



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
DR. ISMAEL COSÍO VILLEGAS.**

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA LAS  
DIFERENTES ECUACIONES DE REFERENCIA EN  
FISIOLOGÍA RESPIRATORIA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN  
NEUMOLOGÍA PEDIÁTRICA**

**PRESENTA**

**JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ ZAMORA**

**TUTOR: DRA. LAURA GRACIELA GOCHICOA RANGEL**

**MEXICO, D.F.**

**OCTUBRE 2014**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AUTORIZACIONES**

**Dr. Juan Carlos Vázquez García**  
**Dirección de Enseñanza**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Dra. Margarita Fernández Vega**  
**Subdirectora de Enseñanza**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Dr. Luis Torre Bouscoulet**  
**Jefe del departamento de Investigación**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Dr. Alejandro Alejandro García**  
**Jefe del Departamento de Neumología Pediátrica**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Dr. Laura Graciela Gochicoa Rangel.**  
**Jefe del Departamento de Fisiología Respiratoria**  
**Tutora Principal**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

## **COLABORADORES**

**Isabel Sada Ovalle**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Luis Torre-Bouscoulet**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

**Silvia Cid Juárez**  
**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”.**

## **DEDICATORIA**

**A Dios quien nunca me ha abandonado.**

**A mi familia, sin referirme en especial a alguien, ya que tanto mis padres como mi hermana, han estado junto a mi durante todo este largo trayecto.**

**A Geo, por estar a mi lado incondicionalmente en buenos y malos momentos.**

**A mis pacientes, que nunca dejaron de enseñarme.**

**A la Dra. Laura Gochicoa por su dedicación y esfuerzo para hacer realidad este proyecto.**

## INDICE

RESUMEN .....	6
ANTECEDENTES .....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
JUSTIFICACION .....	12
OBJETIVOS.....	13
METODOS.....	14
Lugar del estudio: .....	14
Descripción del estudio:.....	14
Procedimiento del estudio .....	14
Logística.....	15
Consideraciones éticas.....	15
Cronograma.....	15
RESULTADOS .....	16
<u>DISCUSION</u> .....	24
CONCLUSION .....	25
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	26

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** Las pruebas de función pulmonar son estudios que contribuyen en el diagnóstico, pronóstico, evolución y respuesta terapéutica de las distintas patologías respiratorias; se pueden clasificar en pruebas de mecánica de la respiración, pruebas de intercambio gaseoso, pruebas de ejercicio y pruebas del control de la respiración. Hoy en día existen diferentes valores de referencia para cada una de estas pruebas; las cuales han sido realizadas en distintas regiones y en pacientes de distintas edades. Los valores de referencia sirven para poder comparar los resultados de un paciente y estos pueden variar de acuerdo a la etnia, la edad, el peso y la talla. En México, se cuenta con algunos de estos valores de referencia principalmente para pruebas mecánicas, desafortunadamente carecemos de valores para todas las pruebas.

El desarrollo de una aplicación que permita contar con valores de referencia más adecuados así como el cálculo del límite inferior y superior de la normalidad podrá hacer más rápida la atención a los pacientes, y facilitará la interpretación de las pruebas.

**OBJETIVOS:** 1) Desarrollar una aplicación para la obtención de valores de referencia para los diferentes estudios de función respiratoria; 2) vincular de forma sistemática los resultados obtenidos en una base de datos; 3) difundir la aplicación con la comunidad médica.

**METODOLOGIA:** 1) se realizó un listado de las pruebas de función respiratoria que son más utilizadas dentro de la práctica clínica, divididas en pruebas de mecánica respiratorias, intercambio gaseoso, de ejercicio, y de control ventilatorio. 2), se realizó una búsqueda en las principales bases de datos para obtener las ecuaciones de referencia. 3) Se eligieron las ecuaciones que de acuerdo a la edad, grupo étnico y número de pacientes incluidos sea más conveniente para nuestra población. 4) Se integró una base de datos para la creación de un software que permita al usuario conocer el límite inferior de la normalidad y el porcentaje de predicho en el cual se encuentra el paciente. 5) Se incluyó un área que almacene la base de datos de los pacientes.

La aplicación es desarrollada por un Ingeniero en Informática con experiencia en la generación de aplicación para teléfonos inteligentes y tabletas. Una vez realizada la aplicación, el siguiente paso es un período de prueba de 30 días, al final del cual se analizará la correcta generación de la base de datos automatizada, y la verificación de forma aleatoria el 10% de las pruebas para probar que se esté generando el adecuado cálculo del valor de referencia, su porcentaje de predicho y el límite inferior de la normalidad.

