observación:** se efectúa una evaluación de los resultados obtenidos para observar, conocer y documentar los efectos de las acciones que fueron realizadas.
- **Fase de reflexión:** se toman los conocimientos adquiridos en la Investigación-Acción. Si las acciones ejecutadas no fueron exitosas, los conocimientos pueden proporcionar la base para el diagnóstico de un nuevo ciclo de Investigación-Acción.

En la tabla 3.1 se muestran las actividades de la presente investigación, haciendo correspondencia a cada una de las fases de la Investigación-Acción descritas por Baskerville (1999).

Tabla 3.1: *Actividades del proyecto según la Investigación-Acción* (Fuente: Autor).

Fase	Actividades
Diagnóstico	Identificar los problemas y limitaciones que presenta el HunterLab Universal Software.
Planificación	Seleccionar la metodología de desarrollo, determinar los requisitos del software y realizar un plan de trabajo.
Acción	Desarrollar el software, tomando en cuenta los requisitos identificados previamente y los lineamientos de calidad del software.
Evaluación	Realizar las pruebas de funcionalidad e interfaz gráfica de usuario del nuevo software.
Reflexión	Presentar los resultados y los análisis de las pruebas realizadas.

3.2. Metodología de desarrollo de software

Para que el desarrollo del nuevo software cumpliera con los objetivos propuestos en la presente investigación, y tomando en cuenta los atributos de calidad planteados por la ingeniería del software, se realizó una revisión del enfoque que debería tener la metodología de desarrollo a utilizar.

Según Sommerville (2005), en los años 80 y a principios de los 90, existía una opinión general de que la mejor forma de obtener un mejor software era a través de una planificación cuidadosa del proyecto, una garantía de calidad formalizada, la utilización de métodos de análisis y diseño soportados por herramientas *CASE*, y por medio de procesos de desarrollo de software controlados y rigurosos. El software que seguía lo mencionado previamente era desarrollado por grandes equipos que a veces trabajaban para compañías diferentes, que a menudo estaban dispersos geográficamente y trabajaban en el software durante largos períodos de tiempo.

Ahora bien, debido a que se tenía un equipo pequeño para el desarrollo del nuevo software, y a que no se iba a trabajar en este durante un largo periodo de tiempo, se eligió la utilización de una metodología de desarrollo de enfoque ágil. De acuerdo con Sommerville (2005), los métodos ágiles dependen de un enfoque iterativo para la especificación, el desarrollo y la entrega del software, y

Tabla 3.2: *Principios de los métodos ágiles* (Fuente: Sommerville, 2005).

Principio	Descripción
Participación del cliente	Los clientes deben estar fuertemente implicados en todo el proceso de desarrollo.
Entrega incremental	El software se desarrolla en incrementos, en los que el cliente especifica los requerimientos a incluir en cada incremento.
Personas, no procesos	Se deben reconocer y explotar las habilidades del equipo de desarrollo. A este se le debe dejar desarrollar su propia forma de trabajar, sin procesos formales.
Aceptar el cambio	Se debe contar con que los requerimientos del software cambian, por lo que el software se diseña para dar cabida a estos cambios.
Mantener la simplicidad	Se debe centrar la simplicidad tanto en el software a desarrollar como en el proceso de desarrollo. Donde sea posible, se trabaja activamente para eliminar la complejidad del software.

están pensados para entregar software funcional de forma rápida a los clientes, quienes pueden entonces proponer que se incluyan en iteraciones posteriores del software nuevos requerimientos o cambios en los mismos. Si bien los métodos ágiles proponen procesos diferentes para el desarrollo y la entrega incrementales del software, comparten unos principios en común, los cuales son ilustrados en la tabla 3.2.

3.2.1. SCRUM

De acuerdo con Schwaber y Sutherland (2013), esta metodología ágil es un marco de trabajo de procesos, que ha sido utilizado para gestionar el desarrollo de productos complejos desde principios de los años 90. SCRUM muestra la eficacia relativa de las prácticas de gestión de productos y las prácticas de desarrollo.

La estructura de desarrollo de SCRUM se basa en ciclos de trabajo llamados *sprints*. Los *sprints* son iteraciones de una a cuatro semanas que suceden una

detrás de la otra, con una duración fija y con fechas de culminación previamente establecidas. Se seleccionan los requerimientos que se van a desarrollar de una lista priorizada. Todos los días el equipo se reúne, y al final del *sprint* el equipo revisa el mismo con los *stakeholders*.

Hundermark (2015) explica de forma precisa los roles que conforman el equipo de desarrollo de SCRUM:

Los Roles

- **Dueño del producto (*Product Owner*):** su responsabilidad es optimizar el retorno de la inversión, asegurando que el equipo SCRUM este ocupado en entregar las características más valiosas del producto. Su trabajo principal es concentrarse en la efectividad, esto es elaborar el producto correcto para sus clientes.
- **Equipo de desarrollo:** es una colección de personas responsables por entregar incrementos de la funcionalidad del producto al final de cada *sprint*. El trabajo principal de este equipo es concentrarse en la eficiencia, esto es elaborar el producto correcto para su *Product Owner* y sus usuarios.
- **Maestro SCRUM (*SCRUM Master*):** gestiona todos los aspectos del proceso del equipo SCRUM. Su trabajo principal es concentrarse en el progreso continuo del equipo, acortando los ciclos de retroalimentación mediante los cuales aprende.

Las Reuniones

Como es sabido, el *sprint* marca cada una de las iteraciones dentro del ciclo de desarrollo de SCRUM. Por otra parte, la planificación, la continua revisión y la retrospectiva definen el inicio y el final del *sprint*. Las reuniones que ocurren en cada *sprint* son las siguientes:

- **Reunión de planificación del *sprint*:** esta reunión marca el inicio de cada *sprint*. Su propósito para el equipo SCRUM es planear el trabajo que van a realizar durante el *sprint* actual.
- **Reunión diaria del *sprint*:** el equipo de desarrollo se reune para comunicar su trabajo, sincronizarlo, y crear un plan para las siguientes 24 horas. Esta colaboración es esencial para asegurar el progreso continuo y evadir cualquier obstrucción de trabajo.
- **Reunión de revisión del *sprint*:** su propósito es el de inspeccionar la iteración del producto que el equipo de desarrollo ha entregado, obtener una retroalimentación de los participantes en la reunión con respecto a la misma, y adaptar el plan para el *sprint* subsiguiente. Esta reunión está abierta para todo el personal dentro de la organización.
- **Reunión de retrospectiva:** es la reunión final del *sprint*, la cual nunca es omitida, sin importar lo que haya ocurrido en dicho *sprint*. Mientras que la reunión de revisión del *sprint* está enfocada en el producto, esta reunión está enfocada en el proceso, es decir, la forma en la que el equipo SCRUM está trabajando en conjunto, incluyendo sus habilidades técnicas, las prácticas de desarrollo del software y las herramientas que están usando. Esta reunión se limita a los miembros del equipo SCRUM.

Los Artefactos

- **Pila del producto (*product backlog*):** es una lista de ítems de trabajo descritos en un nivel funcional, que necesitan ser realizados a lo largo del tiempo. Los requerimientos son emergentes, lo que significa que no se puede saber por adelantado todos los detalles acerca de qué se quiere en el producto. Por esta razón este artefacto es un documento dinámico, que requiere un refinamiento constante para mantenerlo actual y útil.
- **Pila del *sprint* (*sprint backlog*):** esta pila es visualizada por el

equipo de desarrollo en un *task board*, que es la representación física de la lista de trabajo que se ha resumido para realizar durante el *sprint* actual. Este artefacto le dice al equipo SCRUM y a todos los demás qué trabajo tienen planeado hacer en el *sprint*, y su estado actual.

- **Incremento:** es la suma de todos los ítems de la pila del producto que cumplen con la definición de terminado al final del *sprint*. El equipo de desarrollo presentará este en la revisión del *sprint*, y el *Product Owner* determinará cuándo liberar este incremento.

En esta metodología se pueden emplear varias técnicas y procesos. Dicho lo anterior, adicionalmente a la utilización de SCRUM, se incluyeron algunos artefactos de la metodología RUP (Rational Unified Process) descrita por Kroll y Kruchten (2003), para así generar suficiente documentación durante el diseño y el desarrollo del nuevo software.

3.2.2. Artefactos de RUP utilizados

- **Documento de visión:** describe la visión de los *stakeholders* con respecto al producto a desarrollarse, especificado en términos de las características y las necesidades clave de los mismos.
- **Modelo de casos de uso:** describe los requerimientos funcionales del software en términos de actores y casos de uso. Un actor representa el tipo de usuario del software, mientras que un caso de uso describe cómo va a interactuar cada actor con el software.
- **Requerimientos no funcionales:** representan los requerimientos que tienen un impacto significativo en la arquitectura y en la satisfacción del usuario.
- **Glosario:** este define la terminología empleada en todos los artefactos utilizados.

Para finalizar, en la figura 3.2 es ilustrada la configuración de la metodología SCRUM utilizada, en conjunto con los artefactos elegidos de la metodología RUP.

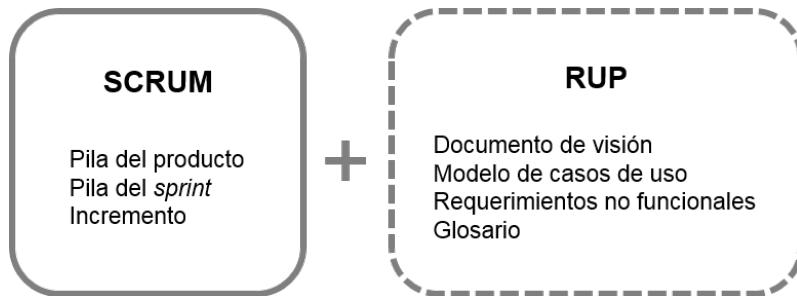


Figura 3.2: *Configuración de los artefactos a utilizar de SCRUM y RUP* (Fuente: Autor).

Capítulo IV

Resultados

4.1. Fases metodológicas

4.1.1. Visión

Enunciado del problema

El problema que se presenta es que se está utilizando el HunterLab Universal Software para el manejo del espectrofotómetro de reflexión difusa MiniScan XE Plus. Dicho software está en inglés, es comercial, privativo y fue descontinuado; esto afecta a los dermatólogos del Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC).

El impacto causado por esto es que los dermatólogos encuentran el HunterLab Universal Software difícil de utilizar, e imposible de adaptar a sus necesidades, lo que ralentiza la actividad de consulta con sus pacientes, genera la necesidad de disponer de personal especializado para su debido uso, y disminuye el potencial de dicho instrumento.

Una solución satisfactoria sería disponer de un software para el uso del MiniScan XE Plus que esté en español, que sea amigable y mantenible, permitiendo que se adapte a las necesidades de los dermatólogos.

Descripción de los usuarios

Tabla 4.1: *Actores del negocio* (Fuente: Autor).

Actor	Descripción
Administrador	Realiza mediciones. Consulta las historias médicas de los pacientes y las muestras. Gestiona los usuarios.
Dermatólogo	Realiza mediciones. Gestiona las historias médicas de los pacientes y las muestras. Realiza diagnósticos a partir de los resultados de las muestras.
Investigador	Realiza mediciones. Consulta las historias médicas de los pacientes y las muestras. Realiza análisis sobre los resultados de las mediciones.

Tabla 4.2: *Actores del software* (Fuente: Autor).

Actor	Responsabilidad	Experiencia	Uso
Administrador	Manejar el MiniScan XE Plus. Crear, consultar, modificar y eliminar usuarios. Consultar historias médicas de pacientes. Consultar muestras de pacientes.	Alta	Alto
Dermatólogo	Manejar el MiniScan XE Plus. Crear, consultar, modificar y eliminar historias médicas de pacientes. Crear, consultar, modificar y eliminar muestras de pacientes.	Baja	Alto
Investigador	Manejar el MiniScan XE Plus. Consultar historias médicas de pacientes. Consultar muestras de pacientes.	Media	Alto

Resumen del producto

El software desarrollado, denominado a partir de ahora Spectrasoft, es una aplicación para el uso del MiniScan XE Plus, la recuperación de los datos

de medición de dicho instrumento, la generación de resultados relevantes y la gestión de los mismos, el cual está orientado a las actividades médicas dermatológicas del Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC). La tabla 4.3 resume los beneficios y las características más importantes que provee el producto.

Tabla 4.3: *Beneficios y características principales del producto* (Fuente: Autor).

Beneficio al cliente	Característica que lo soporta
Se puede conectar, calibrar y realizar mediciones con el MiniScan XE Plus.	Comunicación con el MiniScan XE Plus y acceso a las características comúnmente utilizadas por el mismo.
Se dispone de información relevante para el análisis y diagnóstico de patologías dermatológicas en la piel de los pacientes.	Muestra de los datos espectrales obtenidos de las mediciones, representación gráfica de dichos datos, y cálculo de valores adicionales asociados a los mismos.
Se pueden gestionar los usuarios, las historias médicas y las muestras generadas de las mediciones.	Manejo de una base de datos que almacena toda la información referente a los usuarios, las historias médicas y las muestras, permitiendo su gestión por medio del Spectrasoft.
El Spectrasoft se puede utilizar con facilidad.	Interfaz gráfica de usuario en español, que ofrece únicamente las funciones necesarias para gestionar la información que necesitan los usuarios.
El Spectrasoft se puede adaptar a las futuras necesidades de sus usuarios.	Código abierto del proyecto disponible en su totalidad para realizar cualquier modificación y/o extensión.

Principales restricciones

El software se desarrolla utilizando el lenguaje de programación C++, empleando únicamente tecnologías gratuitas, y en la medida de lo posible, de código abierto. Este se ejecuta en sistemas operativos Windows actuales. Por último, la comunicación entre el software y el MiniScan XE Plus se logra tanto por medio de un puerto serial, como por medio de un adaptador USB.

4.1.2. Pila del producto (*product backlog*)

La lista de requerimientos funcionales que necesitan ser realizados a lo largo del desarrollo del Spectrasoft, son el producto de una reunión que se tuvo con los dermatólogos y los investigadores del CIMBUC, al igual que de la observación directa efectuada a las funciones que el HunterLab Universal Software ofrece para el manejo del MiniScan XE Plus. En la tabla 4.4 se muestran dichos requerimientos.

Tabla 4.4: *Requerimientos funcionales del software* (Fuente: Autor).

Código	Requerimiento	Prioridad
RF01	Conectar y desconectar el MiniScan XE Plus.	Esencial
RF02	Calibrar el MiniScan XE Plus.	Esencial
RF03	Recuperar los 31 puntos espectrales de una medición con el MiniScan XE Plus y mostrarlos en su forma numérica.	Esencial
RF04	Graficar una curva de reflectancia difusa a partir de los 31 puntos espectrales recuperados.	Esencial
RF05	Graficar una curva de absorbancia aparente a partir de los 31 puntos espectrales recuperados.	Esencial
RF06	Calcular y mostrar las coordenadas de cromaticidad CIE xyz.	Esencial
RF07	Calcular y mostrar las coordenadas del espacio CIELAB.	Esencial
RF08	Calcular y graficar el coeficiente de absorción de la epidermis.	Esencial
RF09	Calcular y mostrar el índice de eritema.	Esencial
RF10	Almacenar la información de los usuarios, las historias médicas, las muestras y los resultados de las mediciones en una base de datos.	Esencial
RF11	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de los usuarios.	Esencial
RF12	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de las historias médicas de pacientes.	Esencial
RF13	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de las muestras pertenecientes a las historias médicas.	Esencial
RF14	Exportar los datos de una muestra a un archivo portátil.	Esencial

4.1.3. Requerimientos no funcionales

De la misma forma que los requerimientos funcionales, la lista de los requerimientos no funcionales fue definida en la misma reunión con los dermatólogos y los investigadores, tomando en cuenta las restricciones del entorno en donde se va a ejecutar el Spectrasoft. En la tabla 4.5 se describen estos requerimientos no funcionales.

Tabla 4.5: *Requerimientos no funcionales del software* (Fuente: Autor).

Código	Requerimiento	Prioridad
RNF01	El software debe ser fácil de utilizar, por lo que debe cumplir con el atributo de usabilidad de un software de calidad.	Esencial
RNF02	El software debe ser capaz de adaptarse a las necesidades de los dermatólogos, razón por la cual debe cumplir con el atributo de mantenibilidad de un software de calidad.	Esencial
RNF03	El software debe desarrollarse empleando únicamente herramientas y tecnologías gratuitas, y en la medida de lo posible, libre.	Esencial
RNF04	El software debe ser capaz de ejecutarse en sistemas Windows actuales, con arquitecturas de 32 bits y 64 bits.	Esencial
RNF05	El software debe conectarse con el MiniScan XE Plus por medio de un puerto serial o de un adaptador USB.	Esencial
RNF06	El archivo portátil al que se exportan los resultados de una medición debe ser abierto por un visualizador/editor de hojas de cálculo.	Esencial
RNF07	El software debe desarrollarse utilizando el lenguaje de programación orientada a objetos C++.	Esencial

4.1.4. Casos de uso

- Operar el MiniScan XE Plus:

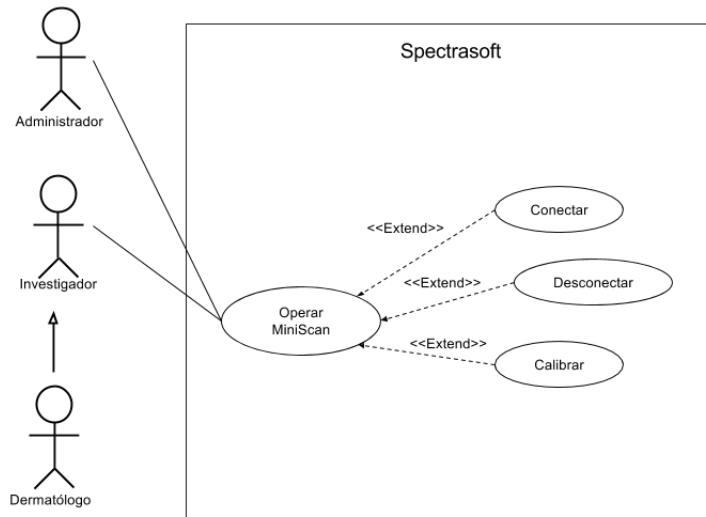


Figura 4.1: *Caso de uso: operar el MiniScan XE Plus* (Fuente: Autor).

- Gestionar medición:

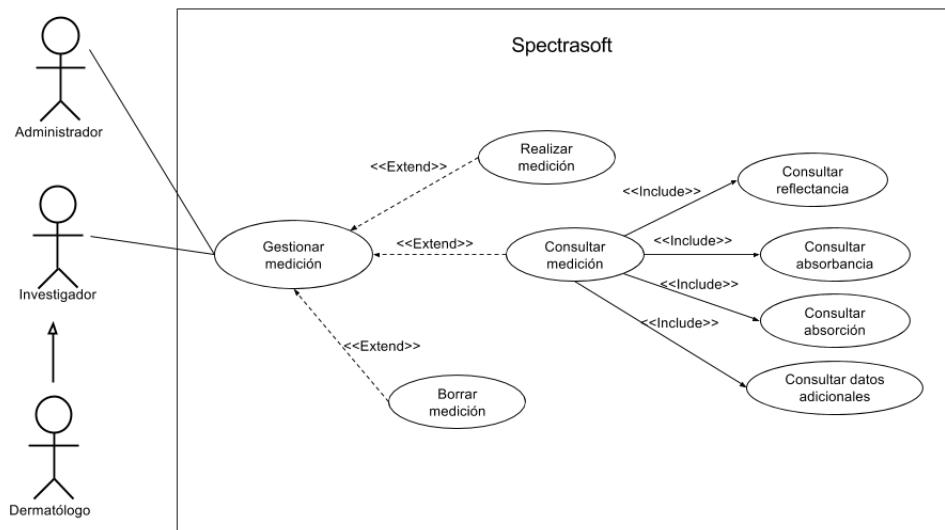


Figura 4.2: *Caso de uso: gestionar medición* (Fuente: Autor).

■ Gestionar sesión de usuario:

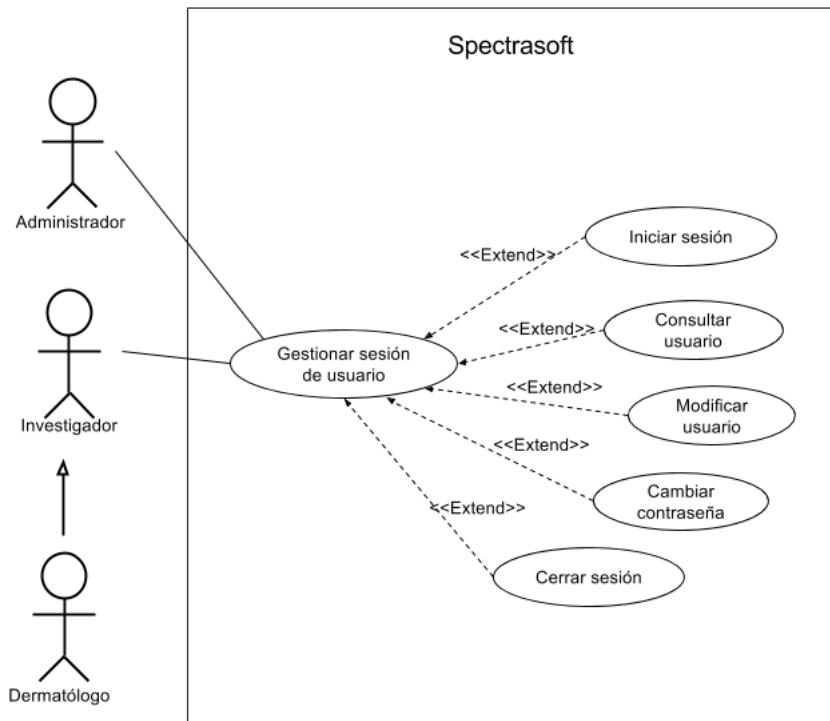


Figura 4.3: Caso de uso: gestionar sesión de usuario (Fuente: Autor).

■ Gestionar historia:

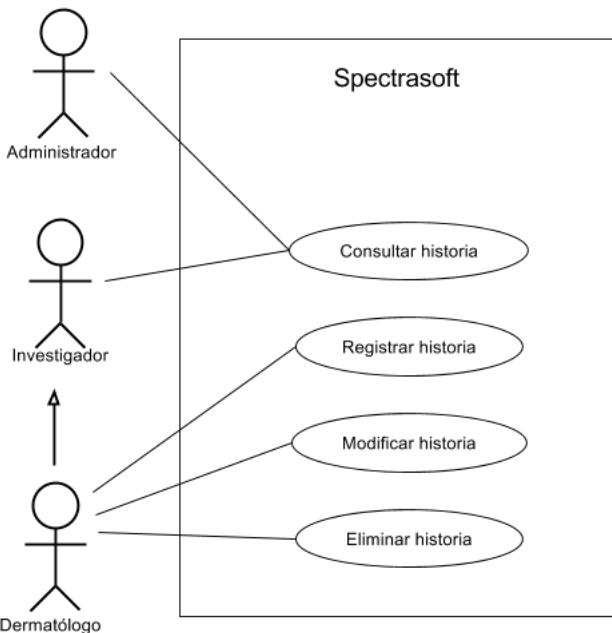


Figura 4.4: Caso de uso: gestionar historia (Fuente: Autor).

■ Gestionar muestra:

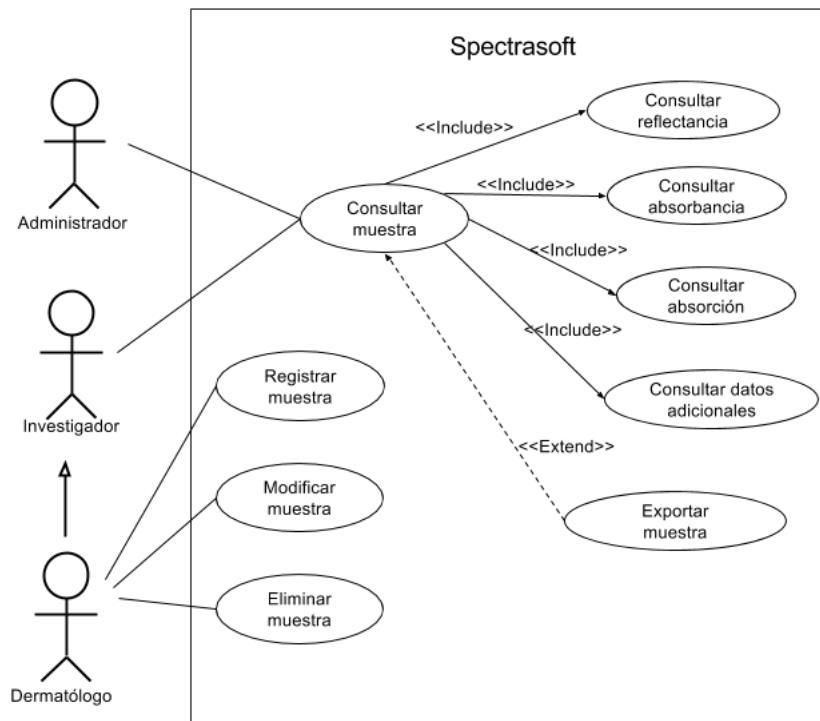


Figura 4.5: Caso de uso: gestionar muestra (Fuente: Autor).

■ Gestionar usuario:

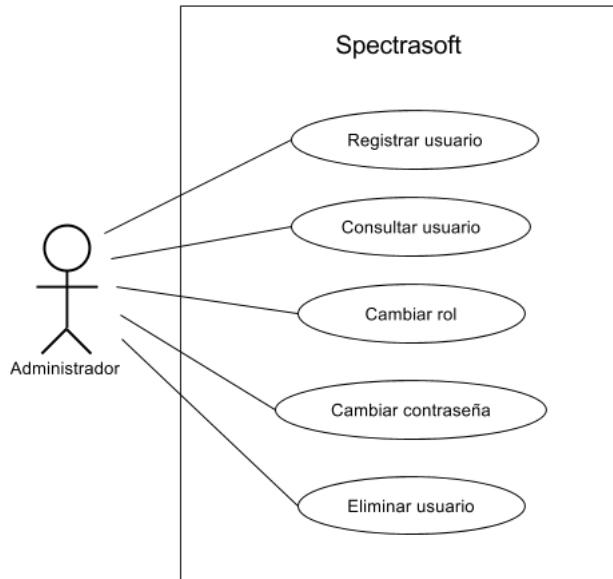


Figura 4.6: Caso de uso: gestionar usuario (Fuente: Autor).

Descripción de los casos de uso

- **Operar MiniScan:** Permite a todos los usuarios conectar, desconectar y calibrar el MiniScan XE Plus, esto último haciendo uso de una trampa de luz y una cerámica blanca.
- **Gestionar medición:** Permite a todos los usuarios efectuar una medición con el MiniScan XE Plus conectado, visualizar los resultados obtenidos de la misma, y borrarlos.
- **Consultar medición:** Permite a todos los usuarios visualizar tanto la información obtenida directamente del MiniScan XE Plus, como la información calculada a partir de la misma, como la curva de reflectancia difusa, la curva de absorbancia aparente, las coordenadas de cromaticidad CIE xyz, las coordenadas CIELAB, el coeficiente de absorción y el índice de eritema de una medición realizada.
- **Gestionar sesión de usuario:** Permite a cualquier usuario iniciar sesión para acceder a las funciones pertinentes para su rol, consultar y modificar su información, cambiar su contraseña, y cerrar sesión.
- **Gestionar historia:** Permite a todos los usuarios consultar la información perteneciente a las historias médicas, y sólo permite a los usuarios con el rol de dermatólogo registrar, modificar y eliminar dichas historias.
- **Gestionar muestra:** Permite a todos los usuarios consultar la información referente a las muestras pertenecientes a una historia médica de un paciente determinado, así como exportar dicha información, y sólo permite a los usuarios con el rol de dermatólogo registrar, modificar y eliminar tales muestras.
- **Gestionar usuario:** Permite registrar usuarios, consultar su información, cambiar los roles de dichos usuarios, cambiar sus contraseñas y eliminarlos. Esto solamente puede ser efectuado por usuarios con el rol de administrador.

4.1.5. Glosario

- **Espectroscopía de reflectancia difusa:** técnica con la cual se puede estudiar tejido biológico.
- **Espectrofotómetro de reflexión difusa:** instrumento de medición del color, que emplea la técnica de espectroscopía de reflectancia difusa.
- **Software:** conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.
- **Software libre:** software que por elección manifiesta de su autor, puede ser copiado, estudiado, modificado, utilizado libremente con cualquier fin y redistribuido con o sin cambios o mejoras.
- **Software privativo:** software que no es libre o que sólo lo es parcialmente (semilibre), sea porque su uso, redistribución o modificación está prohibida.
- **Medición:** es un proceso básico de la ciencia que consiste en comparar un patrón seleccionado con el objeto o fenómeno cuya magnitud física se desea medir, para ver cuántas veces el patrón está contenido en esa magnitud.
- **Calibración:** proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia.
- **Usuario:** persona que utiliza una computadora, sistema informático o software.
- **Sesión de usuario:** Fase o acto temporalmente acotados en el que el usuario desarrolla una actividad o un proceso.
- **Historia médica:** documento médico-legal que surge del contacto entre el profesional de la salud (en este caso, dermatólogo) y el paciente, donde se recoge la información necesaria para la correcta atención de los pacientes.

- **Muestra:** parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación.
- **Patología dermatológica:** parte de la medicina dermatológica que estudia los trastornos anatómicos y fisiológicos de la piel, así como los síntomas y signos a través de los cuales se manifiestan las enfermedades y las causas que las producen.
- **Datos espectrales:** datos que representan un conjunto de ondas electromagnéticas, ordenadas según su frecuencia.
- **Base de datos:** conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.
- **Interfaz de usuario:** medio con que el usuario puede comunicarse con una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y la misma.
- **Interfaz gráfica de usuario:** es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en un software.
- **Código abierto:** expresión con la que se conoce al software o hardware distribuido y desarrollado libremente. se focaliza más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre.
- **Lenguaje de programación:** lenguaje formal diseñado para realizar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras.
- **Sistema operativo:** conjunto de órdenes y programas que controlan los procesos básicos de una computadora y permiten el funcionamiento de otros programas.

- **Puerto serial:** interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, donde la información es transmitida bit a bit, enviando un solo bit a la vez.
- **Adaptador serial-USB:** cable adaptador que habilita la comunicación de dispositivos que utilizan puerto serial con computadoras que disponen de puertos USB.
- **Absorbancia aparente:** es la luz que aparentemente está siendo absorbida por un medio.
- **Coordenadas de cromaticidad CIE xyz:** valores que representan los estímulos de la luz de una forma estándar.
- **Coordenadas del espacio CIELAB:** valores obtenidos de la transformación de las coordenadas de cromaticidad CIE xyz, haciéndolas representables en un espacio de tres dimensiones.
- **Epidermis:** membrana epitelial que recubre la parte más superficial del cuerpo de los animales.
- **Coeficiente de absorción:** conjunto de valores que indican el nivel de concentración de melanina presente en la epidermis de un paciente.
- **Índice de eritema:** valor utilizado para determinar el nivel inflamatorio de la epidermis de un paciente.
- **Hoja de cálculo:** tipo de documento, que permite manipular datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tablas compuestas por celdas.

4.2. Base de datos

4.2.1. Diagrama ER de la base de datos

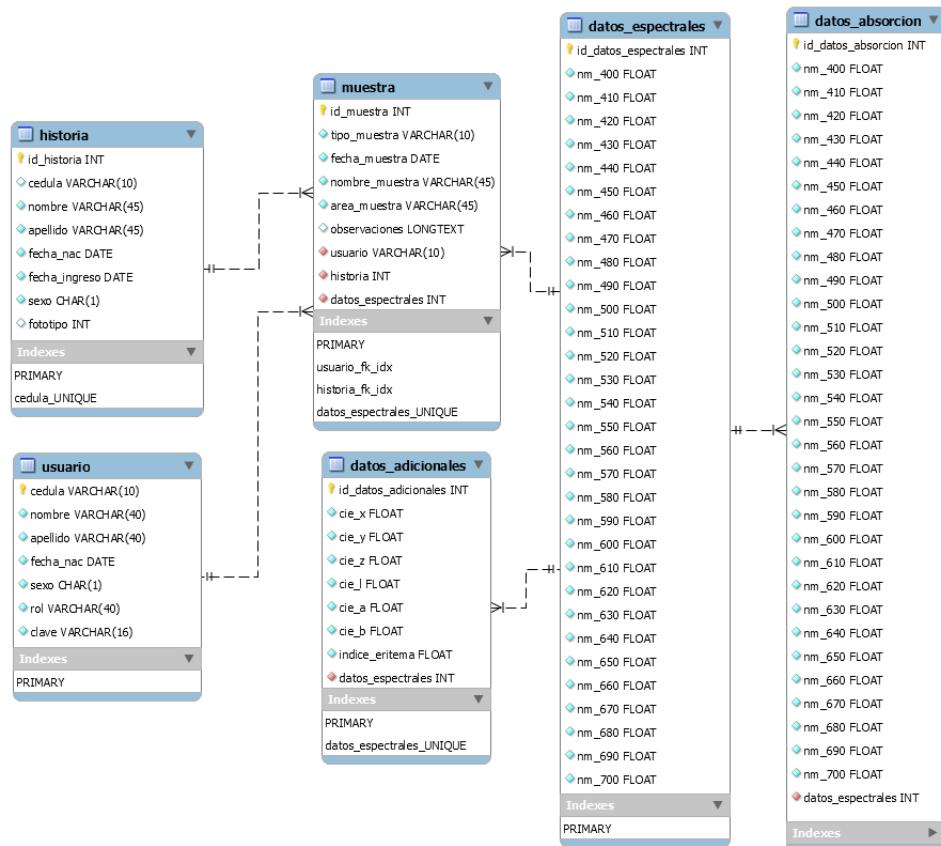


Figura 4.7: Diagrama ER de la base de datos (Fuente: Autor).

4.2.2. Descripción de las tablas de la base de datos

- **historia**: almacena los datos referentes a la historia médica de cada uno de los pacientes registrados.
- **usuario**: guarda la información de cada uno de los usuarios que pueden acceder al software, que pueden ser administradores, dermatólogos o investigadores.
- **muestra**: contiene los datos relevantes de las muestras que son tomadas a los pacientes. Dichas muestras siempre están interrelacionadas con la

historia médica del paciente al que pertenece, y la cédula del usuario que la tomó.

- **datos_espectrales:** contiene los 31 puntos espectrales resultantes de la medición realizada de cada muestra por medio del MiniScan XE Plus.
- **datos_absorcion:** contiene los 31 puntos espectrales resultantes del cálculo del coeficiente de absorción asociado con los datos espectrales.
- **datos_adicionales:** almacena los datos que son calculados a partir de los 31 puntos espectrales de cada muestra, estos son las coordenadas de cromaticidad CIE xyz, las coordenadas del espacio del color CIELAB y el índice de eritema.

4.3. Tecnologías y recursos utilizados

4.3.1. Tecnologías

- **Qt:** es un *framework* de desarrollo de aplicaciones multiplataforma para sistemas operativos de escritorio, sistemas integrados y sistemas móviles. Se utilizó la versión *open source* 5.4.1 de este *framework* para el desarrollo del Spectrasoft.
- **Visual Studio:** es un entorno integrado de desarrollo o *IDE* para crear aplicaciones en varias plataformas, como Windows, Android y iOS. La versión 2013 de este *IDE* fue utilizada para desarrollar una librería escrita en Visual Basic.NET, la cual actúa como intermediaria entre el kit *MSXE.oxc* y el *framework* Qt, para así utilizar las características del MiniScan XE Plus en el Spectrasoft.
- **PostgreSQL:** es un sistema *open source* multiplataforma de bases de datos relacionales. Posee más de 15 años de desarrollo activo y una arquitectura comprobada que se ha ganado una fuerte reputación por

confiabilidad, integridad de datos y correctitud. Este sistema se utilizó para desarrollar y administrar la base de datos con la que opera el Spectrasoft.

- **Gitlab:** es un servicio de control de versiones que ofrece alojamiento gratuito, tanto público como privado, de repositorios para proyectos. Se utilizó la versión en línea de este servicio para llevar un control de versiones durante el desarrollo del proyecto.
- **QCustomPlot:** es un *widget open source* para Qt que permite realizar el trazado y la visualización de datos. Este *widget* fue empleado por el Spectrasoft para visualizar la curva de reflectancia difusa y la curva de absorbancia aparente asociadas a los 31 puntos espectrales resultantes de las mediciones.
- **QtXlsx:** es una librería *open source* para Qt que permite leer y escribir archivos con extensión xlsx. Esta librería fue utilizada para implementar en el Spectrasoft la opción de exportar los resultados de una muestra a un archivo portátil, manejable por medio de aplicaciones de hojas de cálculo.

4.3.2. Recursos

- **Adaptador RS232-USB:** es un cable adaptador que habilita la comunicación de dispositivos que utilizan puerto serial con computadoras que disponen de puertos USB, creando puertos COM virtuales con las mismas mientras se realiza dicha comunicación. Este cable es utilizado como adaptador para el cable de comunicación RS232 DB-9 hembra a RJ-45 del MiniScan XE Plus, habilitando su utilización en computadoras que no poseen puerto serial.
- **MiniScan XE Plus OCX Kit (MSXE.ocx):** es un archivo diseñado por la empresa HunterLab para controlar y/o realizar mediciones con el

MiniScan XE Plus. Su objetivo es proporcionar a los desarrolladores un componente reutilizable de software que de acceso a las características comunmente utilizadas por el instrumento.

- **MiniScan XE Plus:** es un instrumento de medición del color creado por la empresa HunterLab, de diseño compacto y portátil, que emplea la técnica de espectroscopía de reflectancia difusa, el cual se puede apreciar en la figura 4.8. Este instrumento mide la cantidad de luz que refleja una muestra dentro de un rango de longitudes de onda que va desde los 400 hasta los 700 nanómetros, generando como resultado 31 puntos espectrales dentro de ese rango, que son el insumo principal del Spectrasoft.



Figura 4.8: *MiniScan XE Plus* (Fuente: HunterLab, 2006).

4.4. Comunicación con el MiniScan XE Plus

Para establecer la comunicación entre el MiniScan XE Plus y el Spectrasoft, se recurrió a la documentación del instrumento, en la cual se describe el MSXE.ocx, un archivo que implementa las funciones comúnmente utilizadas por dicho instrumento. Se contactó al personal de soporte técnico de HunterLab por correo electrónico, para solicitarle el código fuente de dicho archivo y la documentación relativa a su utilización que se pudiera proporcionar para la investigación.

Si bien el personal no compartió el código fuente del archivo, sí envió la documentación solicitada y un ejemplo de su uso escrito en Visual Basic for Applications (VBA). Primero se intentó cargar el archivo y utilizarlo directamente en Qt; sin embargo, ocurría un error de compatibilidad de datos al invocar algunas de sus funciones. La solución a este problema fue desarrollar una librería escrita en Visual Basic .NET, con la cual se pueden invocar todas las funciones de este archivo sin problema alguno.

Así pues, por medio del cable adaptador RS232-USB, y empleando la librería escrita en Visual Basic .NET, se logró establecer la comunicación entre el Spectrasoft y el MiniScan XE Plus.

4.5. Fórmulas implementadas

A continuación se muestra el código fuente de las fórmulas de óptica y colorimetría que fueron definidas en las bases teóricas, e implementadas en el Spectrasoft.

- **Función de índice de eritema:**

```
1 //Calcula el indice de eritema
2 float eritema(QVector<float> medicion){
3     //promRojo: promedio ponderado del color rojo
4     float promRojo = (medicion[24]/2.0 + medicion[25]
5         + medicion[26] + medicion[27]/2.0) /3.0;
6
7     //promVerde: promedio ponderado del color verde
8     float promVerde = (medicion[16]/2.0 + medicion[17]
9         + medicion[18]/2.0) /2.0;
10
11    float resultado = 100.0*(log(1.0/promVerde)
12        - log(1.0/promRojo));
13
14    return resultado;
15 }
```

■ Función de absorbancia aparente:

```
1 //Calcula los datos de absorbancia aparente
2 QVector<float> absorbancia(QVector<float> medicion){
3
4     QVector<float> resultado;
5
6     for(int i = 0; i < 31; ++i)
7         resultado.push_back(100.0 - medicion[i]);
8
9     return resultado;
10 }
```

■ Función de coordenadas de cromaticidad CIE xyz:

```
1 //Calcula las coordenadas de cromaticidad CIE xyz
2 QVector<float> CIExyz(QVector<float> medicion){
3
4     QVector<float> resultado;
5     QVector<float> XYZ = CIEXYZ(medicion);
6     float x, y, z;
7
8     x = XYZ[0]/(XYZ[0] + XYZ[1] + XYZ[2]);
9     y = XYZ[1]/(XYZ[0] + XYZ[1] + XYZ[2]);
10    z = XYZ[2]/(XYZ[0] + XYZ[1] + XYZ[2]);
11
12    resultado.push_back(x);
13    resultado.push_back(y);
14    resultado.push_back(z);
15
16    return resultado;
17 }
```

- Función de valores triestímulo CIE XYZ:

```
1 //Calcula los valores triestimulo CIE XYZ
2 QVector<float> CIEXYZ(QVector<float> medicion){
3
4     QVector<float> resultado;
5     float auxK, auxX, auxY, auxZ, k, X, Y, Z;
6
7     auxK = auxX = auxY = auxZ = 0.0;
8
9     //realiza las sumatorias indicadas de las formulas
10    for(int i = 0; i < 31; ++i){
11
12        auxK+= iluCIED65[i]*yCIE10[i];
13        auxX+= medicion[i]*iluCIED65[i]*xCIE10[i];
14        auxY+= medicion[i]*iluCIED65[i]*yCIE10[i];
15        auxZ+= medicion[i]*iluCIED65[i]*zCIE10[i];
16    }
17
18    //calcula la constante k
19    k = 100.0/auxK;
20
21    //calcula los valores triestimulo XYZ
22    X = k*auxX;
23    Y = k*auxY;
24    Z = k*auxZ;
25
26    resultado.push_back(X);
27    resultado.push_back(Y);
28    resultado.push_back(Z);
29
30    return resultado;
31 }
```

■ Función de coordenadas CIELAB:

```

1 //Calcula las coordenadas de del espacio CIELAB
2 QVector<float> CIELAB(QVector<float> medicion){
3
4     QVector<float> resultado;
5     QVector<float> XYZ = CIEXYZ(medicion);
6     float constante, aux, fXfYfZ[3], L, a, b;
7
8     //calcula la constante utilizada en la formula
9     constante = 24.0/116.0;
10    constante = pow(constante, 3);
11
12    //calcula las funciones X/Xn, Y/Yn, Z/Zn
13    for(int i = 0; i < 3; ++i){
14
15        aux = XYZ[i]/XnYnZn[i];
16
17        if(aux > constante){
18            fXfYfZ[i] = pow(aux, 1.0/3.0);
19        } else{
20            fXfYfZ[i] = (841.0/108.0)*aux + (16.0/116.0);
21        }
22    }
23
24    //calcula las coordenadas L*a*b*
25    L = 116.0*fXfYfZ[1] - 16.0;
26    a = 500.0*(fXfYfZ[0] - fXfYfZ[1]);
27    b = 200.0*(fXfYfZ[1] - fXfYfZ[2]);
28
29    resultado.push_back(L);
30    resultado.push_back(a);
31    resultado.push_back(b);
32
33    return resultado;
34 }
```

■ Función de coeficiente de absorción:

```
1 //Calcula el coeficiente de absorcion
2 QVector<float> absorcion(QVector<float> medicion){
3
4     QVector<float> resultado;
5     float rango, aux, Z, k, a0;
6     int n, grado;
7     bool op = false; //el sistema de ecuaciones a resolver ←
                      tiene solucion
8
9     //son 31 datos, y el grado del polinomio de ajuste es 8
10    n = 31; grado = 8;
11
12    double *x = new double[n];
13    double *y = new double[n];
14
15    //cargando los datos en x, y
16    for(int i = 0; i < n; ++i){
17        x[i] = i;
18        y[i] = medicion.at(i);
19    }
20
21    double **matriz = new double*[grado + 1];
22
23    for (int i = 0; i < grado + 1; ++i)
24        matriz[i] = new double[grado + 2];
25
26    //realizando el ajuste polinomial y calculando los ←
      coeficientes
27    coeficientes(x, y, matriz, grado, n);
28    recorrido(matriz, grado + 1, op);
29
30    //a0 esta en la primera fila de la matriz resultante ←
      del ajuste
31    a0 = matriz[0][grado + 1];
32    Z = 0.2796; k = -7.174;
```

```
33     rango = 400;
34
35     //calculando el coeficiente de absorcion
36     for (int i = 0; i < n; ++i){
37         aux = Z*exp(k*a0)*6.6*pow(10, 11)*pow(rango, -3.3);
38         resultado.push_back(aux);
39         rango+=10;
40     }
41
42     //liberando la memoria dinamica asignada
43     delete x;
44     delete y;
45
46     for (int i = 0; i < grado + 1; ++i)
47         delete matriz[i];
48
49     delete matriz;
50
51     return resultado;
52 }
```

4.6. Interfaz del software

A continuación se muestran algunas de las ventanas de la interfaz gráfica de usuario del Spectrasoft, que comprenden la ventana principal, la ventana de inicio de sesión de un usuario, la visualización de algunos de los resultados de una medición realizada, y los detalles de la historia médica de un paciente.

- Ventana principal:

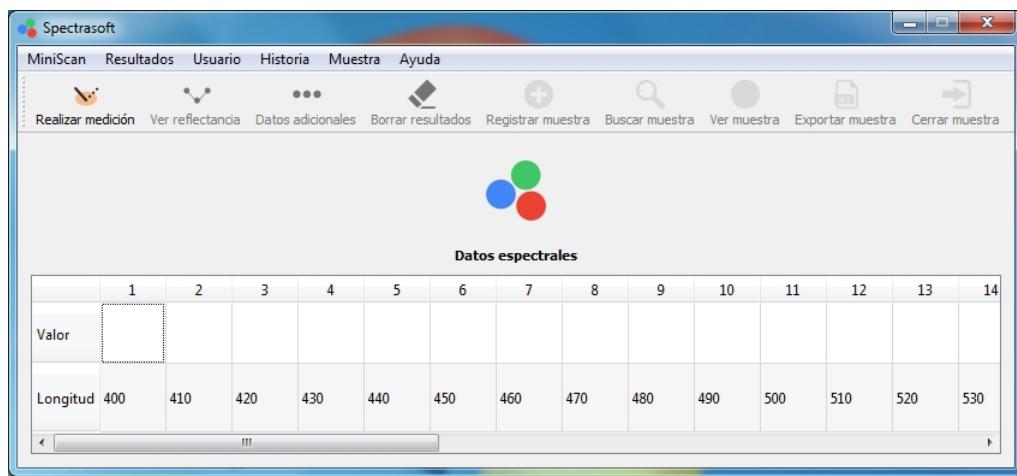


Figura 4.9: Ventana principal (Fuente: Autor).