**RESULTADOS:** Se logro el desarrollo de la aplicación para las distintas distintas ecuaciones de referencia en fisiología respiratoria, quedando habilitada hasta el momento la prueba de espirometría en su totalidad con 4 distintas ecuaciones de referencia. Se probó la misma, resultando funcional y acorde a las interpretaciones que se hacen por parte del personal del departamento de fisiología respiratoria.

**CONCLUSIONES:** Se realizó una aplicación para teléfonos inteligentes y tablets, en la cual se pueden registrar distintas pruebas de fisiología respiratoria, tanto para ir obteniendo una base de datos conforme se vaya usando, así como para facilitar una aproximación diagnóstica a médicos que no estan familiarizados con estas pruebas.



## **ANTECEDENTES**

Las pruebas de función pulmonar son estudios que contribuyen en el diagnóstico, pronóstico, evolución y respuesta terapéutica de las distintas patologías respiratorias que afectan al individuo [1]

La mayoría de las pruebas de función pulmonar que se utilizan habitualmente en el adulto pueden ser realizadas en niños mayores de seis años, ya que a esta edad es cuando generalmente se alcanza el nivel de comprensión y coordinación necesarias para efectuarlas. Para los lactantes y preescolares, se cuenta con estudios no invasivos ni dependientes del esfuerzo. Se ha demostrado que pruebas como la espirometría, pueden ser realizadas en forma aceptable y reproducible en preescolares, siempre y cuando se adapten los parámetros de aceptabilidad a este grupo etario [1] [2] [3] [4].

Los niños en edad preescolar, entre los 3 y los 6 años, representan uno de los mayores desafíos de la medición de la función pulmonar, ya que no tienen la capacidad de comprender y coordinar como los niños mayores, para cumplir con los requisitos de aceptabilidad y reproducibilidad que están estandarizados internacionalmente [5].

Las pruebas de función respiratoria se pueden clasificar en pruebas de mecánica de la respiración, pruebas de intercambio gaseoso, pruebas de ejercicio (que exploran de manera integrada, tanto aspectos de la mecánica respiratoria como del intercambio de gases) y pruebas del control de la respiración [6] [7].

La decisión de cuál prueba debe ser realizada depende de la sospecha clínica [7].

Las pruebas que con mayor frecuencia se utilizan para evaluar la mecánica de la respiración son la espirometría, pletismografía corporal, oscilometría de impulso, pruebas de reto bronquial, así como la flujometría mecánica o digital.

Las pruebas de intercambio gaseoso son la difusión pulmonar de monóxido de carbono (DLCO), gasometría (usualmente arterial) y oximetría de pulso.

Las pruebas de ejercicio permiten analizar la respuesta integrada del organismo (respuesta respiratoria, cardiovascular, metabólica, musculoesquelética y neurosensorial) a una situación de estrés; incluyen: prueba cardiopulmonar de ejercicio (PCPE) en protocolo incremental o de carga constante, prueba de caminata de 6 minutos (C6M), prueba de distancia corta y prueba del escalón, entre otras.

Las pruebas del control respiratorio son rara vez necesarias y son principalmente utilizadas con fines de investigación [7] [8].

Hoy en día existen diferentes valores de referencia para cada una de las pruebas comentadas; las cuales han sido realizadas en distintas regiones y en pacientes de distintas edades. Como en cualquier otra prueba diagnóstica, los valores de referencia sirven para poder comparar los resultados de un paciente, en fisiología respiratoria, estos valores pueden variar de acuerdo a la población que se esté evaluando, ya que se ha visto que la etnia, la edad, el peso, la talla, son factores que determinan los resultados de cada una de las pruebas [9] [10]

Existen valores predichos para distintas pruebas, los cuales fueron ya descritos en estudios previos, entre los cuales se encuentran por ejemplo para espirometría las ecuaciones del Dr. Pérez Padilla [11], NHANES III [12], EMPECE [13] y Estudio Platino [14], los cuales abarcan distintas edades entre ellos, aunque no realizados todos en población Mexicana. En México, se cuenta con algunos de estos valores de referencia principalmente para pruebas mecánicas, pero desafortunadamente carecemos de valores para todas las pruebas y para todas las edades.