- Inicio de sesión:

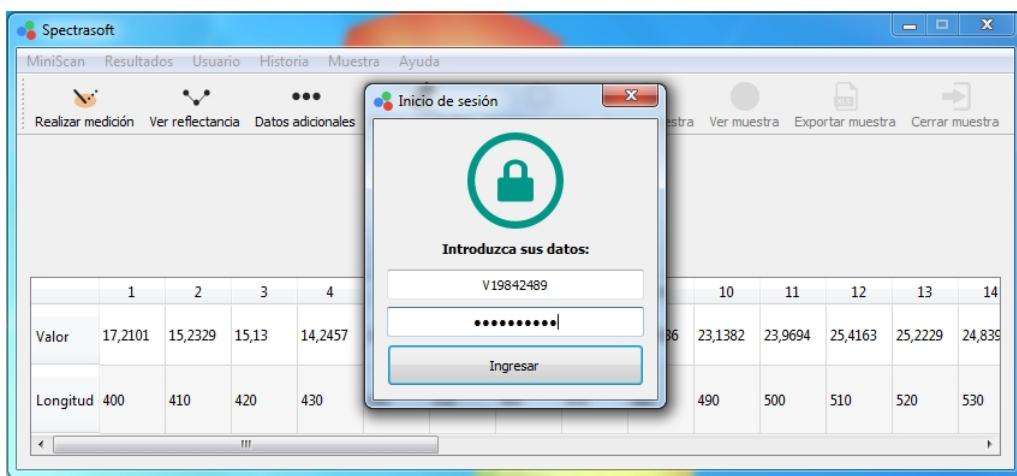


Figura 4.10: Inicio de sesión (Fuente: Autor).

■ Curva de reflectancia:

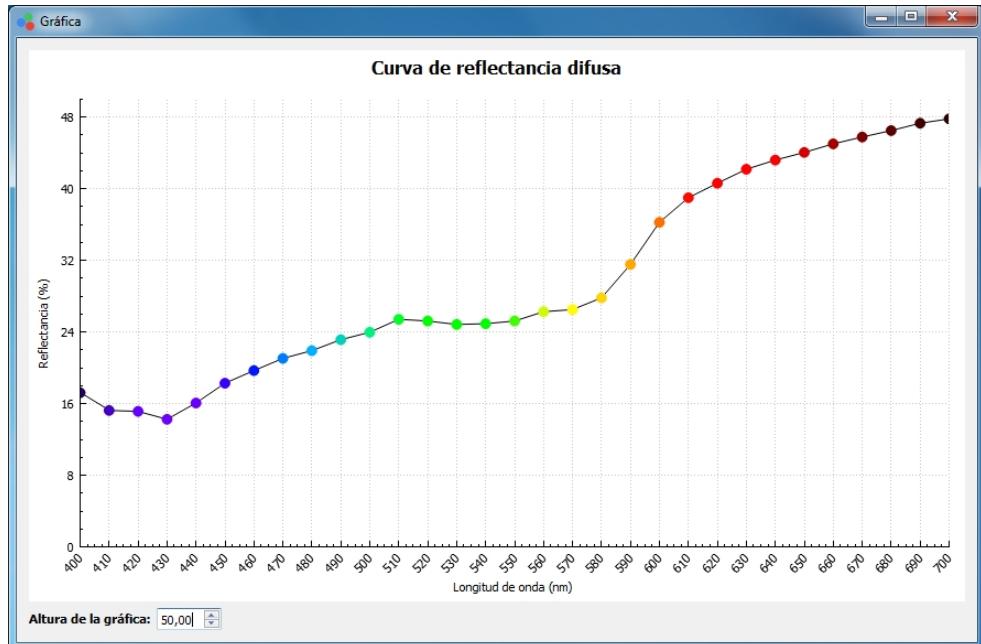


Figura 4.11: *Curva de reflectancia* (Fuente: Autor).

■ Historia médica de un paciente:

Ver historia

Número de la historia: 26

Nombre(s): JOSE

Apellido(s): GUILLERMO

Cédula de identidad: N/A

Fecha de nacimiento: 11-10-2010

Fecha de ingreso: 11-10-2015

Sexo: Masculino

Fototipo cutáneo: III

Listo

Figura 4.12: *Historia médica de un paciente* (Fuente: Autor).

4.7. Pruebas realizadas

Una vez que se ha desarrollado un software es necesario verificar y validar que está libre de errores y que se ha logrado el objetivo de su diseño. Se realizaron pruebas de funcionalidad empleando el modelo de guiones de prueba y de pruebas de aceptación propuestos por INSITE, cuyos resultados permitieron determinar que el software Spectrasoft cumple con todos los requerimientos y objetivos definidos.

Las pruebas de usabilidad se realizaron utilizando las heurísticas de Nielsen, tomando únicamente los ítems de evaluación que se pudieran aplicar en el software y adaptándolos para ese fin; dichas pruebas de usabilidad mostraron que el software Spectrasoft cumple con el atributo de usabilidad, necesario para ser considerado un software de calidad. Tales pruebas y las constancias de aceptación firmadas por los clientes están disponibles en los anexos.

4.7.1. Cálculo de los valores triestímulo CIE XYZ

Para verificar que la implementación de la fórmula para calcular los valores triestímulo CIE XYZ es correcta, se realizó una medición a la placa de diagnóstico de HunterLab con el MiniScan XE Plus, utilizando el Spectrasoft para calcular los valores triestímulo de la misma. Esta placa proporciona valores triestímulo de control, los cuales fueron leídos de fábrica utilizando el iluminante estándar D65 y el observador estándar de 10°. Al comparar los valores triestímulo calculados por el Spectrasoft con los valores triestímulo de control de la placa, se puede observar que los valores se asemejan. La tabla 4.6 muestra los valores comparados.

Tabla 4.6: *Verificación de los valores triestímulo* (Fuente: Autor).

Valores de control	Valores del Spectrasoft
$X = 18,6$	$X = 17,72$
$Y = 24,5$	$Y = 23,51$
$Z = 20,7$	$Z = 20,01$

4.7.2. Realización de las mediciones

Para corroborar que las mediciones realizadas utilizando con el Spectrasoft generan los mismos resultados que las mediciones realizadas con el HunterLab Universal Software, se realizó la medición de una muestra en una misma zona dos veces, la primera utilizando el Spectrasoft, y la segunda utilizando el HunterLab Universal Software. En las figuras 4.13 y 4.14 se puede observar que las curvas de reflectancia difusa resultantes de las mediciones tienen la misma forma, por lo que las mediciones realizadas con el Spectrasoft son correctas.

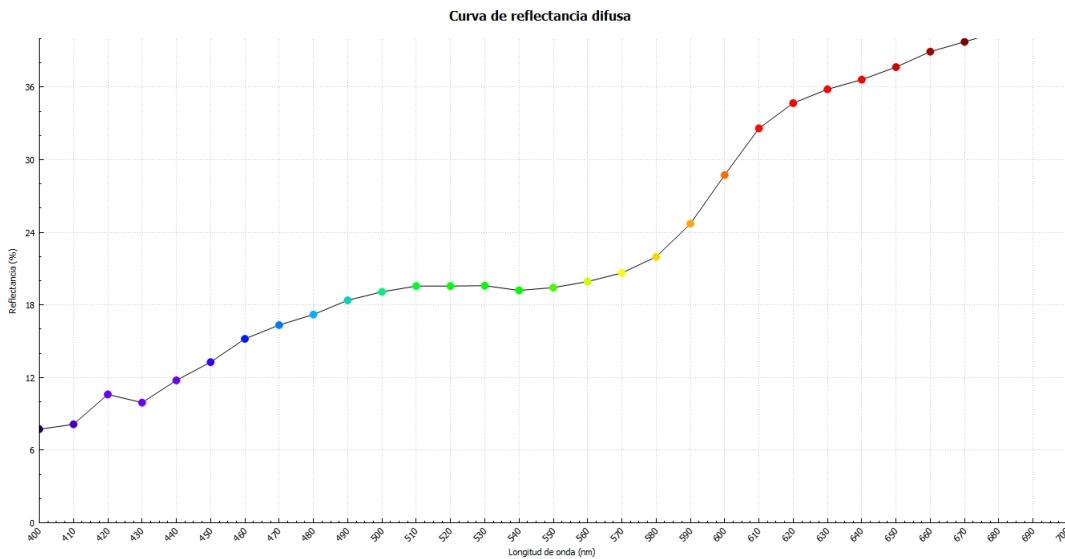


Figura 4.13: *Medición del Spectrasoft* (Fuente: Autor).

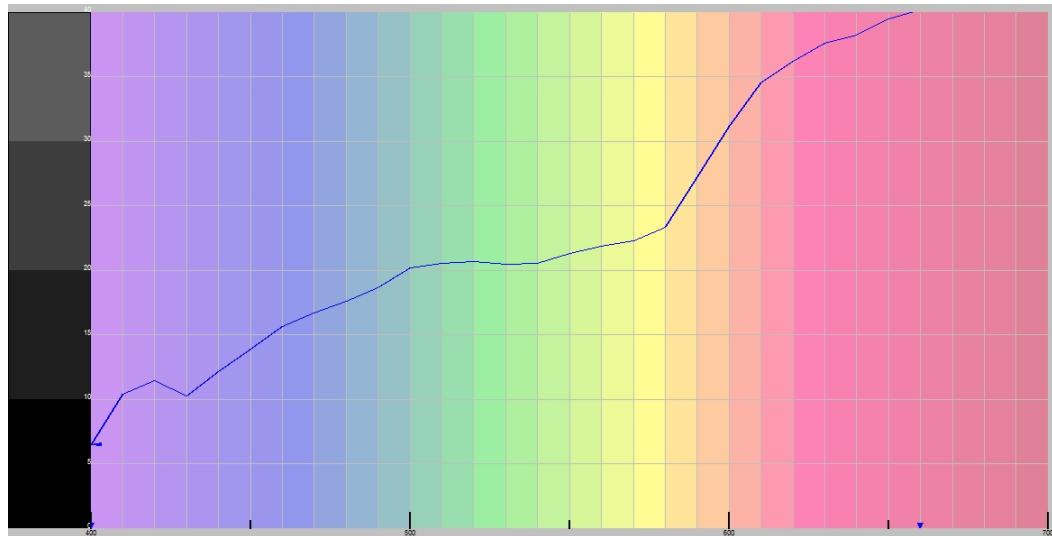


Figura 4.14: *Medición del HunterLab Universal Software* (Fuente: Autor).

4.7.3. Cálculo de las fórmulas restantes

- **Absorbancia aparente:** No hay forma de determinar con exactitud la luz que es absorbida por un medio, por esta razón se asume que la luz que no es reflejada de vuelta al MiniScan XE Plus, debe ser la luz que es aparentemente absorbida. Por esta razón esta fórmula no es verificada.
- **Coordenadas tricromáticas CIE xyz:** La fórmula utilizada para cal-

cular estas coordenadas es una normalización de los valores triestímulo CIE XYZ, y estos últimos ya fueron verificados, por lo que no hace falta realizar la verificación de estas coordenadas.

- **Coordenadas del espacio CIELAB:** La fórmula utilizada para calcular estas coordenadas no es más que la transformación de los valores triestímulo CIE XYZ, razón por la cual no hace falta realizar su verificación.
- **Coeficiente de absorción:** La fórmula utilizada para determinar este coeficiente es la definida por Narea et al., (2015), en cuyo artículo deja documentadas las pruebas y los análisis relacionados con la misma, por este motivo esta fórmula no es verificada.
- **Índice de eritema:** La fórmula utilizada para determinar este índice es la definida por Wagner et al., (2002), en cuyo artículo deja documentadas las pruebas y los análisis relacionados con la misma, por esta razón no es verificada.

4.8. Colores utilizados en el software

Es importante destacar que los colores utilizados en las gráficas generadas por el Spectrasoft son referencias visuales, por lo tanto no son una reproducción real de los colores que representan. De la misma manera, los colores utilizados para representar los fototipos de piel en el Spectrasoft son solamente referencias visuales de la escala propuesta por Fitzpatrick (1988).

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

La elaboración de la presente investigación ha cumplido los objetivos que se marcaron a su comienzo. Para lograr esto fue necesario un análisis detallado de la bibliografía, la revisión de algunas investigaciones previas, y el estudio riguroso del material proporcionado por el personal de soporte técnico de la empresa HunterLab.

El aporte general de este trabajo de investigación se centra en proveer un software libre para operar el MiniScan XE Plus, el cual dispone de las funciones necesarias para que los dermatólogos puedan establecer diagnósticos de patologías dermatológicas en pacientes.

Desde el comienzo del proceso de desarrollo del software se optó por trabajar con un servicio gratuito de control de versiones, lo cual permitió tener almacenado el código fuente del software de manera centralizada. Esto ayudó a tener una mejor organización durante el desarrollo.

Debido a las limitaciones encontradas durante la investigación, se concluye

que es necesaria la utilización de algunos archivos de HunterLab para lograr la comunicación entre el software resultante y el MiniSan XE Plus. Adicionalmente, debido a esta limitación el software resultante no puede captar ni interpretar las señales de los botones del MiniScan XE Plus, ya que estos archivos no ofrecen esta característica para ser utilizada fuera del HunterLab Universal Software.

La instalación de este software no es tan simple como podría llegar a ser, como consecuencia de la necesidad de utilizar algunos archivos de HunterLab. El software resultante no puede habilitarse para ser multiplataforma debido a esta razón.

Durante las pruebas de funcionalidad y usabilidad realizadas al software se hizo notorio el nivel de aceptación y la satisfacción de los clientes a los que iba dirigido. Adicionalmente a esto se realizó un manual de usuario para la correcta utilización del software, que explica detalladamente con tablas e con imágenes la permisología de sus usuarios y las funciones que ofrece, por lo que su curva de aprendizaje es baja.

En definitiva, se concluye que el software resultante cumple con todos los objetivos establecidos en esta investigación, ajustándose a las necesidades de los dermatólogos, garantizando un mejor aprovechamiento del MiniScan XE Plus, y por último creando una base sobre la cual se pueden realizar trabajos futuros que modifiquen, mejoren y extiendan dicho software.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones alcanzadas con el trabajo, se han generado una serie de recomendaciones, las cuales son presentadas a continuación.

- Permitir la visualización, consulta y exportación de varias muestras al mismo tiempo.

- Desarrollar un archivo controlador para el MiniScan XE Plus que no dependa del kit MSXE.ocx de HunterLab, para así simplificar el proceso de instalación del software, lograr que el mismo sea capaz de captar e interpretar las señales de los botones del MiniScan XE Plus, y posibilitar que este sea multiplataforma.
- Realizar pruebas en periodos de tiempo más largos.
- Incluir la fórmula desarrollada por los investigadores del CIBMC para el cálculo del coeficiente de esparcimiento de la epidermis, la cual no estuvo lista durante el tiempo en el que se llevó a cabo este trabajo de investigación.
- Extender la base de datos y las operaciones del software resultante para habilitar la gestión de muestras que no pertenezcan a pacientes con historia médica, para así permitir a los investigadores tomar y registrar muestras experimentales.

Referencias

- (2010). «*Absorption spectrum.* (n.d.) *Random House Kernerman Websters College Dictionary*». K Dictionaries LTD.
- BASKERVILLE, RICHARD L. (1999). «*Investigating Information Systems with Action Research*». Association for Information Systems, Atlanta – Georgia, Estados Unidos.
- BERSHA, K. S. (2010). «*Spectral Imaging And Analysis Of Human Skin*». Universidad del Este de Finlandia, Finlandia.
- CIE (2004). «*CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 3rd edition*». Viena, Austria.
- (2015). «*Commission Internationale de l'Eclairage, International Commission on Illumination*». Viena, Austria.
<http://www.cie.co.at/index.php>
- FITZPATRICK, T. (1988). «*The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI*». Arch Dermatol.
- GITLAB. «*Gitlab: Create, review, and deploy code together*».
<https://about.gitlab.com/>
- HUNDERMARK, P. (2015). «*Do Better SCRUM*». Agile42 - The Agile Coaching Company.

- HUNTERLAB (2001). «*Universal Software Versions 4.10 and Above User's Manual*». Hunter Associates Laboratory, Reston – Virginia, Estados Unidos.
- (2006). «*MiniScan XE Plus User's Guide Version 2.4*». Hunter Associates Laboratory, Reston – Virginia, Estados Unidos.
- (2008). «*Applications Note*». Hunter Associates Laboratory, Reston – Virginia, Estados Unidos.
- (2015). «*HunterLab, The World's true measure of color*». Hunter Associates Laboratory, Reston – Virginia, Estados Unidos.
<http://www.hunterlab.com/about-us.html>
- KROLL, P. y KRUCHTEN, P. (2003). «*The Rational Unified Process Made Easy: A Practitioner's Guide to the RUP*». Addison-Wesley, Boston – Massachusetts, Estados Unidos.
- MICROSOFT. «*Visual Studio Community, a fully-featured, extensible IDE*».
<https://www.visualstudio.com/products/visual-studio-community-vs>
- NAREA, F.; VIVAS, S. y MUÑOZ, A. (2015). «*Recuperación del coeficiente de absorción de la epidermis en la piel humana*». Sociedad Española de Óptica, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- PÉREZ, A. D. (2012). «*Estudio de la Reflexión Óptica Difusa en Tejido Biológico*». Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zácatenco, México.
- POSTGRESQL. «*PostgreSQL: The world's most advanced open source database*».
<http://www.postgresql.org/about/>
- QCUSTOMPLOT. «*A Qt C++ widget for plotting and data visualization*».
<http://www.qcustomplot.com/index.php/introduction>
- QT. «*Qt, a Cross-Platform Framework for Application Development*».
https://wiki.qt.io/About_Qt

QTXLSX. «*A Qt library to read and write excel files*».

<http://www.qtxlsx.debao.me/>

RESEARCH, MAGNETO TECH. «*USB to Serial adapters Wiki*».

<http://www.usb-serial-adapter.org/>

SCHANDA, J. (2007). «*Colorimetry: understanding the CIE system*». John Wiley & Sons, Hoboken – Nueva Jersey, Estados Unidos.

SCHWABER, K. y SUTHERLAND, J. (2013). «*The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*».

SOMMERVILLE, I. (2005). «*Ingeniería del Software*». Pearson Education, Madrid, España.

WAGNER, J.; JOVEL, C.; NORTON, H.; PARRA, E. y SHRIVER, M. (2002). «*Comparing Quantitative Measures of Erythema, Pigmentation and Skin Response using Reflectometry*». Pigment Cell Res, Universidad del Estado de Pensilvania, Estados Unidos.

Anexos

Anexo A: Manual de instalación

Requerimientos del sistema

Requerimientos de hardware

- Procesador de 1 gigahertz (GHz) o superior.
- 1 gigabyte (GB) de memoria RAM o más.
- Resolución de pantalla de 1024x768 o superior.

Requerimientos de arquitectura

- Arquitectura de 32 bits o de 64 bits.

Requerimientos del sistema operativo

- Sistema operativo Microsoft Windows 7 Service Pack 1 o superior.

Requerimientos de software

- Microsoft .NET framework 4 o superior.
- Microsoft Internet Explorer 10 o superior.

Acciones previas

Controlador para el adaptador serial-USB

Conecte el MiniScan XE Plus utilizando el cable adaptador serial-USB, luego instale el controlador para el adaptador dejando todas las opciones de instalación por defecto.

Paquete MSXP-CFLX Utility

Instale el paquete MSXP-CFLX Utility, ejecutándolo como administrador y dejando todas las opciones de instalación por defecto.

Carpeta MSXEBridge

Copie la carpeta «MSXEBridge» en el disco local C, en la ruta «C:\».

Versiones de los paquetes a instalar

- Visual Studio 2013 community/professional/ultimate.
- PostgreSQL 9.4.4-3.

Instalación de Visual Studio

Ejecute la instalación de Visual Studio como administrador. Seleccione la opción «Acepto los términos de licencia y la declaración de privacidad.» y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.1).

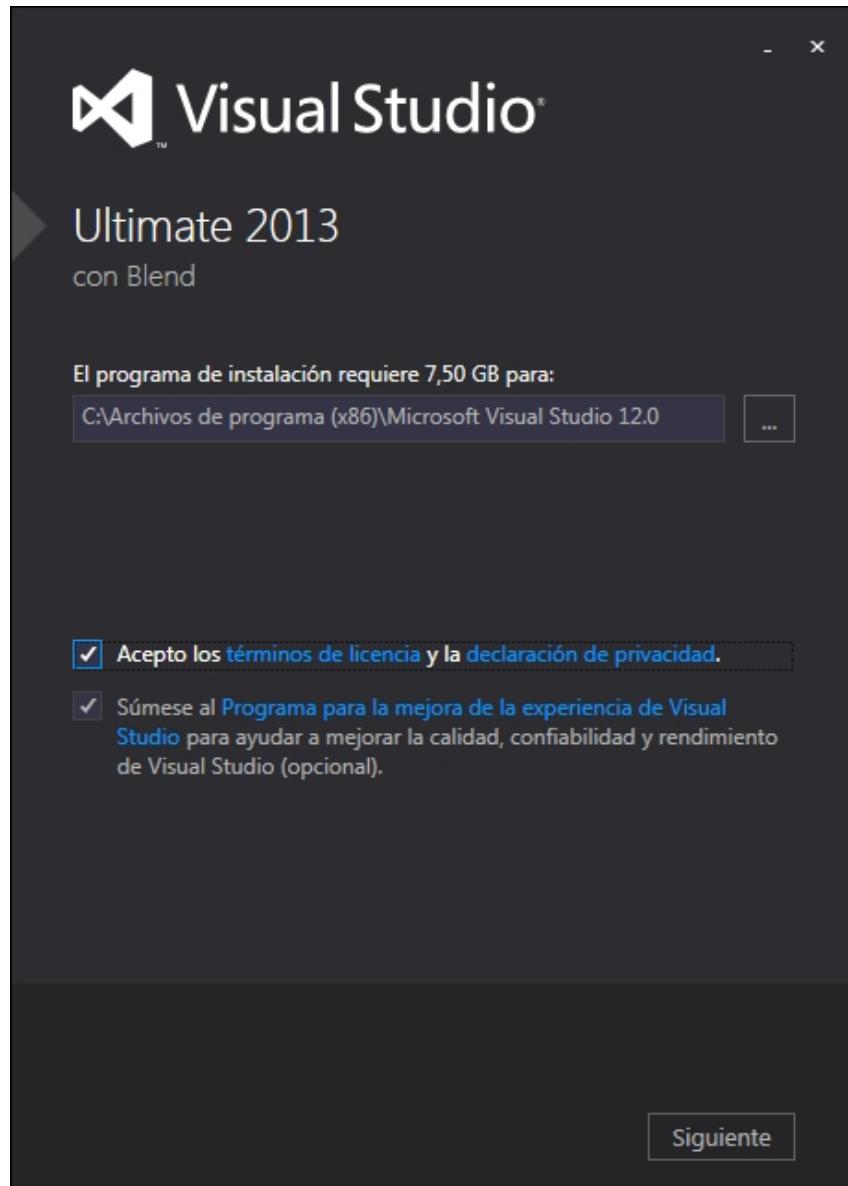


Figura 1.1: Inicio de instalación de Visual Studio

Deje todas las opciones por defecto de «Características opcionales para instalar:» y haga click en el botón «INSTALAR» (véase la figura 1.2).



Figura 1.2: Características opcionales de Visual Studio

Espere a que el proceso de instalación finalice (véase la figura 1.3).

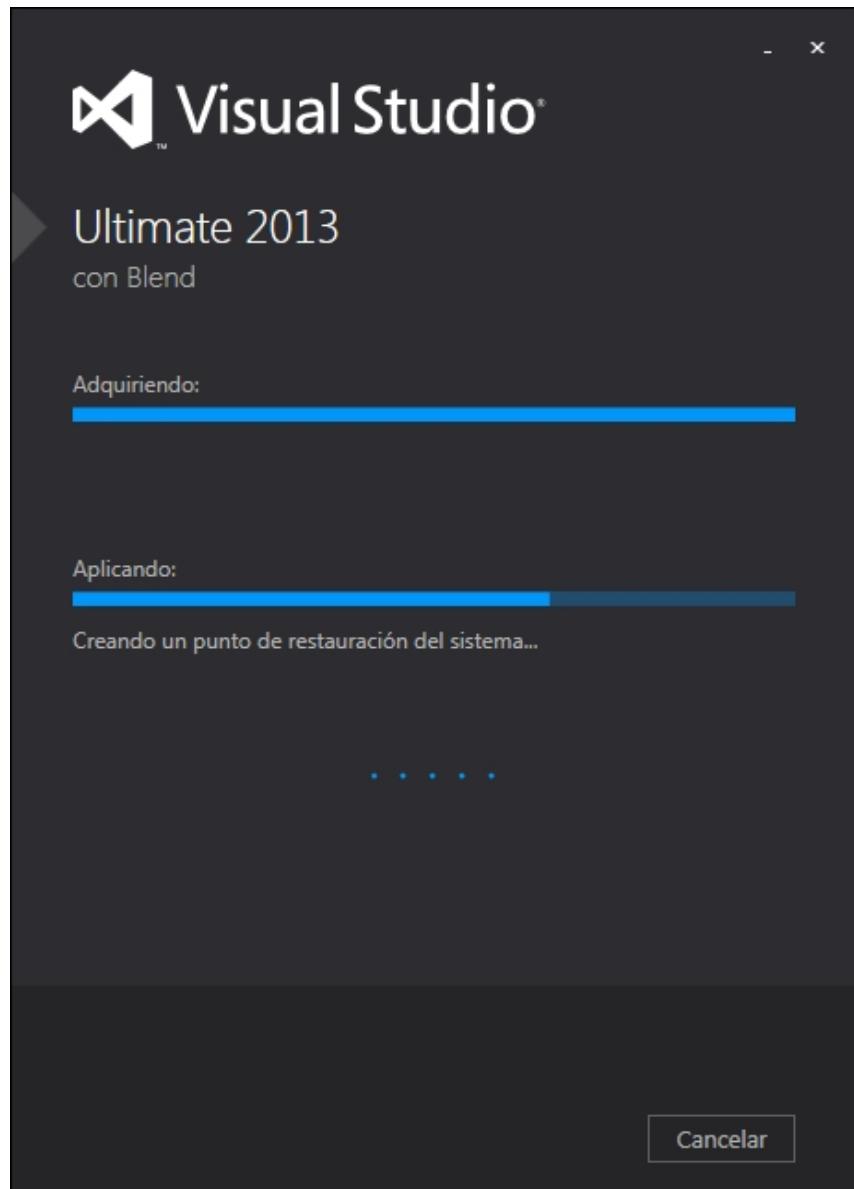


Figura 1.3: Progreso de la instalación de Visual Studio

Después de finalizar la instalación, no inicie Visual Studio, haga click en el botón con forma de equis (x) en la esquina superior para cerrar la ventana (véase la figura 1.4).



Figura 1.4: Cerrar ventana de instalación de Visual Studio

Instalación de PostgreSQL

Ejecute la instalación de PostgreSQL como administrador. Haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.5).



Figura 1.5: Inicio de instalación de PostgreSQL

Deje la ubicación del directorio de instalación por defecto y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.6).

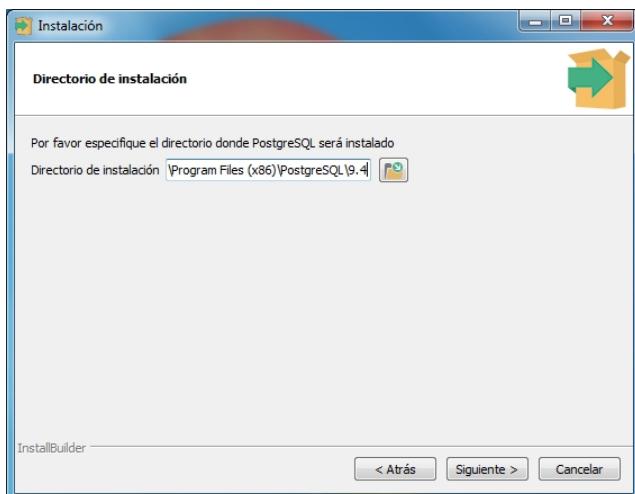


Figura 1.6: Directorio de instalación de PostgreSQL

Deje la ubicación del directorio de datos por defecto y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.7).



Figura 1.7: Inicio de datos de PostgreSQL

Introduzca una contraseña de su preferencia, guárdela en un lugar seguro y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.8).

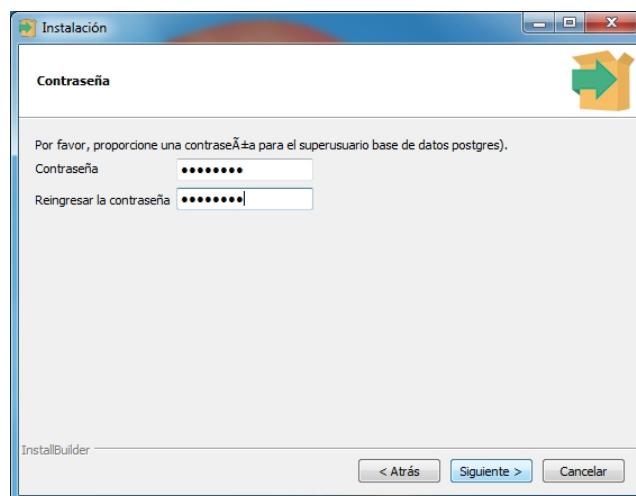


Figura 1.8: Contraseña para el superusuario de PostgreSQL

Deje el número del puerto por defecto y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.9).

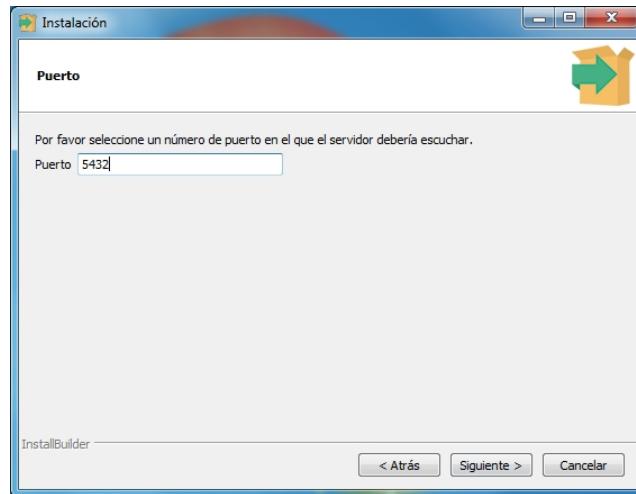


Figura 1.9: Número de puerto para PostgreSQL

Deje la configuración regional por defecto y haga click en el botón «Siguiente» (véase la figura 1.10).

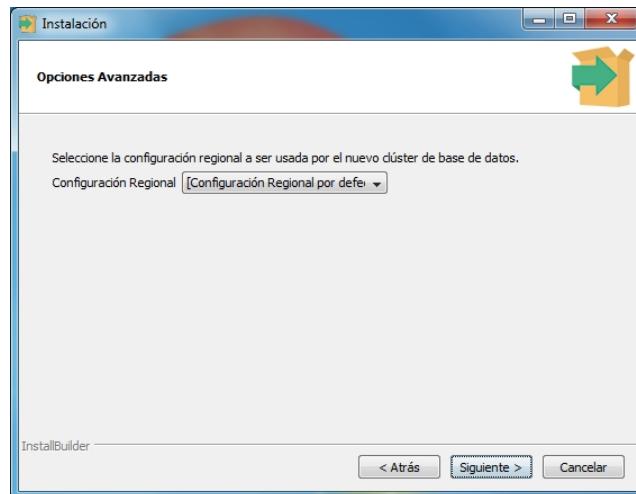


Figura 1.10: Configuración regional para PostgreSQL

Haga click en el botón «Siguiente» para empezar el proceso de instalación y espere a que finalice (véase las figuras 1.11 y 1.12).

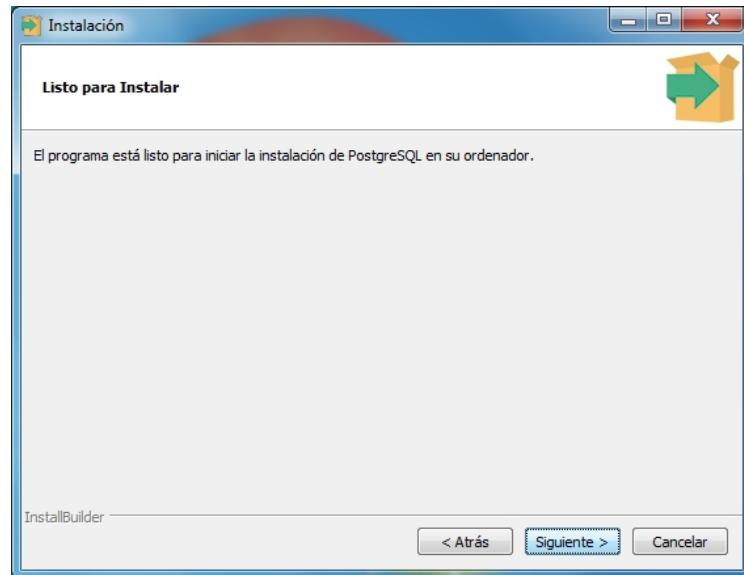


Figura 1.11: Inicio de la instalación de PostgreSQL

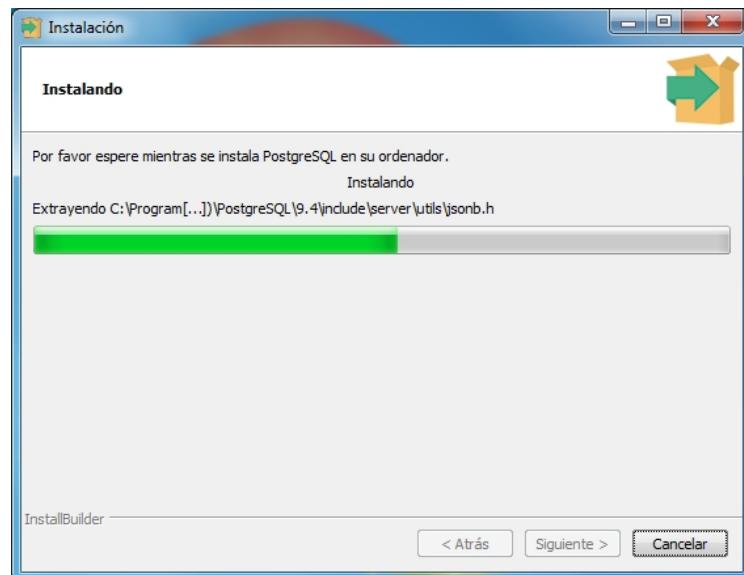


Figura 1.12: Proceso de instalación de PostgreSQL

Después de finalizar la instalación, asegúrese de que la opción «Lanzar Stack Builder al finalizar» no este seleccionada, y por último haga click en el botón «Terminar» (véase la figura 1.13).



Figura 1.13: Finalización de la instalación de PostgreSQL

Configuración de Visual Studio

Ejecute el software Visual Studio como administrador. En caso de que al iniciar se le pregunte si desea iniciar sesión, elija la opción «De momento no, quizás más tarde» (véase la figura 1.14).



Figura 1.14: Vista de inicio de Visual Studio

En el menú «ARCHIVO» entre al submenú «Abrir» y haga click en la opción «Proyecto o solución...» (véase la figura 1.15).

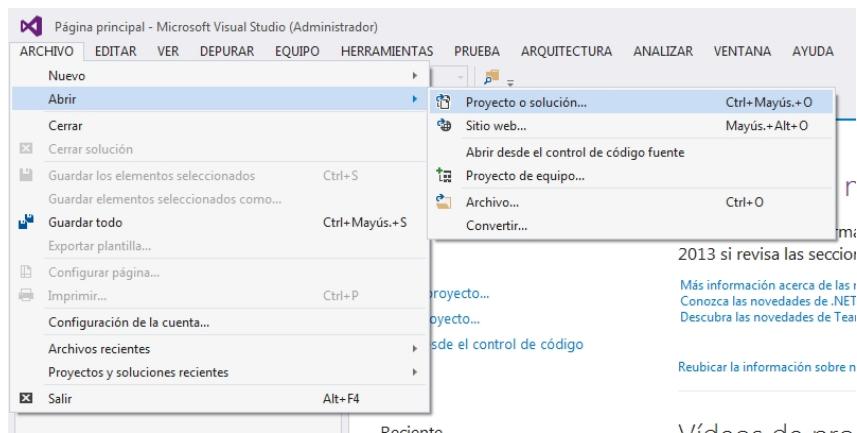


Figura 1.15: Abrir proyecto

En la carpeta «MSXEBridge» ubicada en el disco «C:\», seleccione el archivo «MSXEBridge» y haga click en el botón «Abrir» (véase la figura 1.16).

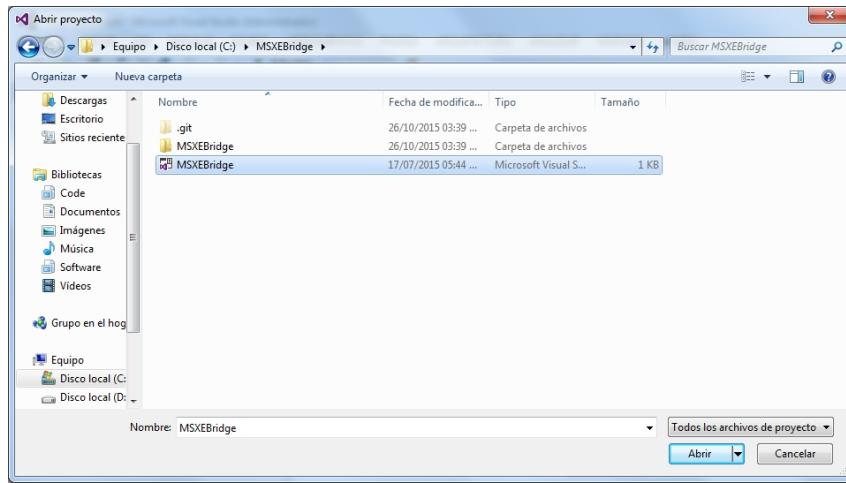


Figura 1.16: Buscar el archivo MSXEBridge

En la parte derecha de Visual Studio, haga click con el botón derecho en «MSXEBridge» y seleccione la opción «Propiedades» (véase la figura 1.17).

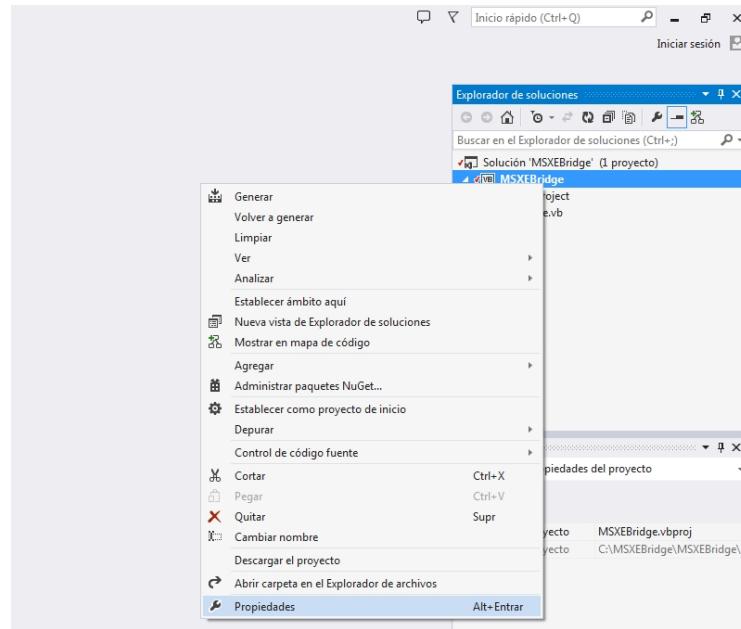


Figura 1.17: Propiedades de MSXEBridge

Anexo A. Manual de instalación

Haga click al botón «Información de ensamblado...», asegúrese de que la opción «Crear ensamblado visible a través de COM» esté seleccionada, y haga click en el botón «Aceptar» (véase la figura 1.18).

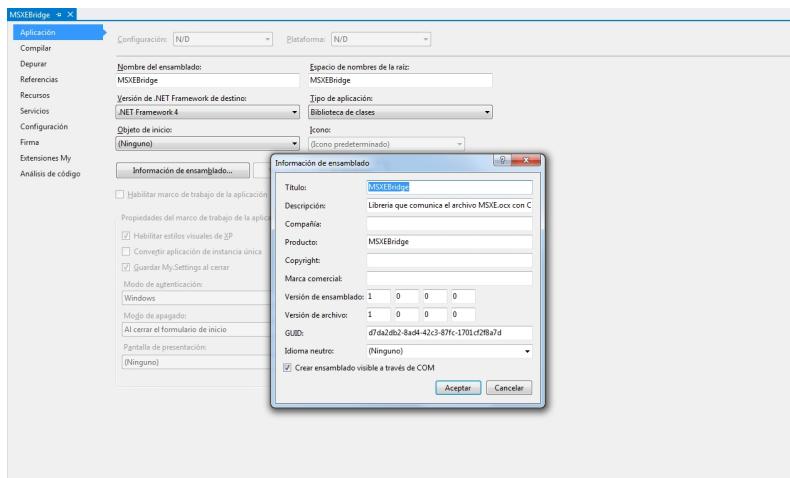


Figura 1.18: Ensamblado de MSXEBridge

Haga click en la pestaña «Compilar» y asegúrese de que la opción «Registrar para interoperabilidad COM» esté seleccionada (véase la figura 1.19).

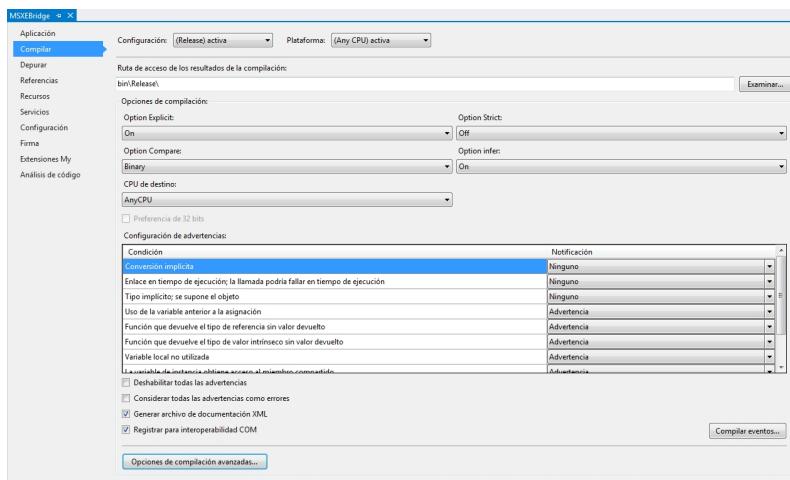


Figura 1.19: Interoperabilidad de MSXEBridge

En el menú «COMPILAR», haga click en la opción «Compilar solución» esté seleccionada (véase la figura 1.20).

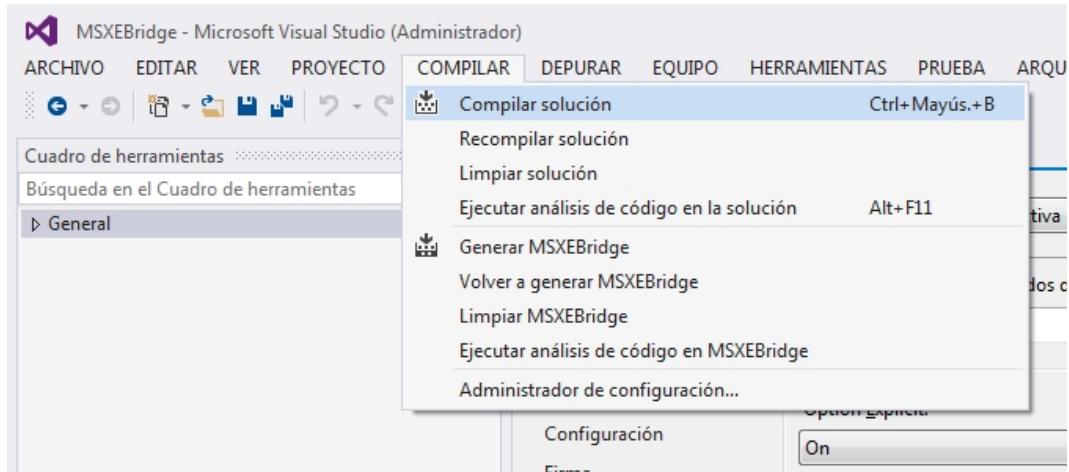


Figura 1.20: Compilar MSXEBridge

En la parte inferior de Visual Studio podrá ver que la compilación finalizó correctamente (véase la figura 1.21). Por último, cierre el software Visual Studio.

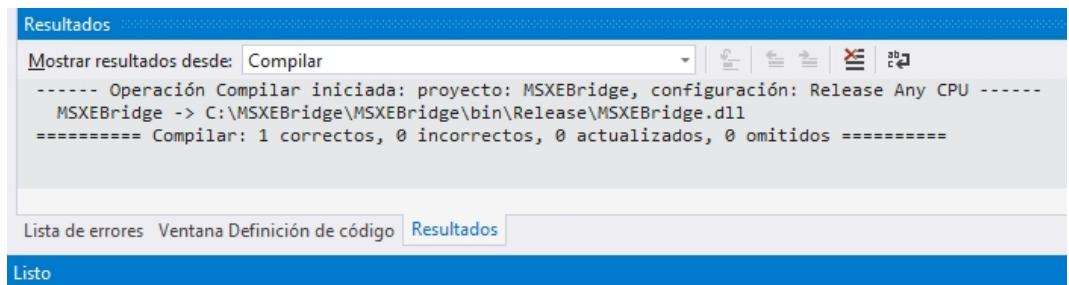


Figura 1.21: Resultados de la compilación

Es importante destacar que los pasos seguidos previamente sólo se deben realizar una vez, y no es necesario que ejecute Visual Studio posteriormente para ejecutar el Spectrasoft.