Los teléfonos inteligentes son poderosas herramientas que ofrecen tanto oportunidades de cómputo y comunicación que pueden ser aprovechados para el beneficio de la asistencia sanitaria. El reciente aumento de la adopción de estos aparatos con alta calidad ha llevado a la proliferación de las muchas aplicaciones como por ejemplo de detección de trastornos del sueño y propone posibles avances para mejorar los enfoques de cribado [15]. Se considera actualmente que hasta más del 70% de la población cuenta con un teléfono inteligente y más del 75% del personal médico cuentan con ellos [16]

Se han descrito distintos usos de las aplicaciones que se pueden desarrollar, tanto para teléfonos inteligentes como tablets, por ejemplo la desarrollada en 2008 para mejorar la rehabilitación pulmonar en pacientes con EPOC [17]. Otro desarrollo previos consiste en el publicaso por la Asociación Americana del Corazón ( American Heart Association ), la cual consiste en transmitir de manera inalámbrica información de pacientes con ictus prehospitalario de manera inmediata a personal capacitado para dar instrucciones en su tratamiento [18]. Un tercer ejemplo es un posible uso para el área quirúrgica, donde se pretende que personal aprenda técnicas nuevas paso a paso mediante una aplicación [16] [19].

El ideal al realizar una aplicación para un teléfono inteligente, es que este regulada y supervisada por una institución que pueda avalar la funcionalidad de la misma [16].

En este trabajo se pretende realizar una aplicación interactiva, en la cual se pueda acceder a los valores de referencia para cada prueba, tomando cifras obtenidas en nuestro país, y en su defecto, de no contar con valores obtenidos dentro del mismo, se tomarán de alguna población con características similares a la nuestra

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Al tratarse de un estudio exploratorio, cuya naturaleza es la generación de una aplicación, no se requiere de una hipótesis, sin embargo, consideramos que la aplicación desarrollada será de utilidad en condiciones rutinarias del Laboratorio de Fisiología respiratoria, así como para uso de médicos que no estén familiarizados con dichas pruebas de función respiratoria.

## **JUSTIFICACION**

La realización de una aplicación interactiva, tanto para teléfonos móviles y tablets, podría facilitar sustancialmente la obtención de datos para tener valores de referencia de distintas pruebas de fisiología respiratoria, así como facilitar la sospecha de distintas patologías en médicos no familiarizados con las pruebas.

## **OBJETIVOS**

- 1.Desarrollar una aplicación para la obtención de valores de referencia para los diferentes estudios de función respiratoria.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.Vincular de forma sistemática los resultados obtenidos en una base de datos
- 2.Difundir la aplicación con la comunidad médica, para su uso tanto de personal familiarizado con las pruebas de función respiratoria, como el que no lo esta.

## **METODOS**

### **a) Lugar del estudio:**

Laboratorio de Función Respiratoria del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas"

### **b) Descripción del estudio:**

Se realizó un listado de las principales pruebas de función respiratoria utilizadas en la práctica clínica, y posteriormente se hizo una búsqueda de todas las ecuaciones de referencia existentes para estos estudios, para así poder integrarlas en la aplicación.

### **c) Procedimientos del estudio:**

- 1) Realizar un listado de las pruebas de función respiratoria que son más utilizadas dentro de la práctica clínica, divididas en pruebas de mecánica respiratorias, intercambio gaseoso, de ejercicio, y de control ventilatorio.
- 2), Realizar una búsqueda en las principales bases de datos para obtener las ecuaciones de referencia de cada una de las pruebas mencionadas.
- 3) Se eligieron las ecuaciones que de acuerdo a la edad, grupo étnico y número de pacientes incluidos sea más conveniente para nuestra población.
- 4) Se inició la creación de un software que permita al usuario conocer el límite inferior de la normalidad y el porcentaje de predicho en el cual se encuentra el paciente.
- 5) Se incluyó un área que almacene la base de datos de los pacientes.

#### d) Logística:

Se cuenta con aprobación por parte del comité de ética del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

#### e) Consideraciones éticas

La realización de esta aplicación no conlleva ningún problema ético debido a que se trata de desarrollo tecnológico. Los datos provenientes de los pacientes serán confidenciales y quedarán bajo resguardo del investigador principal. Los equipos de cómputo que se utilicen durante este estudio son propiedad del instituto y permanecerán en todo momento dentro de las instalaciones del mismo.