Configuración de PostgreSQL

Ejecute el software pgAdmin como administrador (véase la figura 1.22).

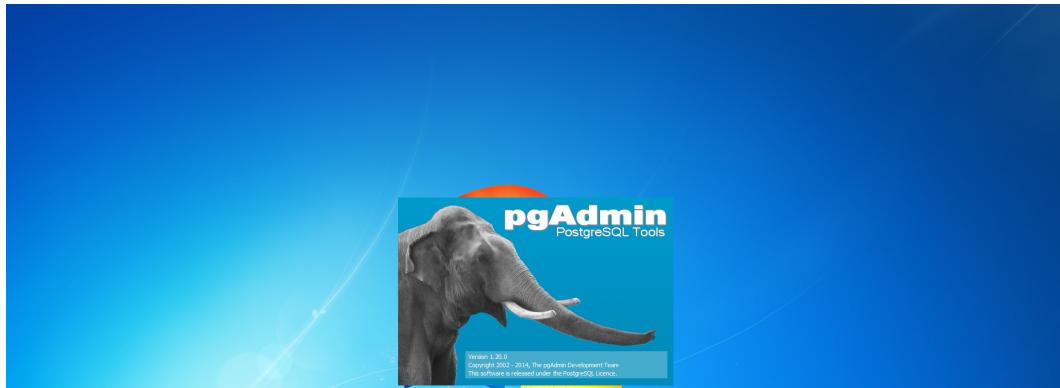


Figura 1.22: Vista de inicio de pgAdmin

Para accesar al servidor, haga doble click en la opción «PostgreSQL (localhost:5432)», e introduzca la contraseña que estableció durante el proceso de instalación (véase la figura 1.23).

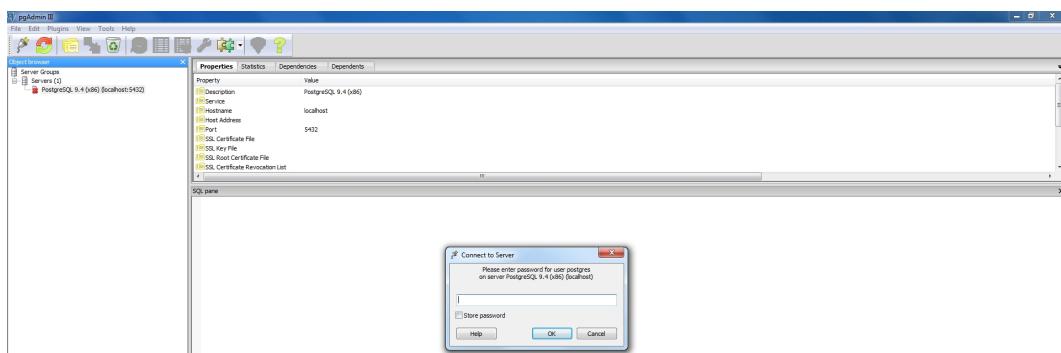


Figura 1.23: Acceso al servidor

Haga click derecho en el menú «Login Roles» y seleccione la opción «New Login Role...» (véase la figura 1.24).

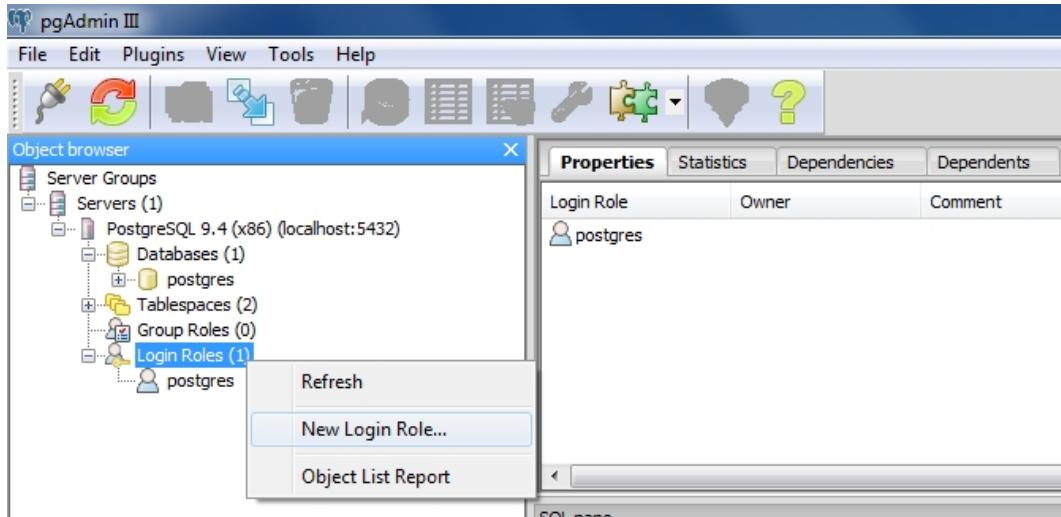


Figura 1.24: Crear nuevo rol

Introduzca «CIMBUC» en «Role name» (véase la figura 1.25).

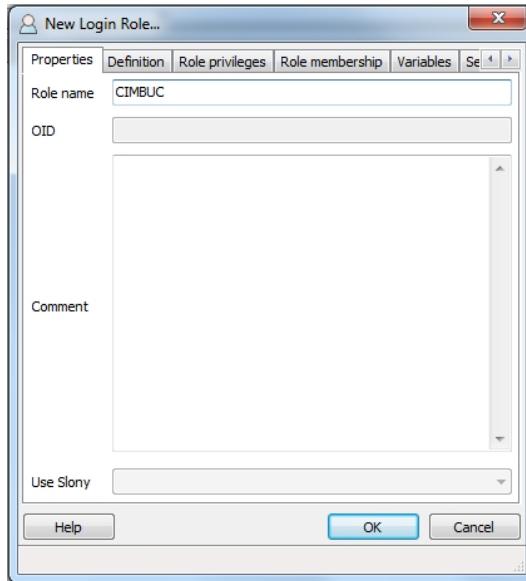


Figura 1.25: Nombre del rol

Haga click en la pestaña «Definition» e introduzca «CIMBUC» como la contraseña del rol (véase la figura 1.26).

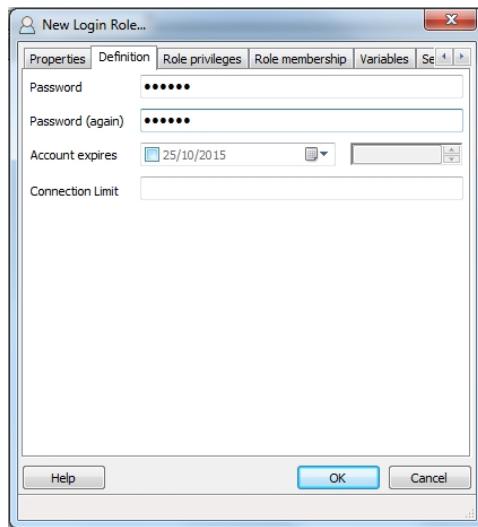


Figura 1.26: Contraseña del rol

Haga click en la pestaña «Role privileges», seleccione todas las opciones de privilegios disponibles para el rol y haga click en el botón «OK» (véase la figura 1.27).

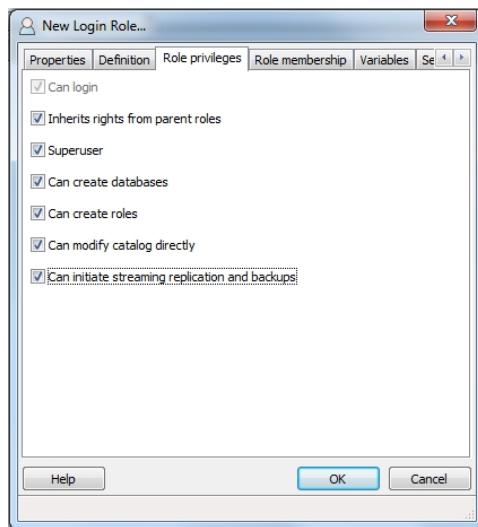


Figura 1.27: Privilegios del rol

Haga click derecho en el menú «Databases» y seleccione la opción «New Database...» (véase la figura 1.28).

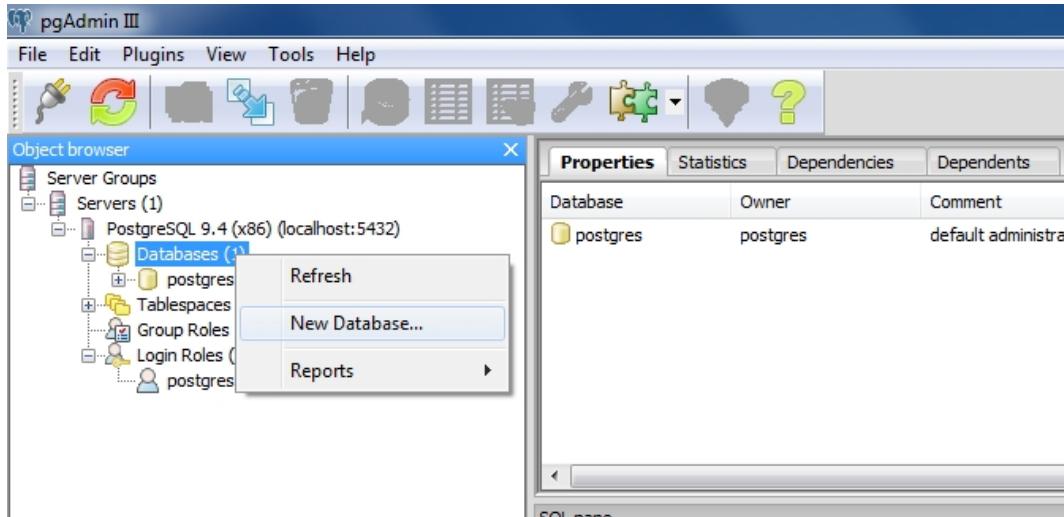


Figura 1.28: Crear nueva base de datos

Introduzca «CIMBUC» en «Name» y haga click en el botón «OK» (véase la figura 1.29).

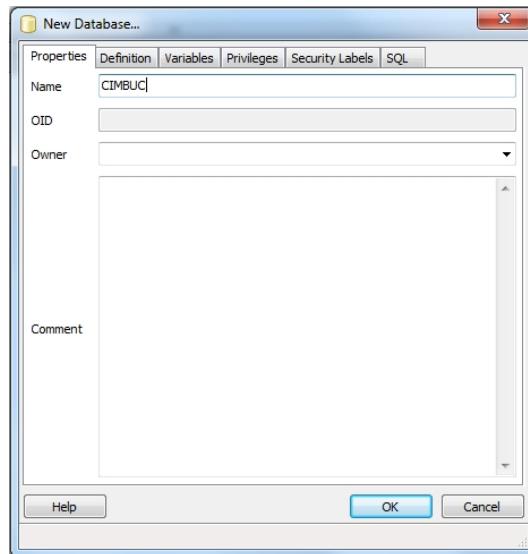


Figura 1.29: Nombre de la base de datos

Haga click derecho en la base de datos «CIMBUC» y seleccione la opción «Restore...» (véase la figura 1.30).

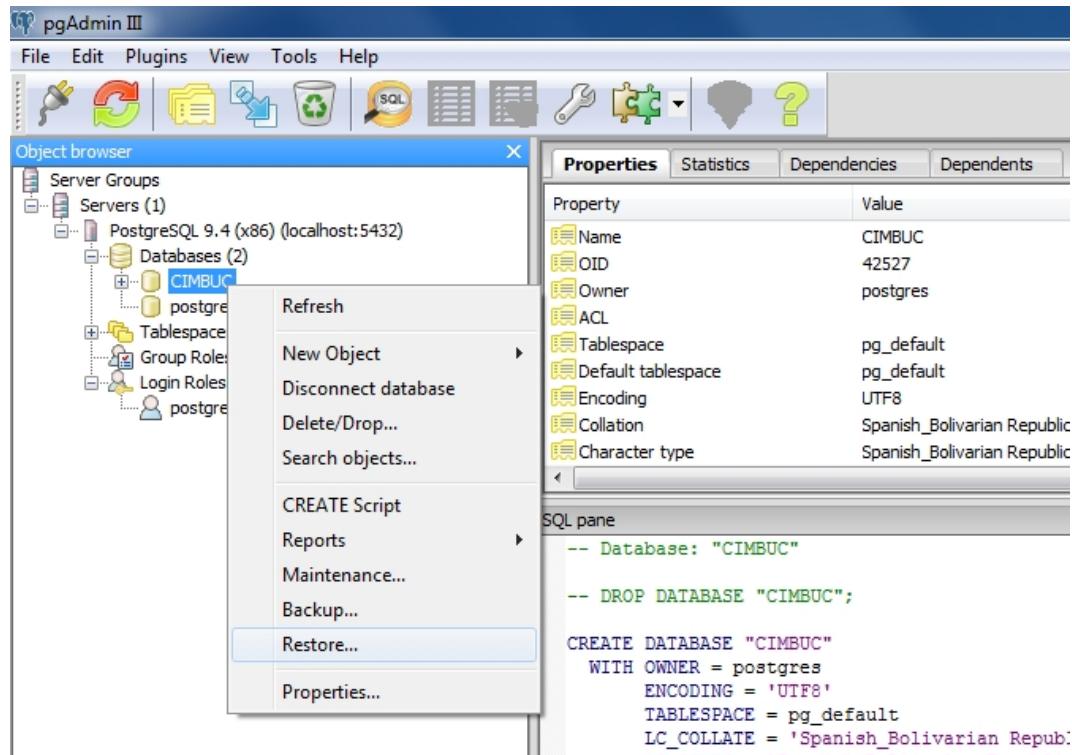


Figura 1.30: Opción de restauración de la base de datos

Haga click en el botón «...» para buscar el archivo de respaldo de la base de datos (véase la figura 1.31).

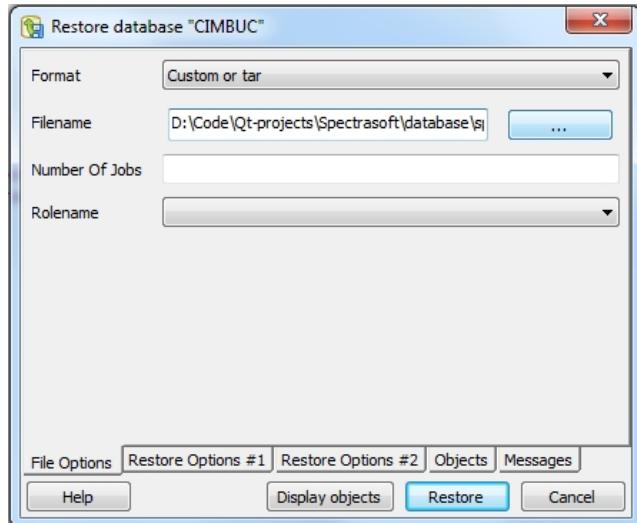


Figura 1.31: Ventana de restauración de la base de datos

Busque y seleccione el archivo «spectradb.backup», y haga click en el botón «Abrir» (véase la figura 1.32).

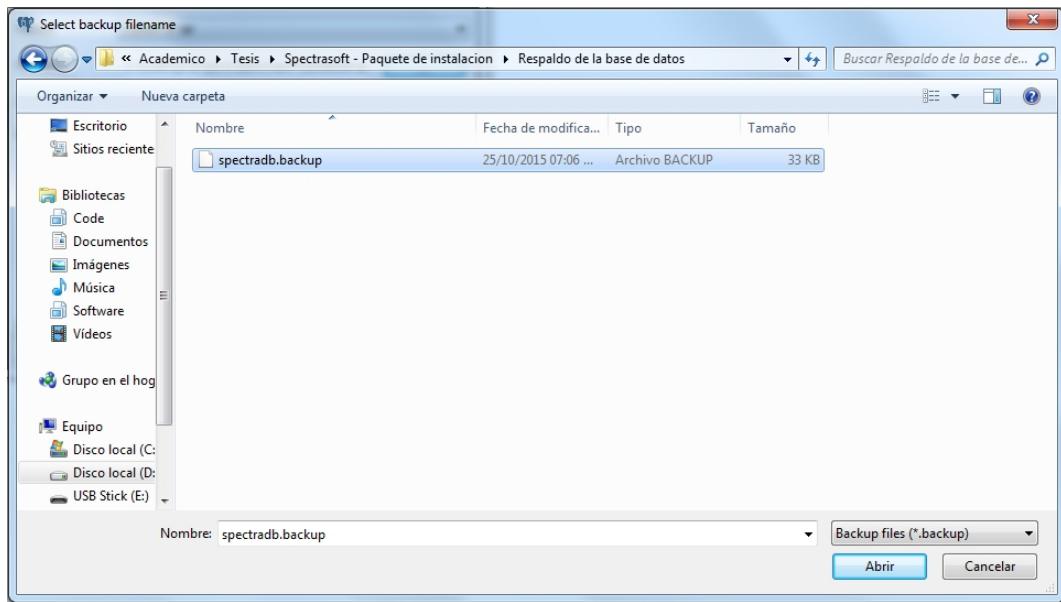


Figura 1.32: Buscar el archivo de respaldo

De vuelta a la ventana de restauración, haga click en la lista desplegable de «Rolename» y seleccione la opción «CIMBUC» (véase la figura 1.33).

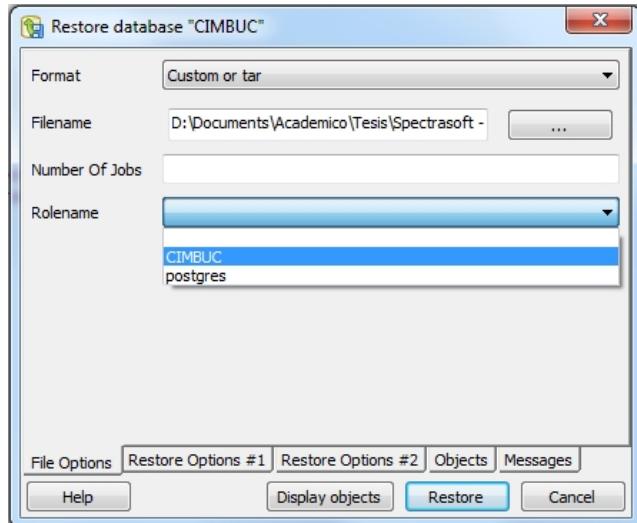


Figura 1.33: Rol de restauración de la base de datos

Haga click en la pestaña «Restore Options #1» y en el grupo «Sections» seleccione las opciones «Pre-data», «Data» y «Post-data», luego haga click en el botón «Restore» (véase la figura 1.34).

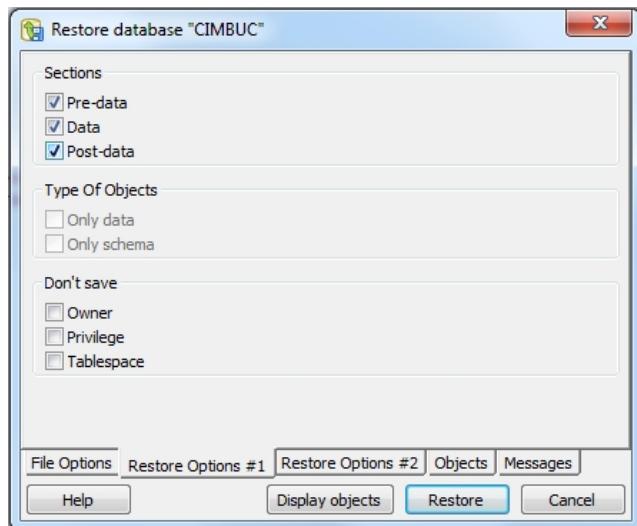


Figura 1.34: Opciones de restauración de la base de datos

En la misma ventana haga click en botón «Done», y por último cierre el software pgAdmin (véase la figura 1.35).

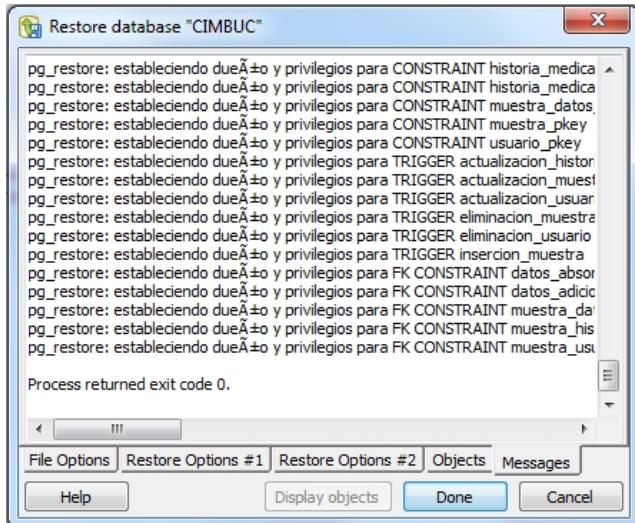


Figura 1.35: Restauración de la base de datos completa

Es importante destacar que los pasos seguidos previamente sólo se deben realizar una vez, y no es necesario que ejecute pgAdmin posteriormente para ejecutar el Spectrasoft.

La base de datos posee un usuario administrador por defecto para iniciar sesión y trabajar con el Spectrasoft, sus datos de ingreso son los siguientes:

- **Cédula de identidad:** V00000000
- **Contraseña:** 12345Admin

Luego de iniciar sesión en el Spectrasoft con este usuario, puede crear otro usuario administrador de su preferencia y eliminar este.

Instalación del Spectrasoft

Ejecute el instalador «setup-spectrasoft» y haga click en el botón «Next», dejando todas las opciones por defecto hasta llegar al acuerdo de licencia (véase la figura 1.36).

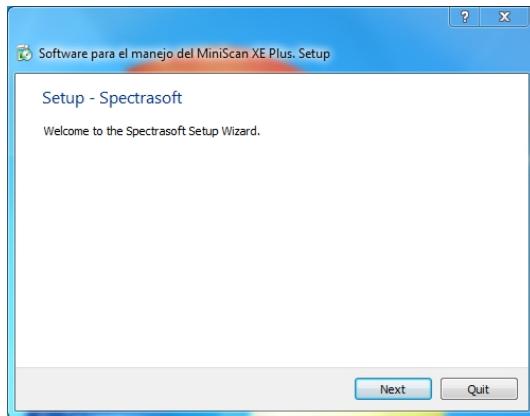


Figura 1.36: Instalador del Spectrasoft

En la ventana «License Agreement», seleccione la opción «I accept the license» y haga click en el botón «Next» (véase la figura 1.37). Deje las siguientes opciones por defecto hasta llegar la opción de instalar.



Figura 1.37: Licencia del Spectrasoft

En la ventana «Ready to Install» haga click en el botón «Install» (véase la figura 1.38).

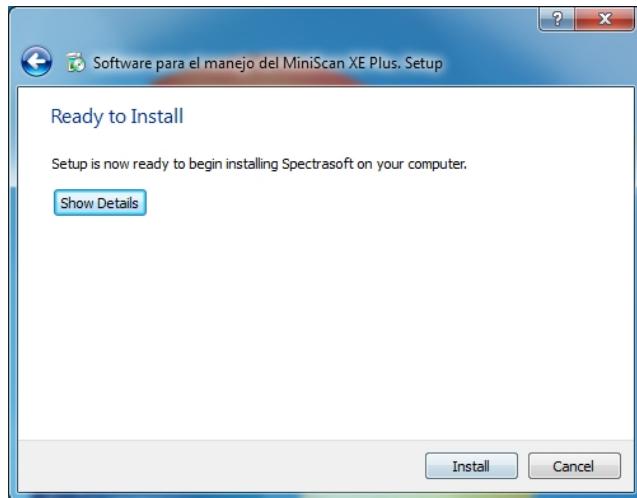


Figura 1.38: Instalar el Spectrasoft

En la ventana «Completing the Spectrasoft Wizard» haga click en el botón «Finish» (véase la figura 1.39).

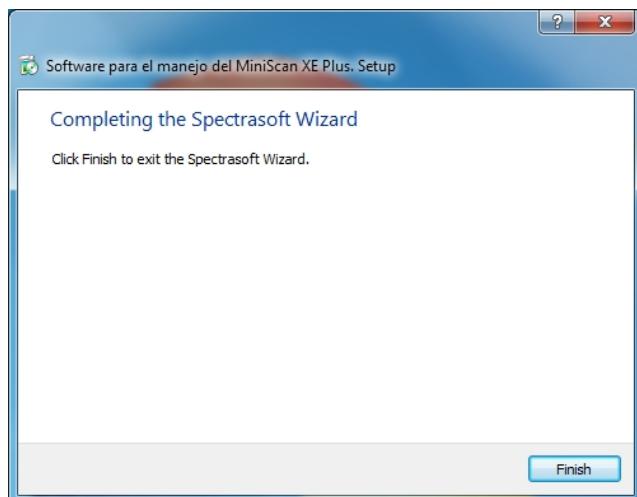


Figura 1.39: Finalizar la instalación

Por último, para ejecutar el Spectrasoft abra el menú de inicio de Windows y haga click en la opción «Spectrasoft» (véase la figura 1.40).



Figura 1.40: Ejecutar el Spectrasoft

Si desea entrar al menú del Spectrasoft, abra el menú de inicio de Windows, haga click en la opción «Todos los programas», busque la carpeta llamada «Spectrasoft» y seleccionela (véase la figura 1.41).

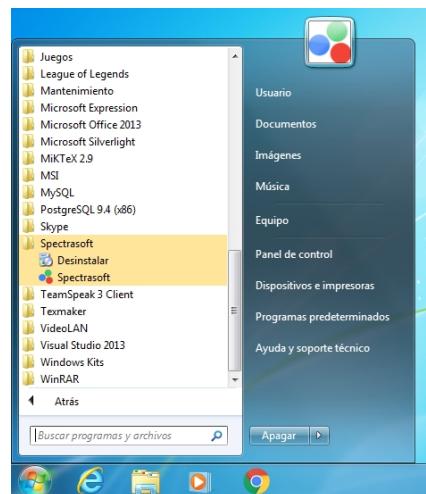


Figura 1.41: Menú del Spectrasoft

Anexo B: Manual de usuario

Introducción

El Spectrasoft es un software de código abierto para el manejo del MiniScan XE Plus, el cual es usado en el diagnóstico de patologías dermatológicas en pacientes. Este software ofrece funciones de gestión de mediciones, historias médicas de pacientes y muestras. La vista principal del Spectrasoft es la mostrada en la figura 2.1.

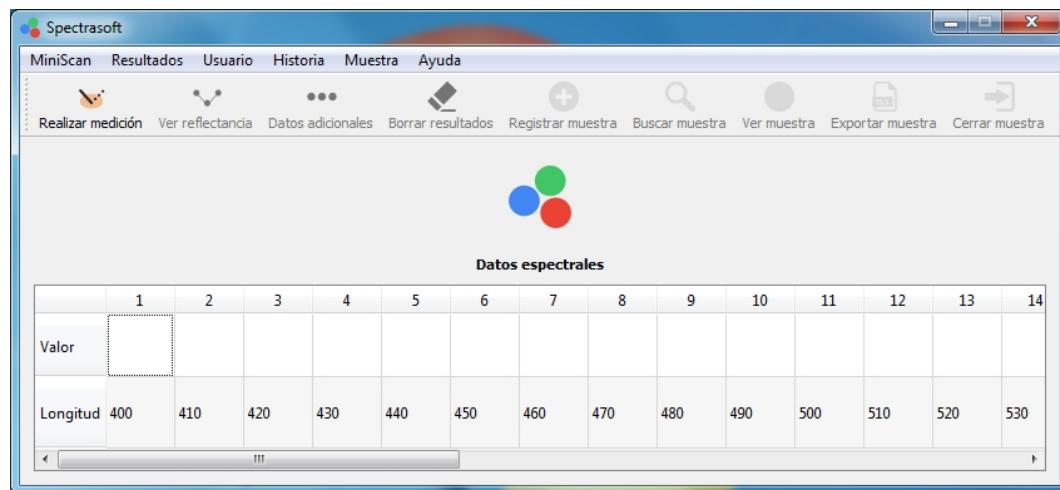


Figura 2.1: Vista principal del Spectrasoft

Permisología de los usuarios

Spectrasoft maneja tres roles de usuario: administradores, dermatólogos e investigadores. Si bien los tres roles comparten acciones comunes que pueden realizar, cada uno tiene permisos diferentes que lo distinguen de los demás. Estos permisos son descritos en la tabla 1.

Tabla 2.1: Permisología de los usuarios

Usuario	Permisos
Administrador	Manejar el MiniScan XE Plus. Registrar, buscar, modificar y eliminar usuarios. Buscar y ver historias médicas de pacientes. Buscar y ver muestras de pacientes.
Dermatólogo	Manejar el MiniScan XE Plus. Registrar, buscar, ver, modificar y eliminar historias médicas de pacientes. Registrar, buscar, ver, modificar y eliminar muestras de pacientes.
Investigador	Manejar el MiniScan XE Plus. Buscar y ver historias médicas de pacientes. Buscar y ver muestras de pacientes.

Es importante destacar que todas las operaciones de registro, modificación y eliminación requieren de la contraseña del usuario responsable de dicha operación.

Manejo del MiniScan XE Plus

Conectar y desconectar

Para conectar o desconectar el MiniScan XE Plus, entre al menú del MiniScan (véase la figura 2.2).



Figura 2.2: Conectar y desconectar MiniScan XE Plus

Calibrar

Entre al menú del Miniscan y seleccione la opción estandarizar. Prepare la trampa negra del Miniscan para su medición y seleccione listo, por último prepare la cerámica blanca para su medición y seleccione listo (véase la figura 2.3).



Figura 2.3: Calibrar el MiniScan XE Plus

Gestión de mediciones

Realizar una medición

Entre al menú del MiniScan, o bien seleccione la opción directamente de la barra de herramientas (véase la figura 2.4).



Figura 2.4: Realizar medición

Consultar resultados de una medición

El menú de los resultados de una medición es ilustrado en la figura 2.5, y todos los resultados son ilustrados desde la figura 2.6 a la figura 2.10.



Figura 2.5: Menú de resultados de una medición

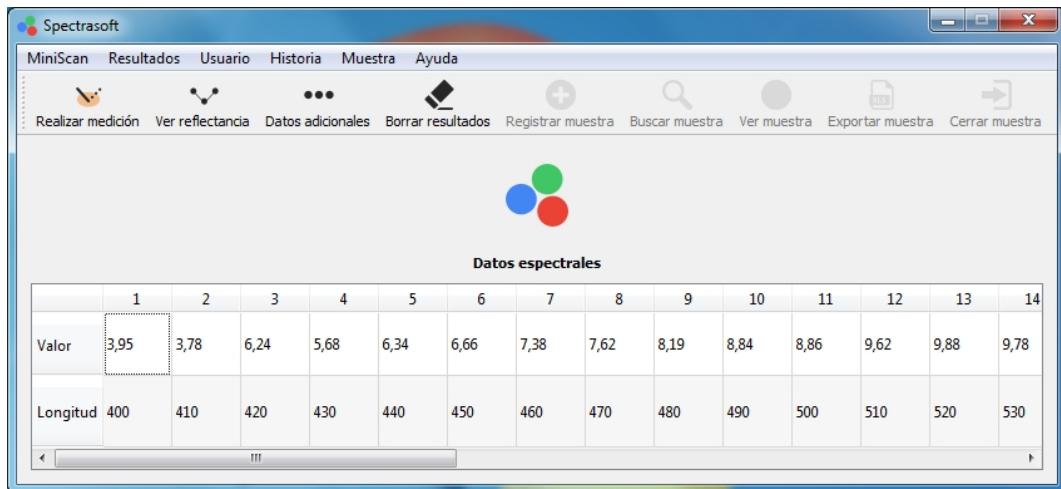


Figura 2.6: Datos espectrales de una medición

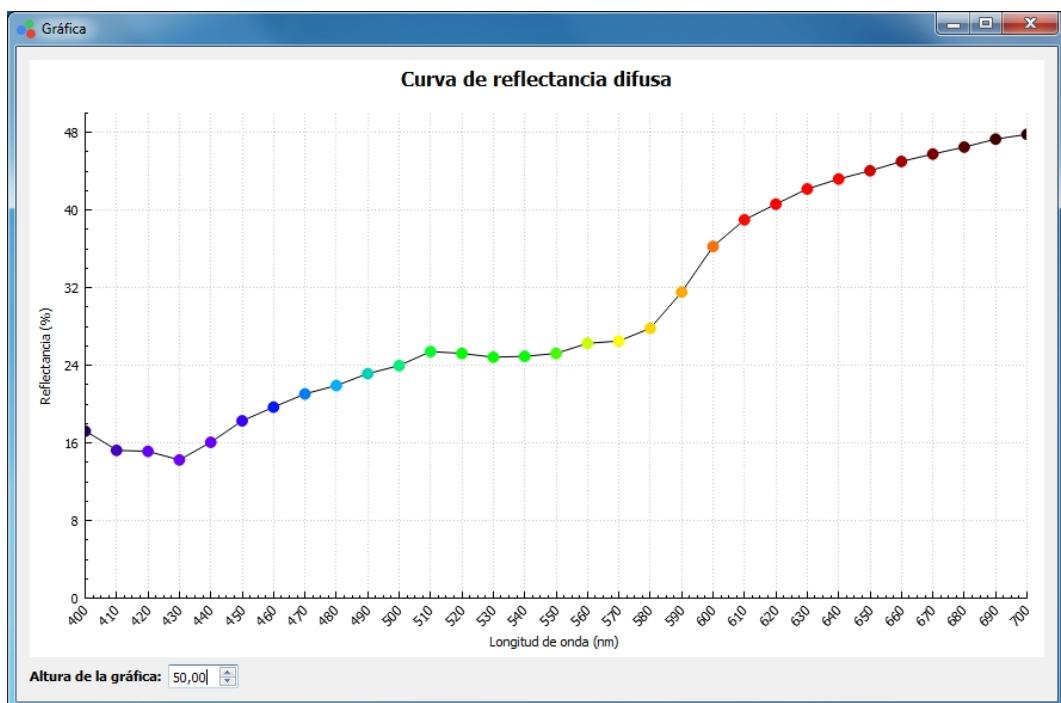


Figura 2.7: Curva de reflectancia de una medición

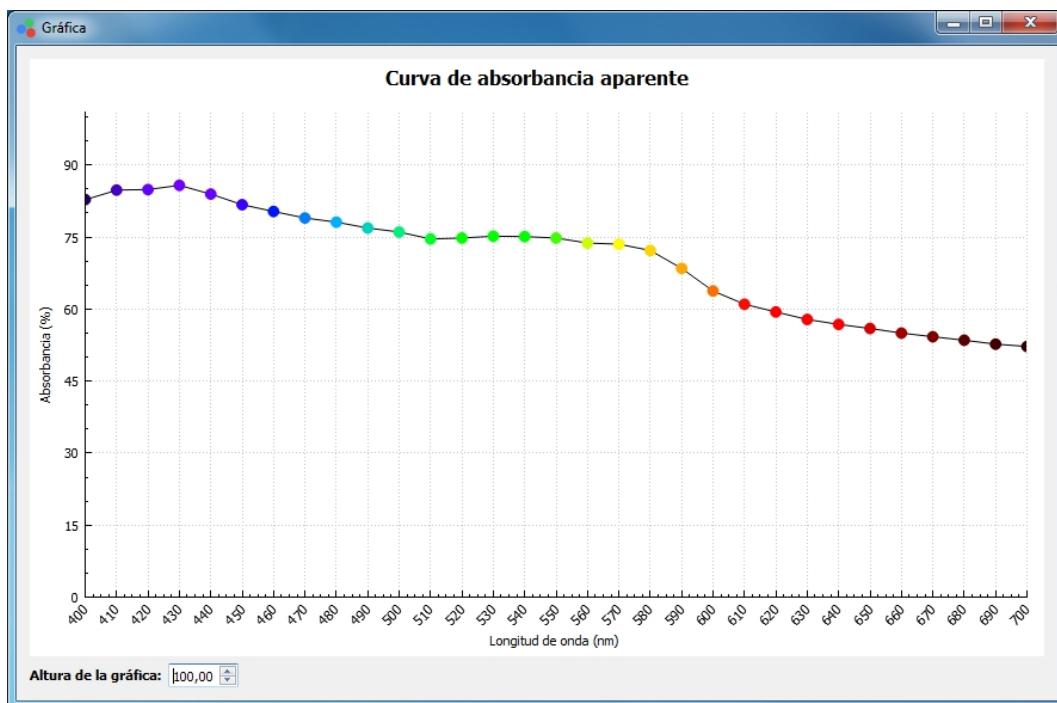


Figura 2.8: Curva de absorbancia de una medición

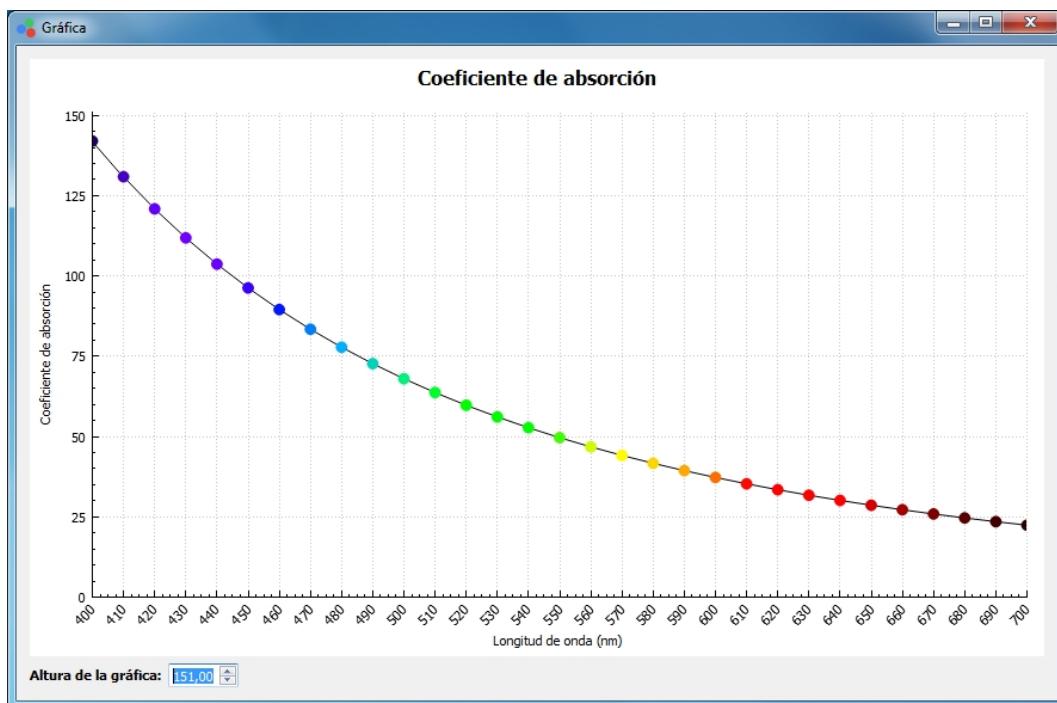


Figura 2.9: Curva de absorción de una medición

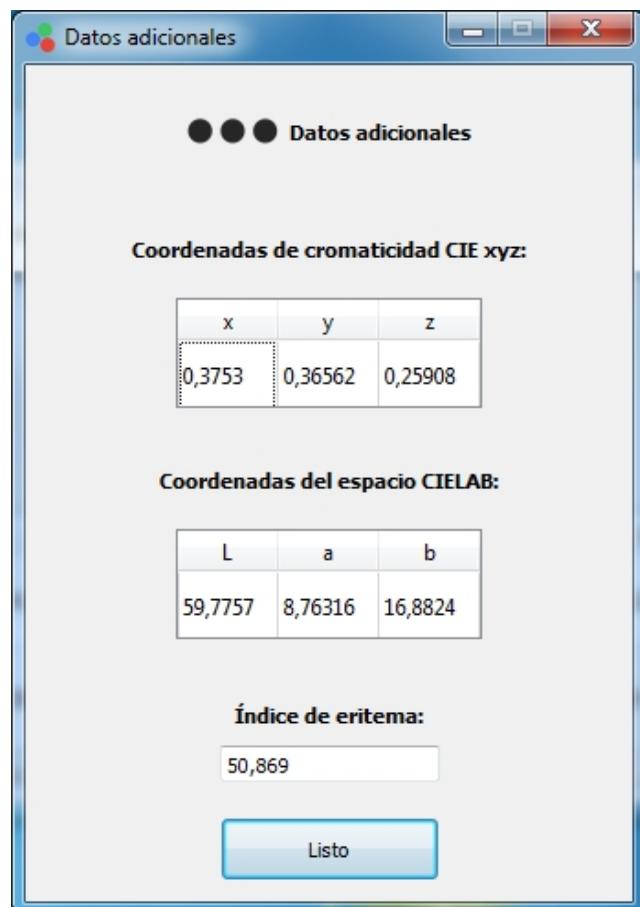


Figura 2.10: Datos adicionales de una medición

Gestión de sesiones

Iniciar sesión

Para iniciar sesión entre al menú de usuario y seleccione la opción iniciar sesión. Debe ingresar su cédula de identidad y su contraseña. Esto es ilustrado en la figura 2.11.

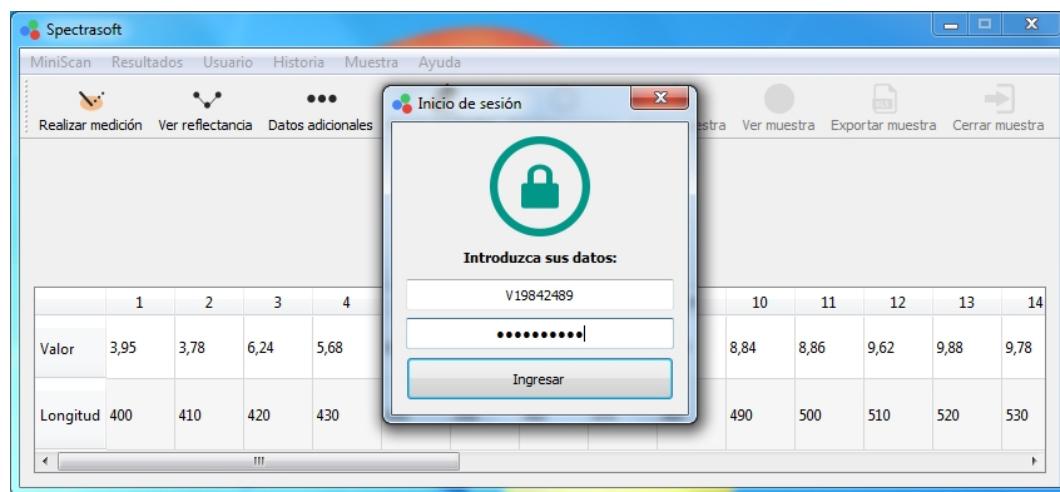


Figura 2.11: Iniciar sesión

Ver información del usuario

Seleccione la opción ver usuario, ubicada en el menú de usuario. El menú de usuario y la ventana de información son ilustrados en las figuras 2.12 y 2.13.

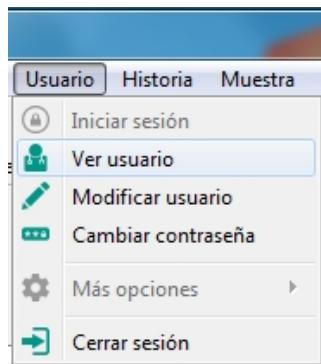


Figura 2.12: Menú de usuario



Figura 2.13: Ver usuario

Modificar información del usuario

Seleccione la opción modificar usuario, ubicada en el menú de usuario. La ventana para modificar el usuario es ilustrada en la figura 2.14.

Cambiar contraseña del usuario

Seleccione la opción cambiar contraseña, ubicada en el menú de usuario. Debe ingresar la contraseña actual del usuario y la nueva contraseña (dos veces) para poder realizar el cambio. La ventana para realizar esta operación se ilustra en la figura 2.15.

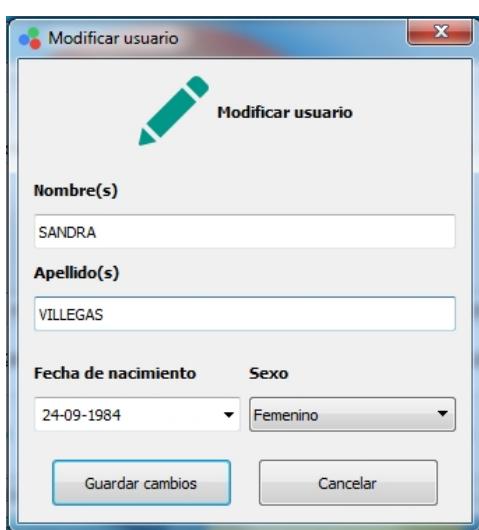


Figura 2.14: Modificar usuario

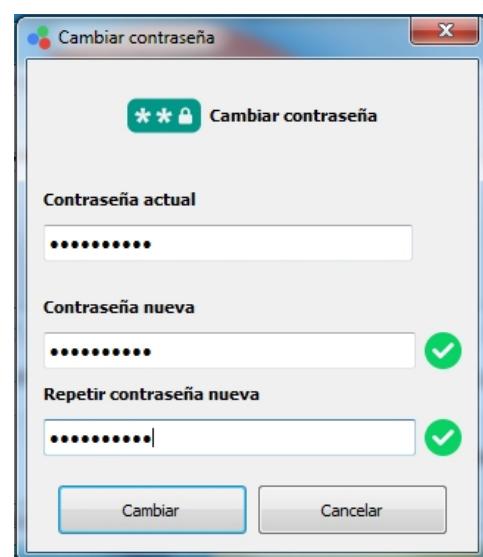


Figura 2.15: Cambiar contraseña

Cerrar sesión

Seleccione la opción cerrar sesión, ubicada en el menú usuario.

Gestión de historias

Registrar historia

Seleccione la opción registrar historia, ubicada en el menú historia. Solo los usuarios dermatólogos pueden registrar una historia médica. El menú de historia y la ventana de registro se ilustran en las figuras 2.16 y 2.17.