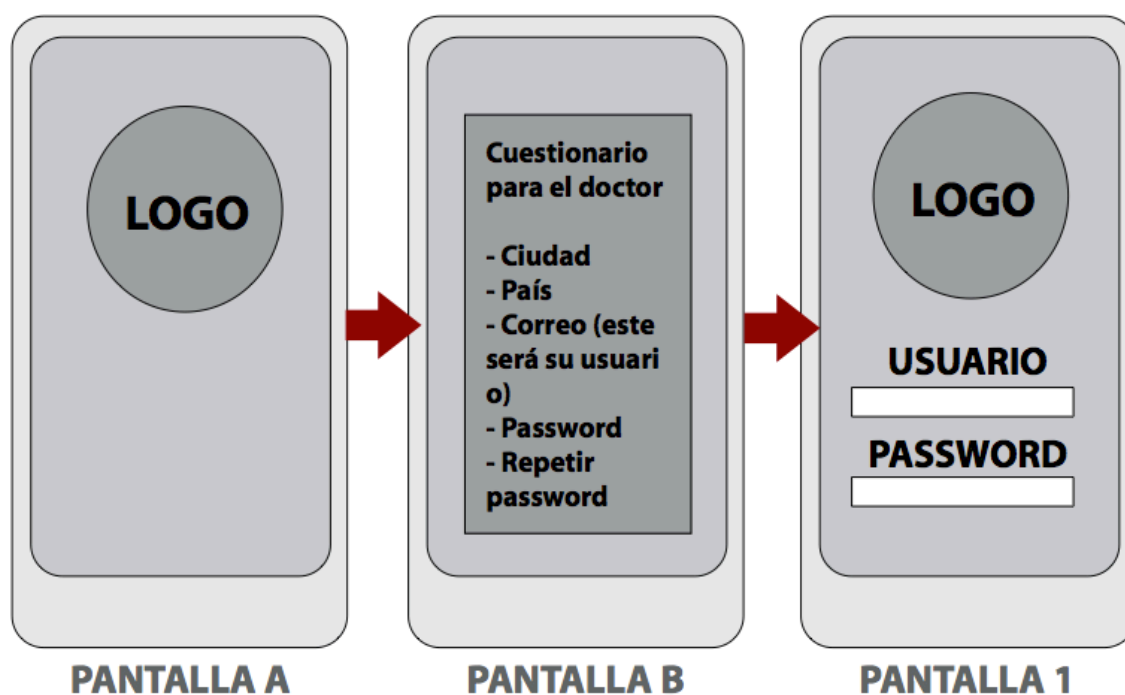
#### e) Cronograma de actividades:

	ABR 2014	MAY 2014	JUN 2014	JUL 2014	AGO 2014	SEP 2014	OCT 2014	NOV 2014	DIC 2014	ENE 2015
Contacto con ingeniero calificado para describir el diseño de la aplicación	01-07 Abr									
Búsqueda de valores de referencia para pruebas de fisiología respiratoria	01-21 Abr									
Reunión del grupo de investigadores para determinar las ecuaciones a utilizar en cada prueba	21 Abr									
Iniciar desarrollo de la aplicación por parte de ingeniero calificado										
Solicitar avances de creación de la aplicación a ingeniero calificado										
Fecha de entrega tentativa de la aplicación terminada										
Prueba de la aplicación en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias ( INER )										
Redacción de artículo para publicación y difusión de aplicación creada										
Presentación de proyecto de tesis										



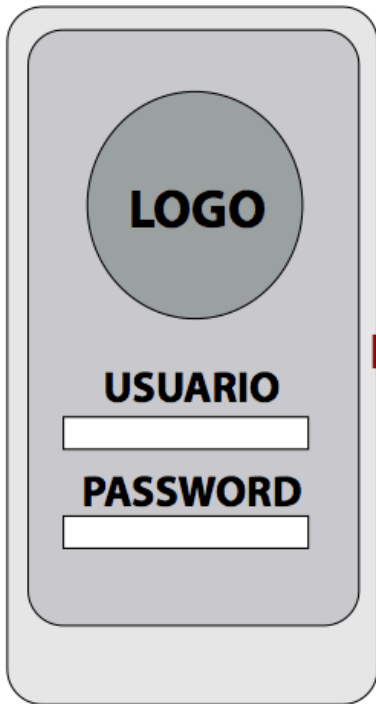
## RESULTADOS

Se inició el desarrollo de la aplicación, tomando en cuenta cuales podrían ser las posibles pantallas con las que podía contar la misma, y cual sería su secuencia de aparición, resultando en el siguiente esquema inicial:

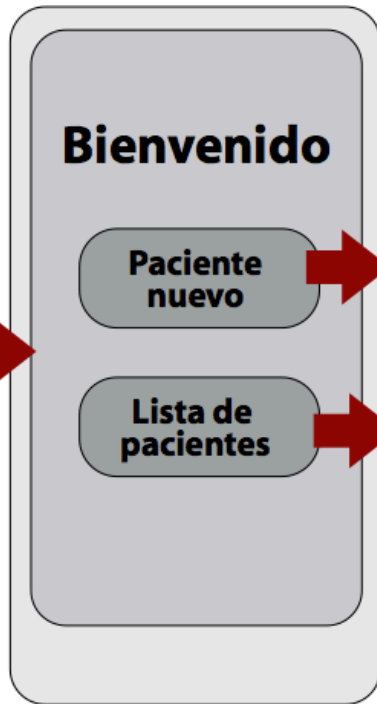


En esta primera parte del esquema inicial, se pretendía tener una pantalla inicial con el logo del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) (PANTALLA A ).

Posterior a dicha pantalla, una segunda y tercera, en las cuales se puedan obtener algunos datos de la persona utilizando la aplicación (PANTALLA B Y PANTALLA 1).



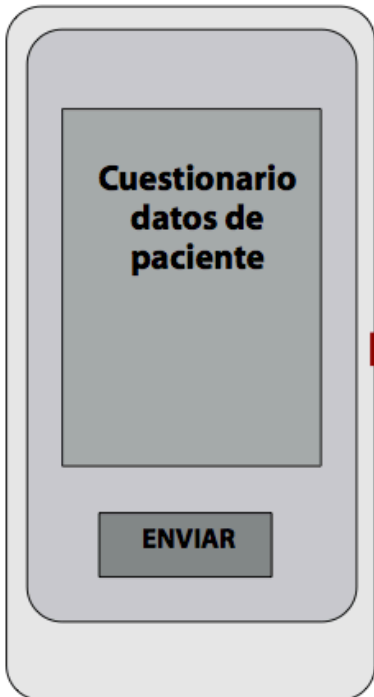
PANTALLA 1



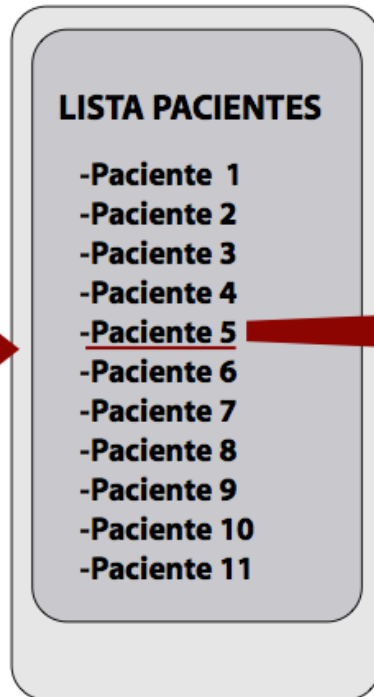
PANTALLA 2

PANTALLA 2A

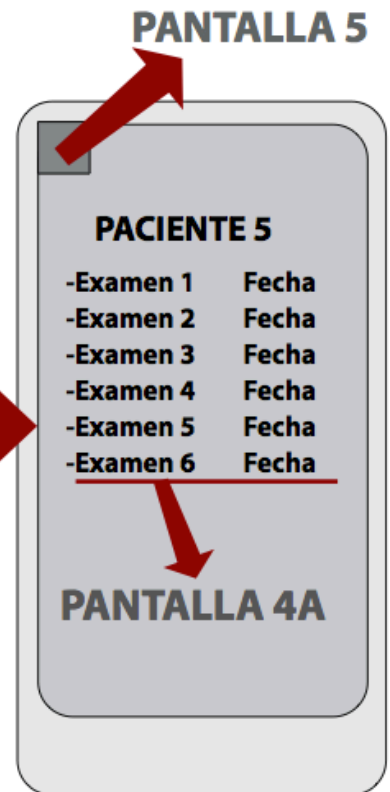
PANTALLA 3



PANTALLA 2A



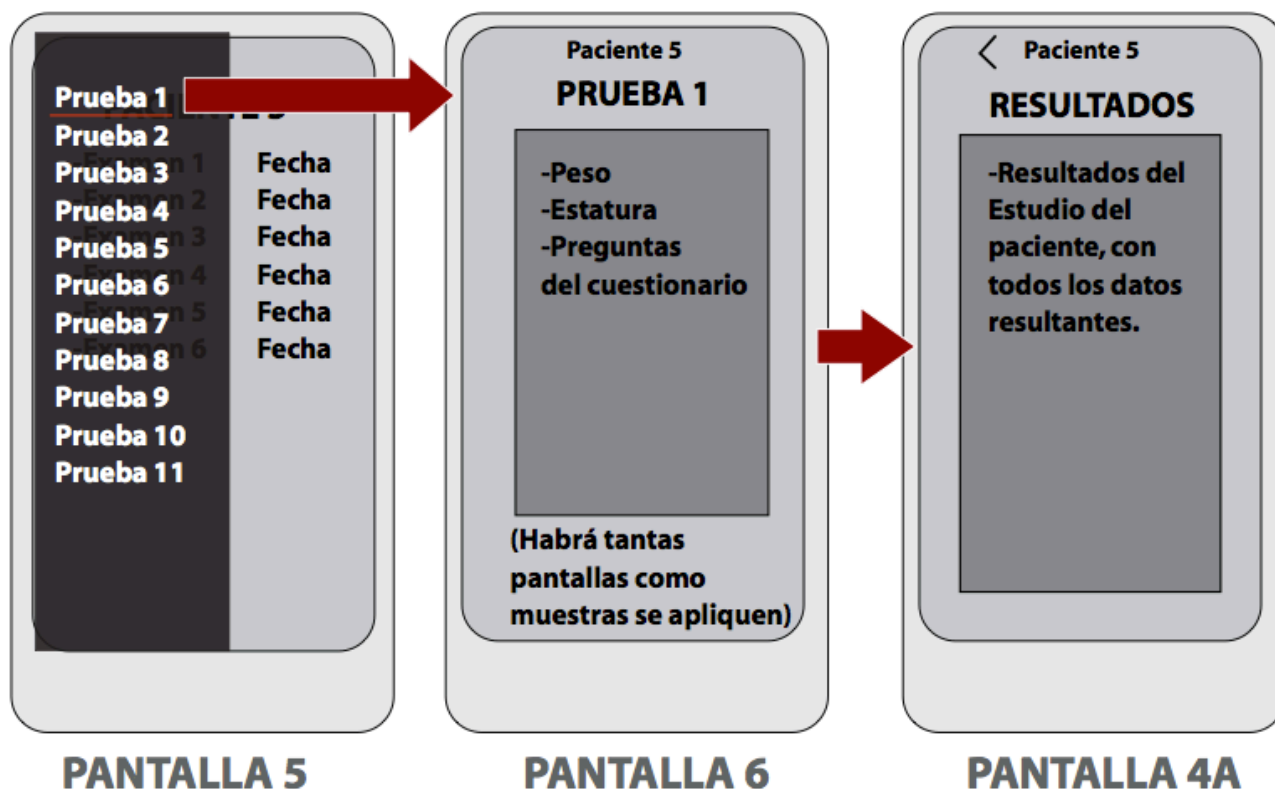
PANTALLA 3



PANTALLA 4

PANTALLA 5

En las siguientes pantallas, al entrar con un usuario y contraseña ya establecidos previamente, solicita elegir entre un paciente nuevo o uno ya existente (PANTALLA 2) y posterior a ello da a elegir entre una lista de pacientes ya registrados previamente (PANTALLA 3) y los exámenes que ya se le hayan realizado (PANTALLA 4).



Posterior a elegir un paciente o haber introducido uno nuevo, se despliega un menú para elegir entre distintas pruebas de función respiratoria (PANTALLA 5), y posterior a elegir alguna de ellas, se solicitará información del paciente, como peso, edad, estatura y otros datos (PANTALLA 6), para en una pantalla posterior, nos logre dar resultados acordes a dicha información (PANTALLA 4A).

Posterior al esquema realizado con las posibles pantallas y secuencia de nuestra aplicación, se hizo el desarrollo de la misma, la cual cuenta con las características que se mencionan a continuación:



Figura 1: Pantalla Principal



Figura 2. Registro de primera vez.

Cuenta con una pantalla principal, en la cual se da la bienvenida al usuario y da la única opción para iniciar la aplicación ( Figura 1 ).

Posterior a iniciar la aplicación, aparece una segunda pantalla, en la cual se deben introducir por primera vez los datos del usuario además de una contraseña para el mismo. Al terminar de introducir los datos, pulsar el botón de registrar ( Figura 2).



Figura 3. Ingreso del usuario



Figura 4. Saludo de bienvenida

Una vez contando ya con un usuario registrado en las pantallas previas, se solicitan los datos del mismo para poder ingresar a la aplicación (Figura 3) y se despliega una pantalla de bienvenida a la misma, en la cual se solicitará la elección de una de las distintas pruebas de función respiratoria (Figura 4).