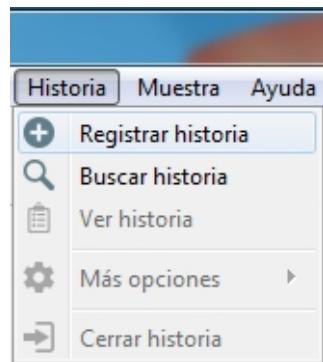


Figura 2.16: Menú historia

A screenshot of a Windows-style dialog box titled 'Registrar historia'. The window has a title bar with a close button ('X'). Inside, there's a large blue circular button with a white plus sign. Below it is the text 'Registrar historia'. The form contains several input fields: 'Nombre(s)' with the value 'JOSE', 'Apellido(s)' with the value 'GUILLERMO', 'Cédula de identidad (opcional)' with a dropdown menu showing 'V' and an empty input field, 'Fecha de nacimiento' with the value '11-10-2010' and a dropdown menu, 'Sexo' with the value 'Masculino' and a dropdown menu, and two buttons at the bottom: 'Registrar historia' (highlighted in blue) and 'Cancelar'.

Figura 2.17: Resgistrar historia

Buscar historia

En el menú de historia, seleccione la opción buscar historia. Esta ventana permite filtrar la búsqueda de historias empleando ciertos criterios. Para abrir la historia, seleccionela en la lista de historias y por último seleccione la opción abrir historia. Esta ventana se ilustra en la figura 2.18.

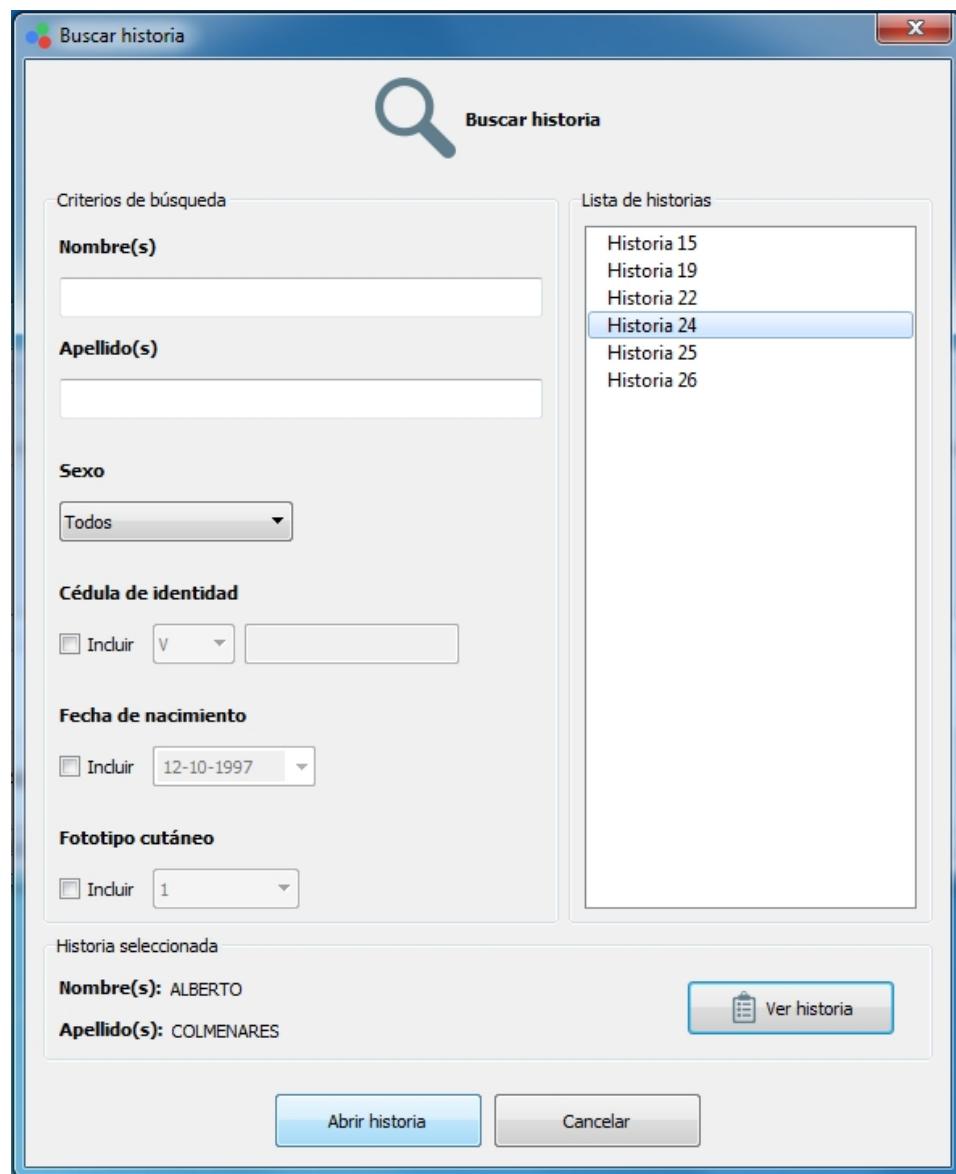


Figura 2.18: Buscar historia

Ver historia

Seleccione la opción ver historia, ubicada en el menú historia. Esta ventana es ilustrada en la figura 2.19.

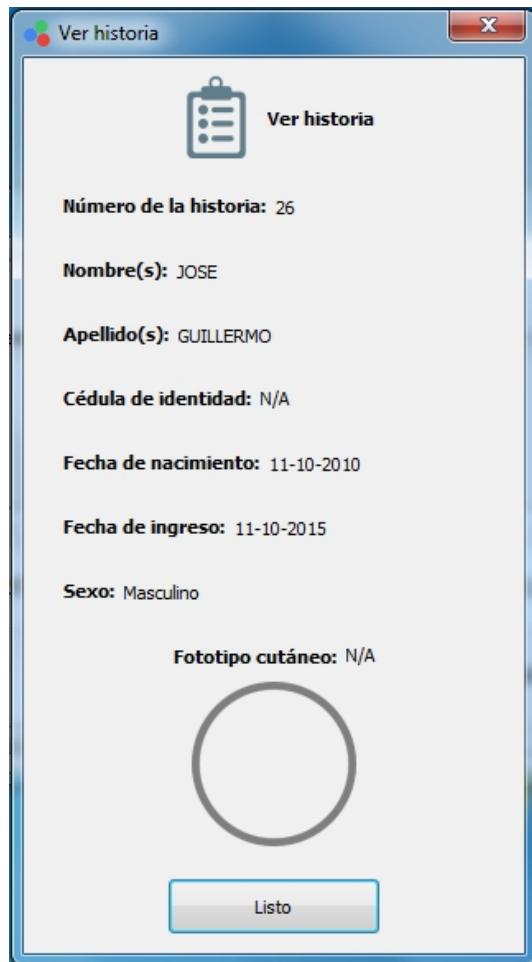


Figura 2.19: Ver historia

Modificar historia

Seleccione la opción modificar historia, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú historia. Esta ventana se ilustra en la figura 2.20.

Eliminar historia

Seleccione la opción eliminar historia, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú historia. Esta ventana se ilustra en la figura 2.21.

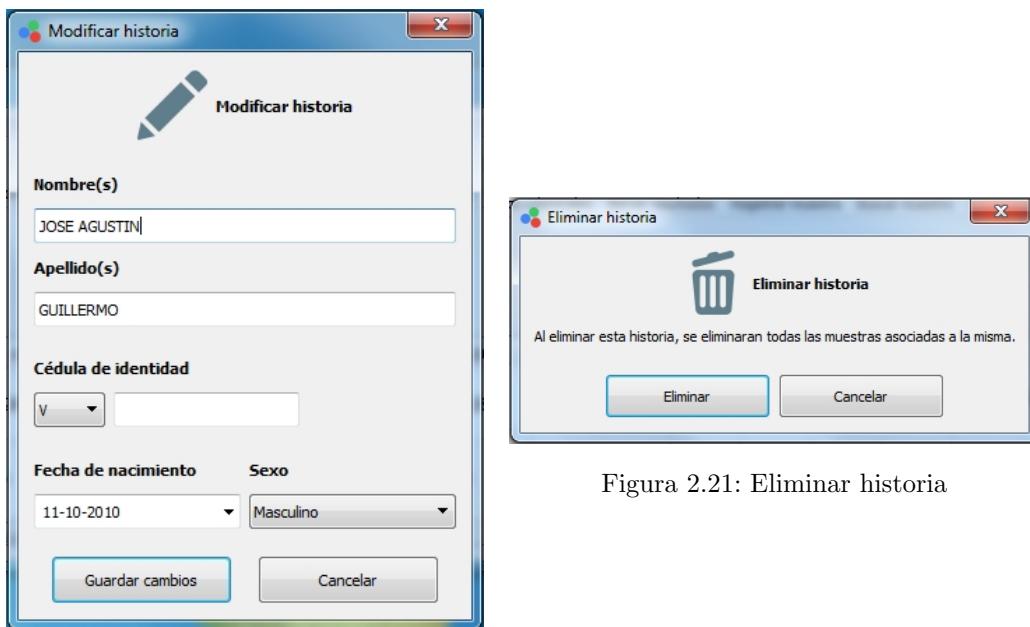


Figura 2.21: Eliminar historia

Figura 2.20: Modificar historia

Cerrar historia

Seleccione la opción cerrar historia, ubicada en el menú historia.

Gestión de muestras

Registrar muestra

Seleccione la opción registrar muestra, ubicada en el menú de muestra (también disponible en la barra de herramientas). En la ventana de registro aparecerán dos tipos de muestra que se pueden registrar, fototipo y lesión. Solo se puede registrar una muestra si el usuario es dermatólogo, si hay una historia médica cargada y si se realizó una medición nueva. El menú muestra y la ventana de tipos de muestra se ilustran en las figuras 2.22 y 2.23.



Figura 2.22: Menú muestra

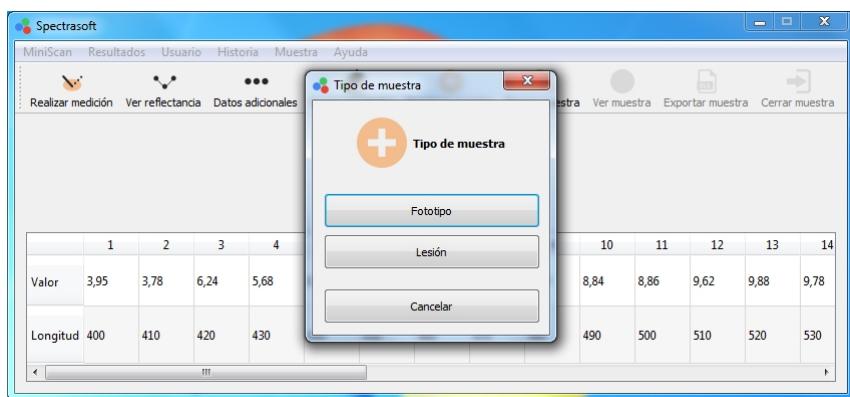


Figura 2.23: Tipos de muestra

Registrar fototipo

En la ventana para registrar un fototipo, debe especificar el área en donde se le está tomando la muestra al paciente, y se debe seleccionar el fototipo, en la opción clasificar fototipo. Esta ventana se puede apreciar en la figura 2.24.

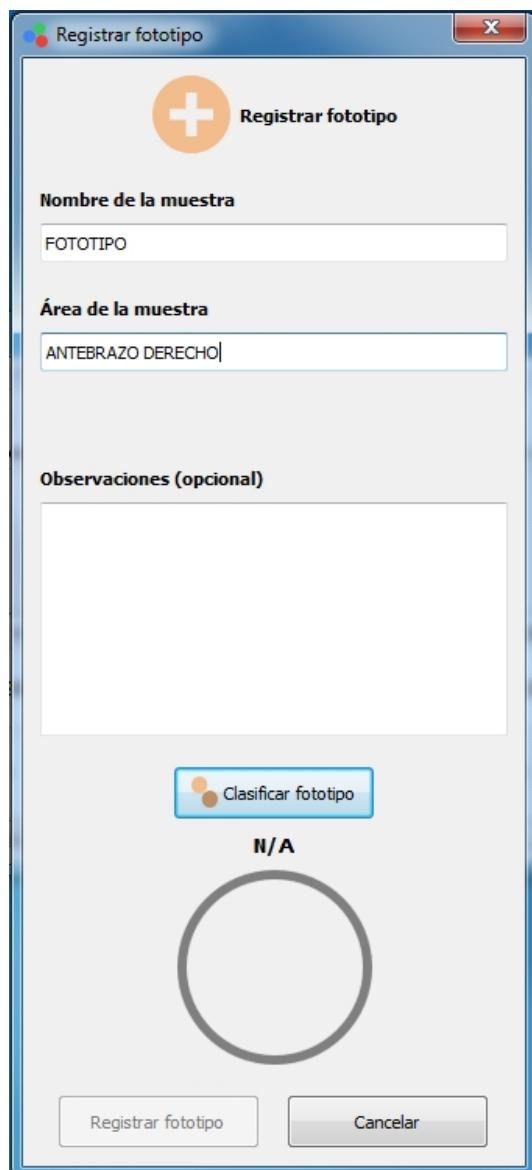


Figura 2.24: Registrar fototipo

En la ventana de clasificación del fototipo aparecerá el fototipo recomendado para la muestra dada, y será necesario elegir el fototipo que se desea registrar. Esto es ilustrado en la figura 2.25.

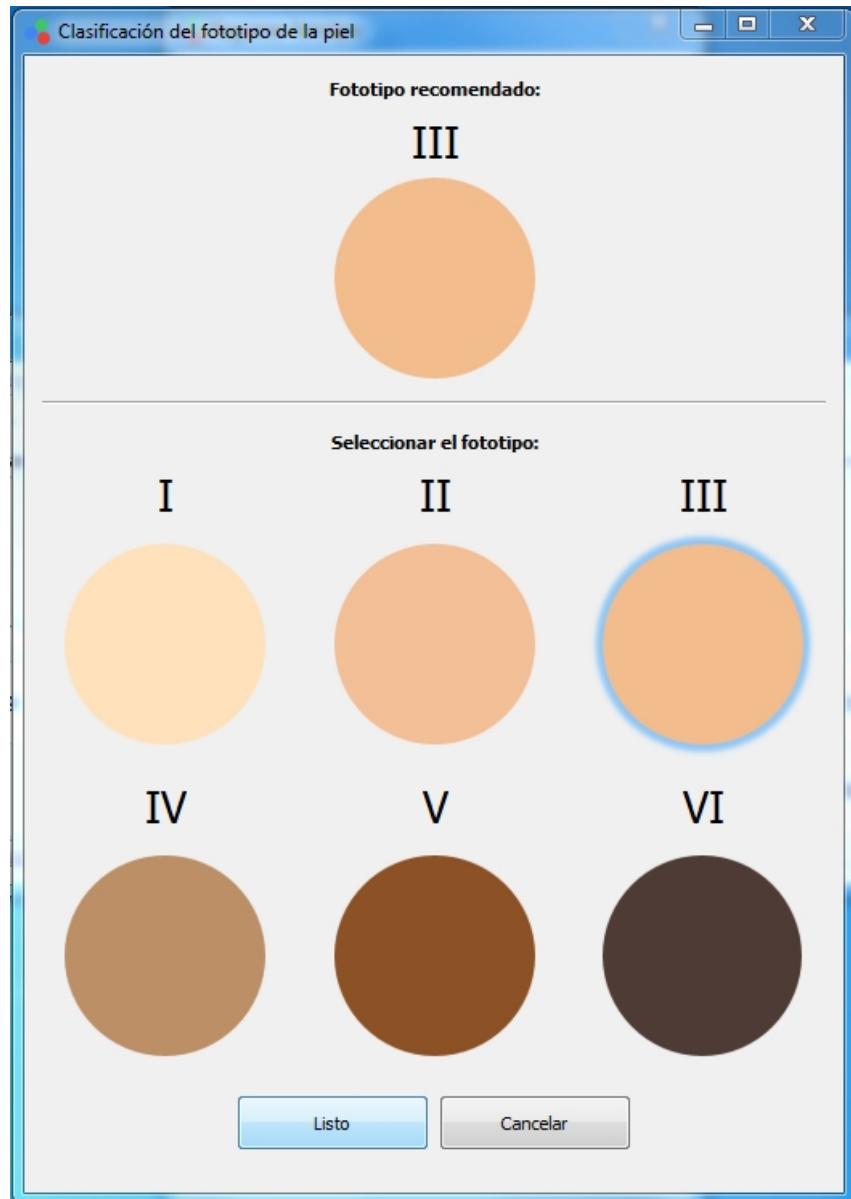


Figura 2.25: Clasificar fototipo

Luego de haber elegido el fototipo, aparecerá la ventana de registro nuevamente, con el fototipo elegido actualizado; por último, seleccione registrar fototipo. Esto es ilustrado en la figura 2.26.

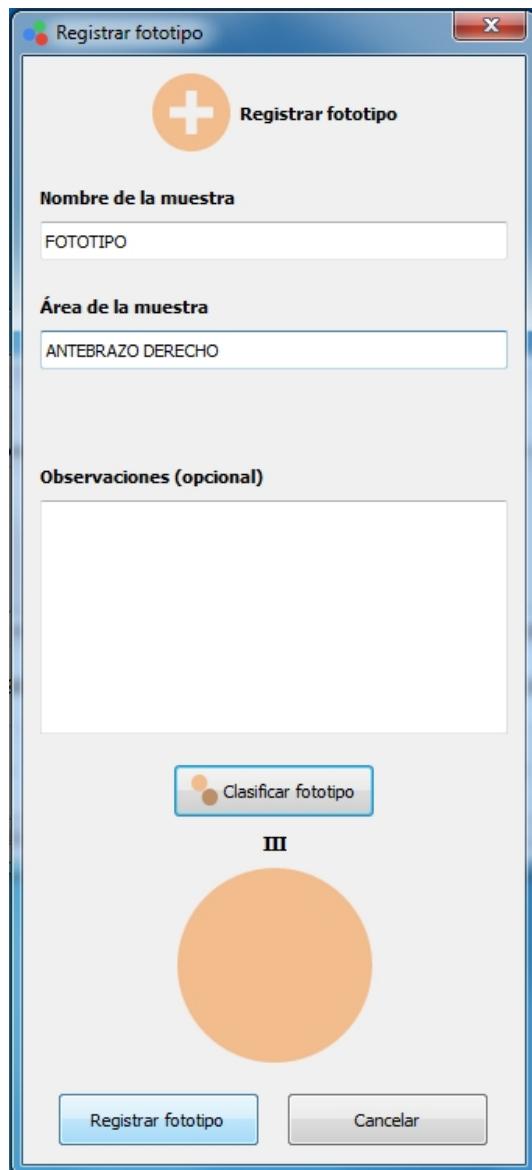


Figura 2.26: Registrar fototipo

Registrar lesión

En la ventana de registrar lesión, debe especificar el nombre de la lesión y el área en donde se está tomando la muestra de la misma. Esta ventana se puede apreciar en la figura 2.27.

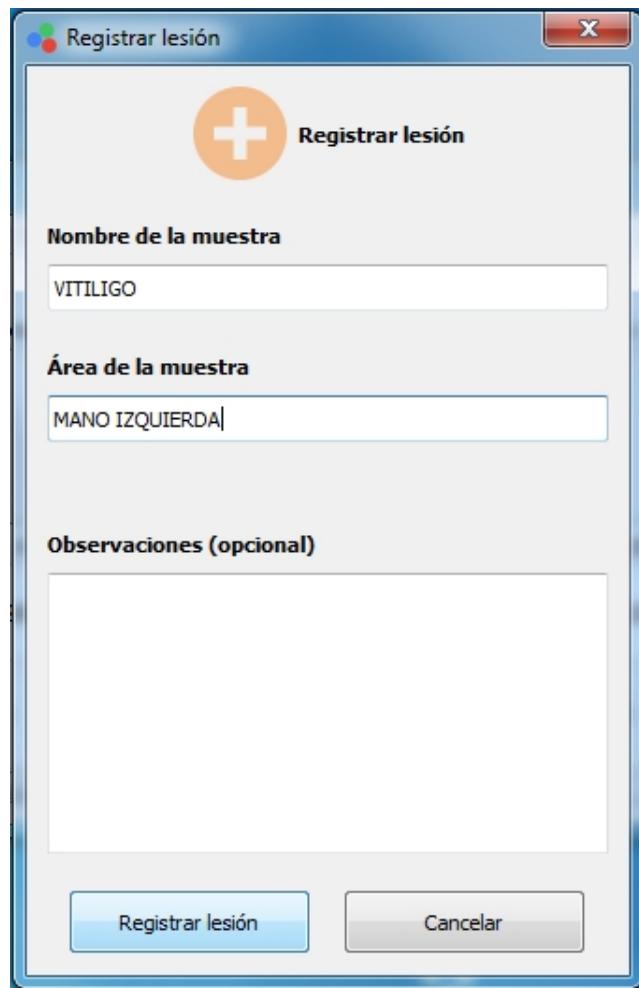


Figura 2.27: Registrar lesión

Buscar muestra

Seleccione la opción buscar muestra, ubicada en el menú de muestra (también disponible en la barra de herramientas). Esta ventana permite filtrar la búsqueda de las muestras pertenecientes a la historia que esté cargada en ese momento, empleando ciertos criterios. Para abrir la muestra, selecciónela en la lista de muestras y por último seleccione la opción abrir muestra. Esta ventana se ilustra en la figura 2.28.

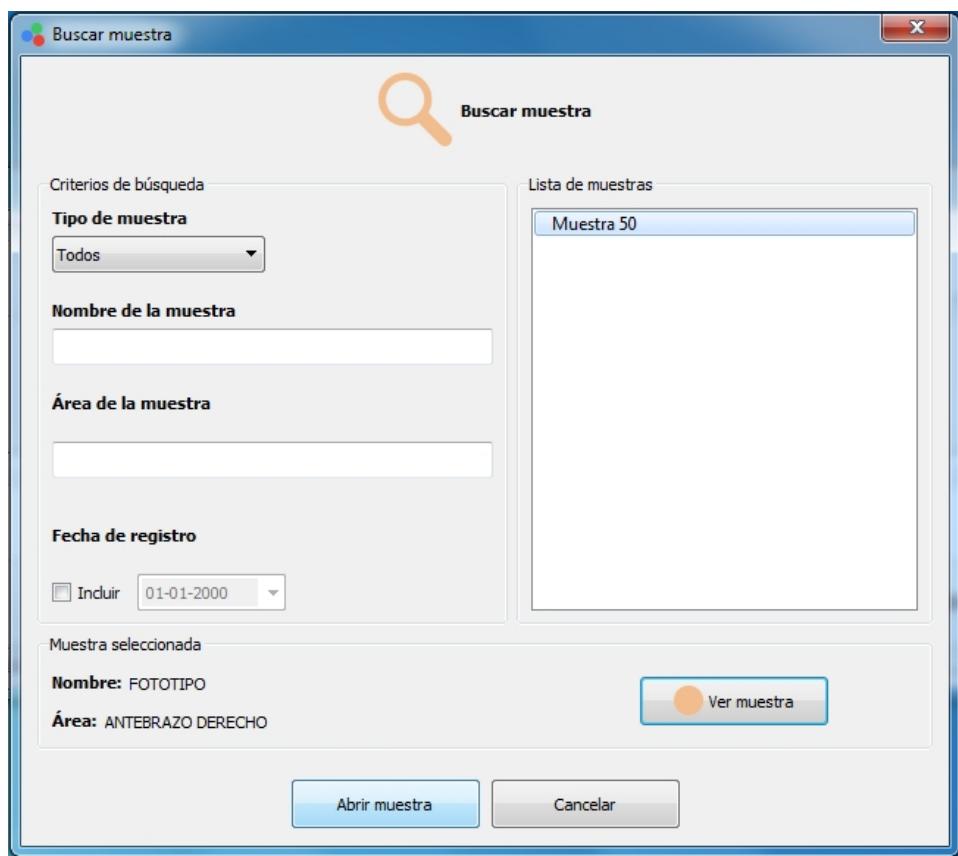


Figura 2.28: Buscar muestra

Ver muestra

Seleccione la opción ver muestra, ubicada en el menú de muestra (también disponible en la barra de herramientas). Esta ventana se ilustra en la figura 2.29.