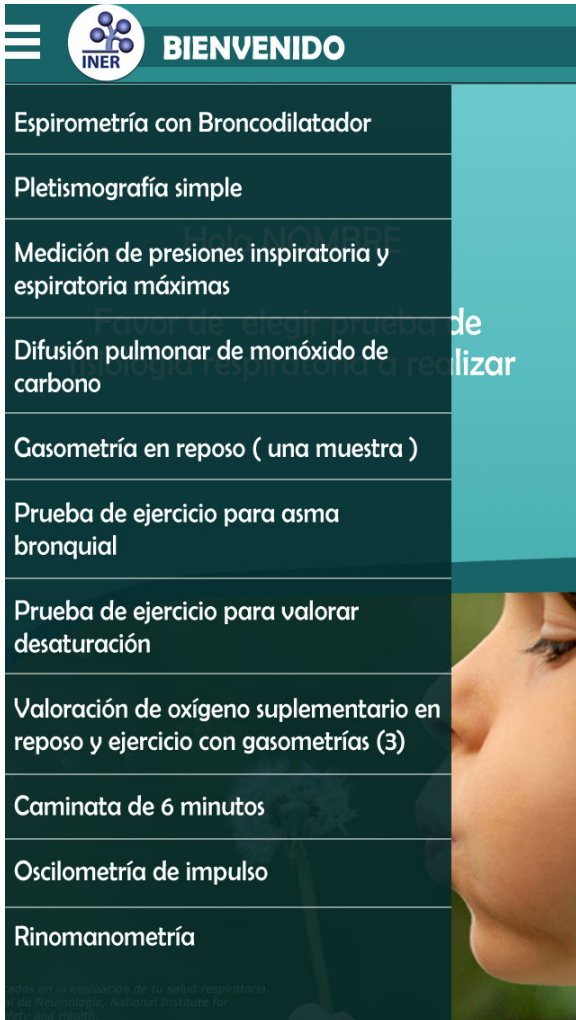


Figura 5. Lista de pruebas

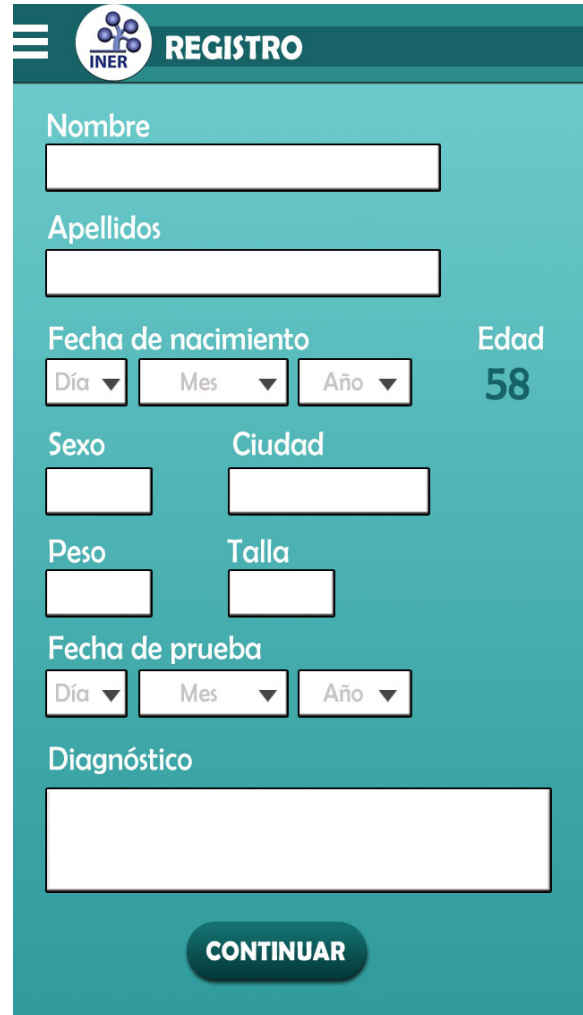


Figura 6. Datos del paciente

En la siguiente pantalla se solicita elegir una de las distintas pruebas que se enlistan (Figura 5).

Una vez elegida una prueba, se solicitan los datos sobre el paciente; en este apartado es indispensable llenar la mayor parte de datos posibles (Figura 6), ya que los valores de referencia para el paciente dependerán de dicha información

Actualmente la prueba que esta funcionando en su totalidad en esta aplicación, es la espirometría, y en un futuro se irán agregando una a una el resto de las pruebas que se enlistaron previamente.