Figura 2.29: Ver muestra

Exportar muestra

Seleccione la opción exportar muestra, ubicada en el menú de muestra (también disponible en la barra de herramientas). Estas opciones se ilustran en la figura 2.30.

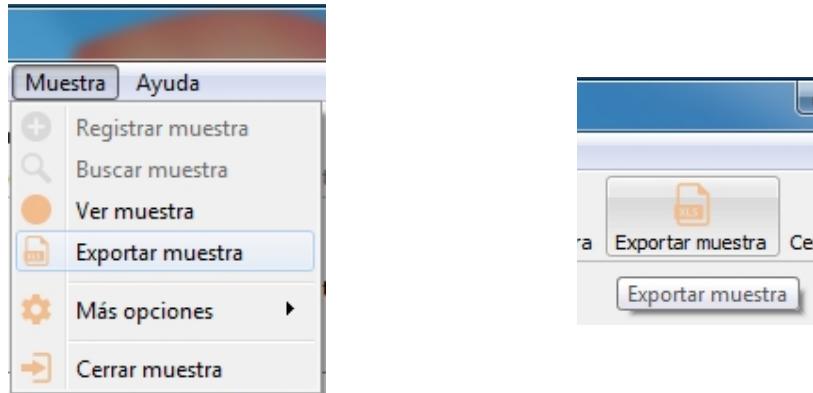


Figura 2.30: Exportar muestra

La muestra se exporta en el escritorio a un archivo .xlsx, que puede abrirse y modificarse con cualquier programa que maneje hojas de cálculo.

Modificar muestra

Seleccione la opción modificar muestra, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú muestra. Esta ventana se ilustra en la figura 2.31.

Eliminar muestra

Seleccione la opción eliminar muestra, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú muestra. Esta ventana se ilustra en la figura 2.32.

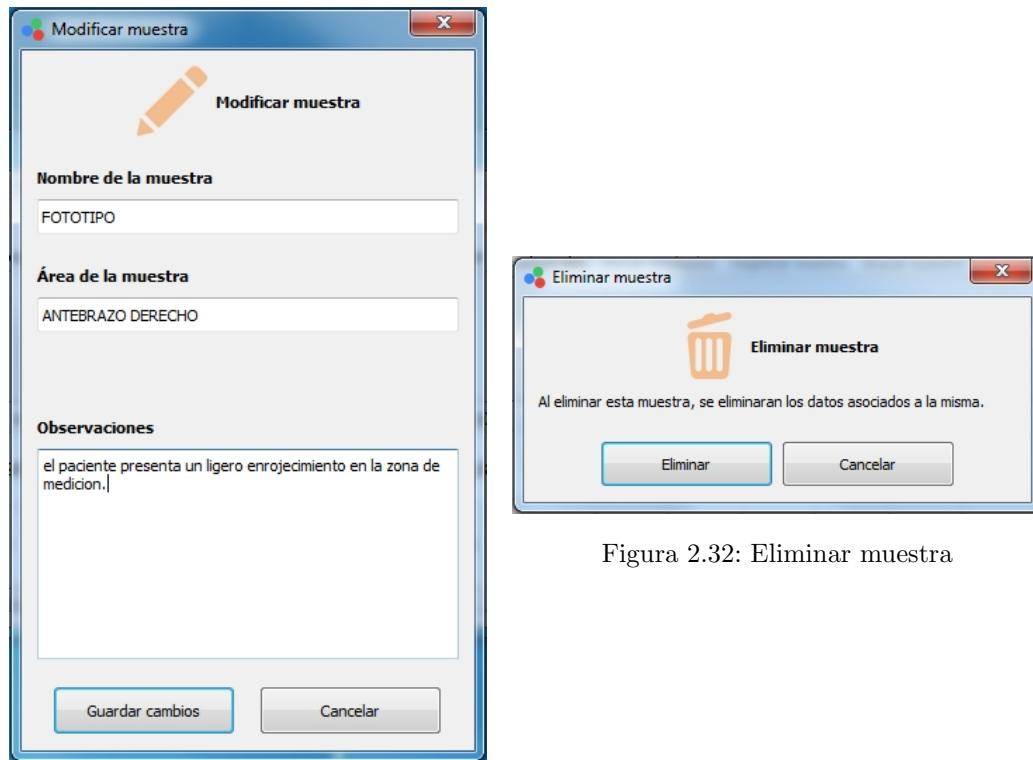


Figura 2.31: Modificar muestra

Figura 2.32: Eliminar muestra

Cerrar muestra

Seleccione la opción cerrar muestra, ubicada en el menú muestra.

Gestión de usuarios

Registrar usuario

Seleccione la opción registrar usuario, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú usuario. Esta ventana es ilustrada en la figura 2.33.

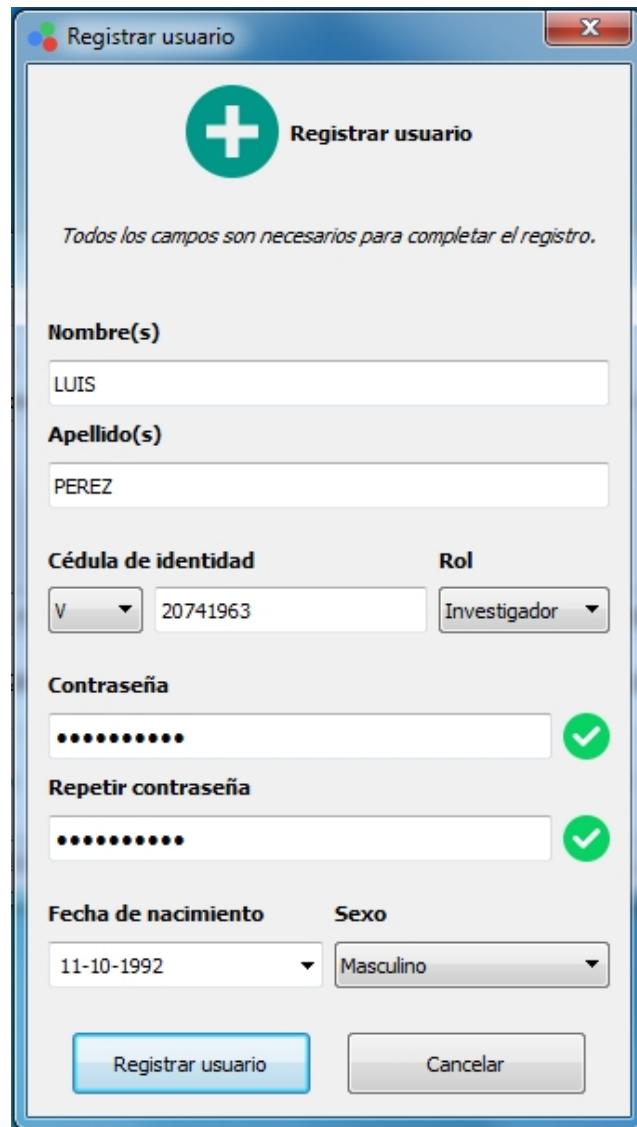


Figura 2.33: Registrar usuario

Administrar usuarios

Seleccione la opción administrar usuarios, ubicada en el submenú más opciones, dentro del menú usuario. Administrar usuarios permite cambiar sus roles, cambiar sus contraseñas y eliminarlos. Esta ventana es ilustrada en la figura 2.34.

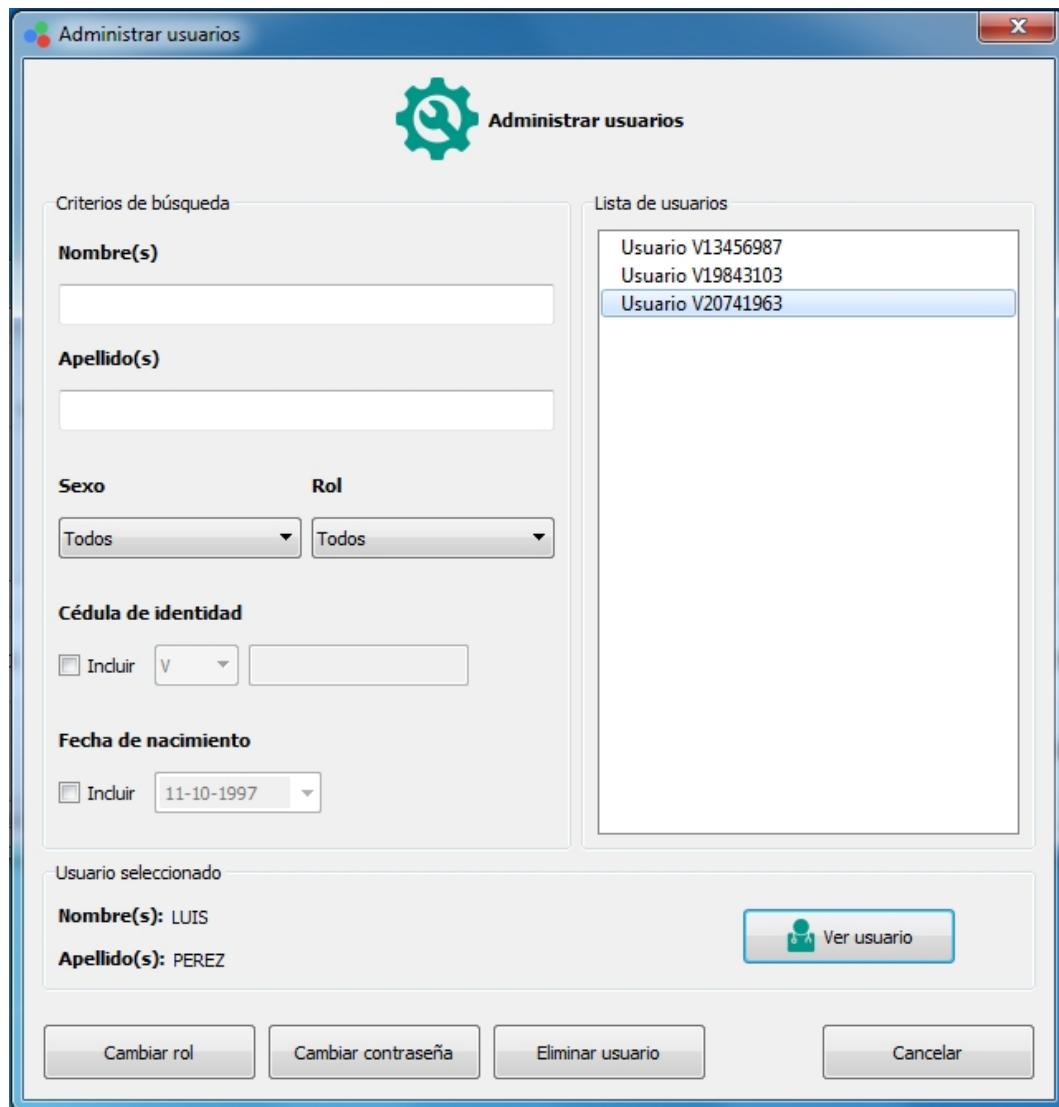


Figura 2.34: Administrar usuarios

Cambiar rol

Una vez haya seleccionado un usuario de la lista de usuarios, seleccione la opción cambiar rol. Esta ventana es ilustrada en la figura 2.35.

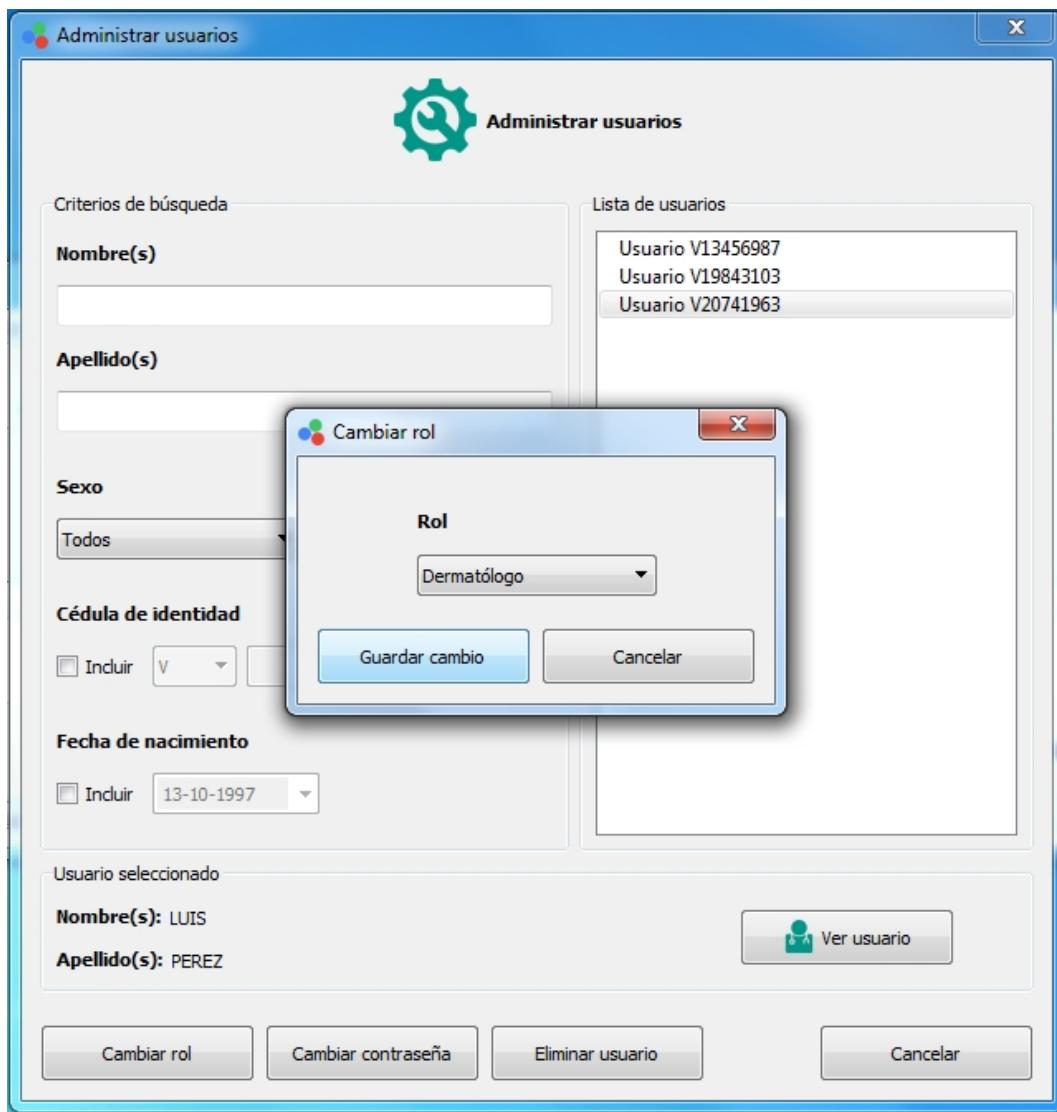


Figura 2.35: Cambiar rol

Cambiar contraseña

Una vez haya seleccionado un usuario de la lista de usuarios, seleccione la opción cambiar contraseña. Esta opción requiere de la contraseña del administrador que este realizando la operación, y de la nueva contraseña para el usuario. Esto es ilustrado en la figura 2.36.

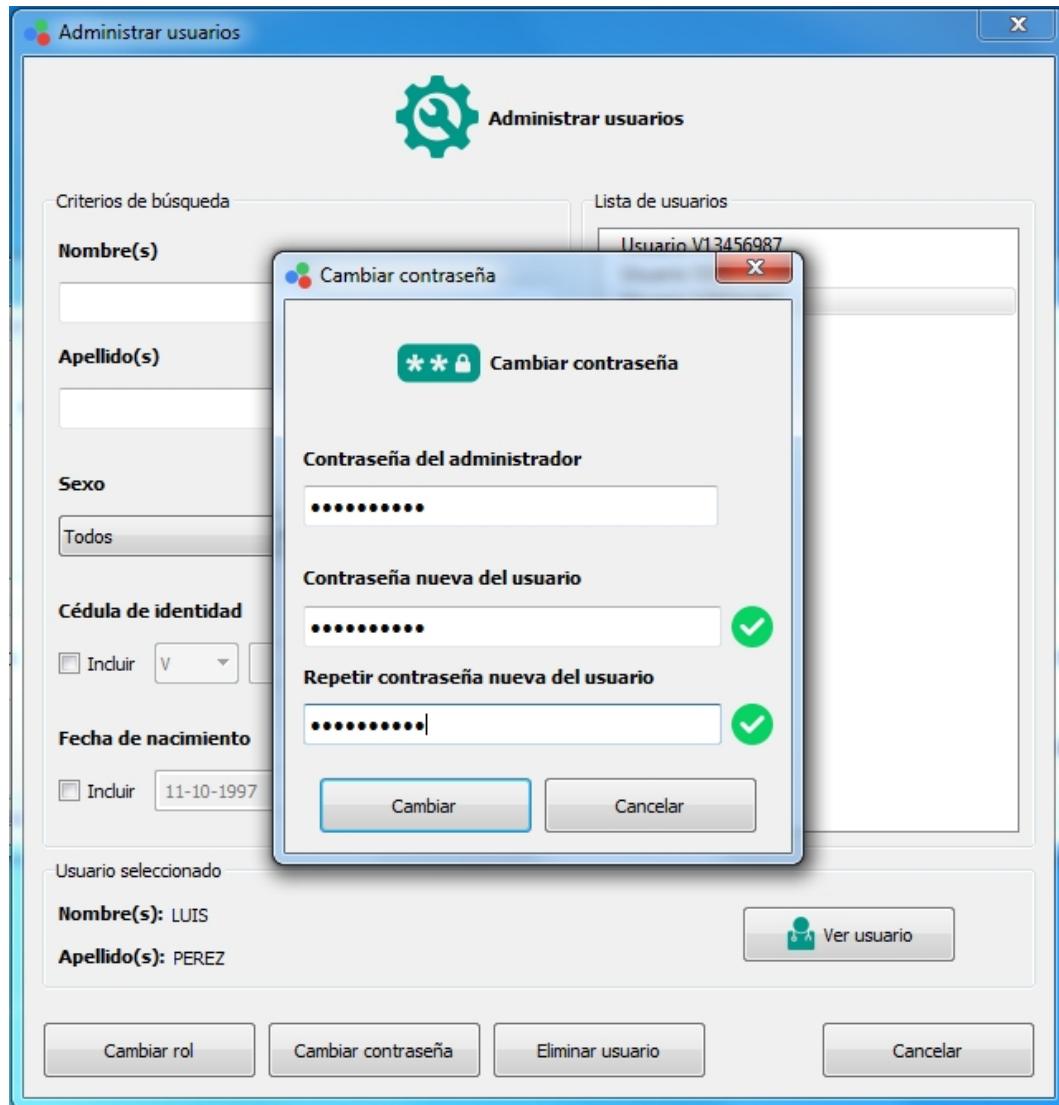


Figura 2.36: Cambiar contraseña

Eliminar usuario

Una vez haya seleccionado un usuario de la lista de usuarios, seleccione la opción eliminar usuario. Esta opción solo se puede realizar con usuarios que no sean administradores. Esta opción es ilustrada en la figura 2.37.

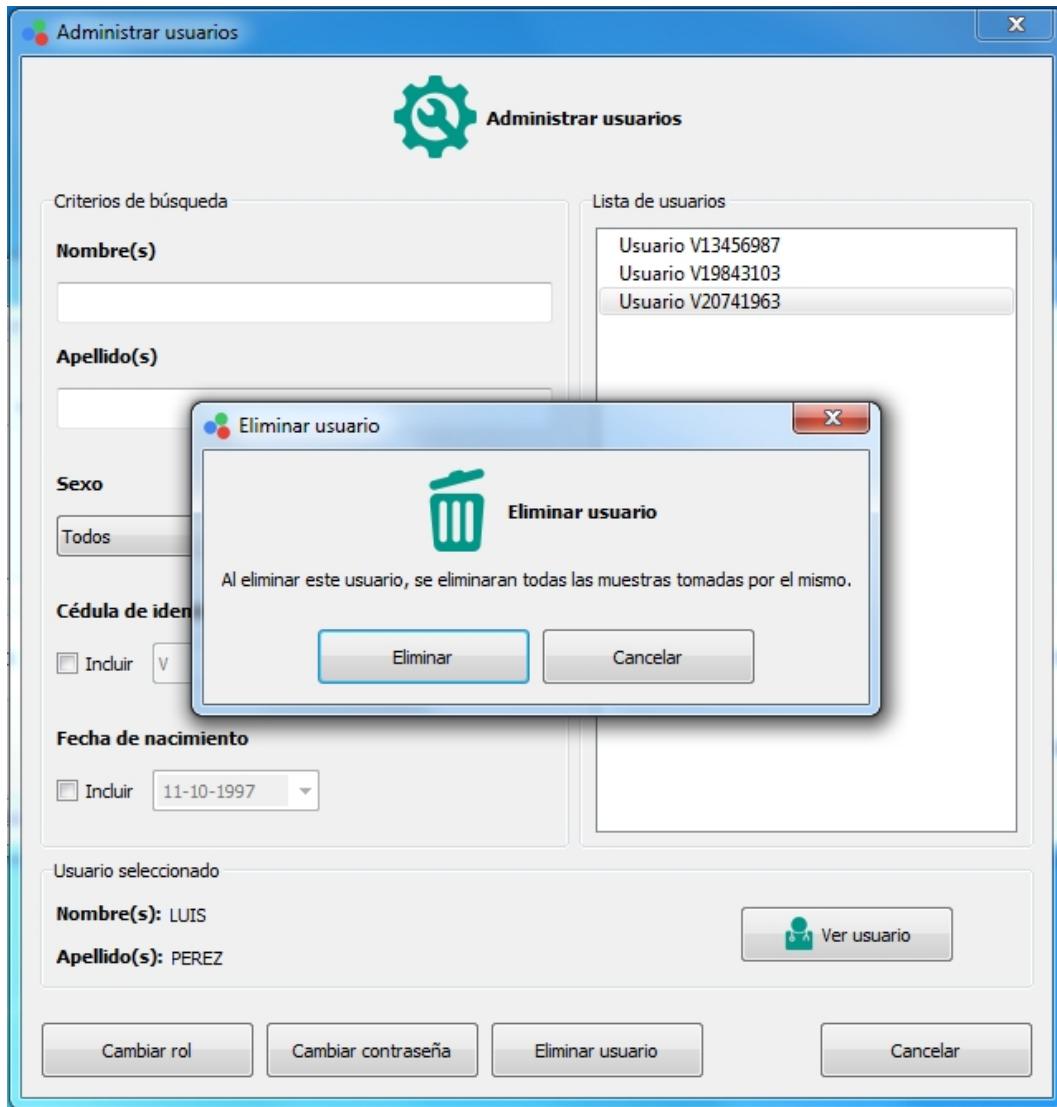


Figura 2.37: Eliminar usuario