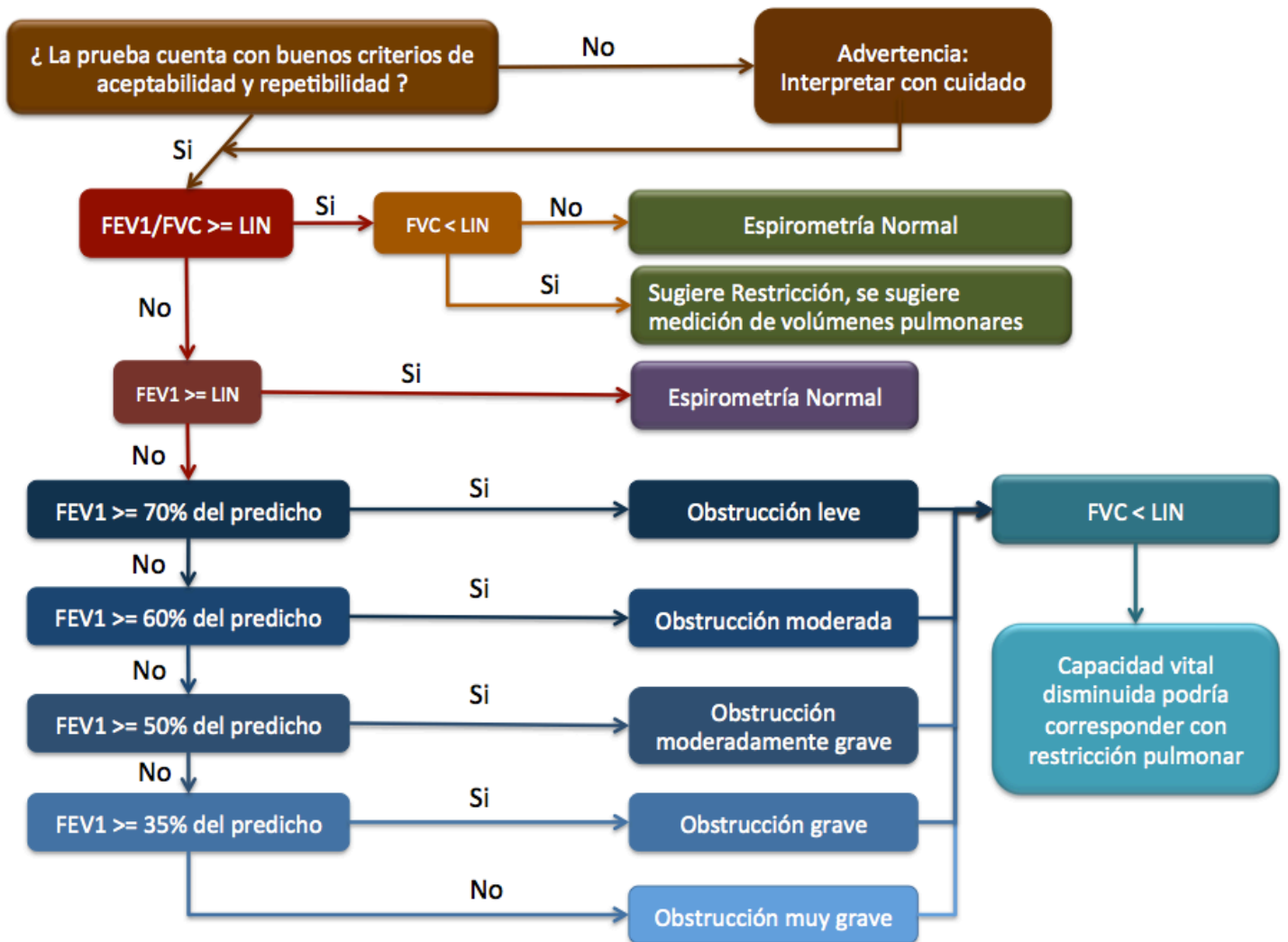
Dentro de los datos que se solicitan del paciente, se encuentra la edad, esto con el objetivo que se elijan entre 4 posibles valores de referencia de acuerdo a este dato, tal como se muestra en la tabla 1.

Ecuación de referencia	Edad
EMPECE	<20 años
NHANES III	20 - 40 años
Estudio Platino	20 - 40 años
Pérez Padila	> 40 años

Tabla 1. Ecuaciones de referencia

Dichas ecuaciones de referencia, fueron tomadas de cada una de las publicaciones correspondientes, a las cuales se hace referencia en cada una de ellas.

Una vez introducidos los datos solicitados sobre la espirometría, la aplicación nos da un resultado al comparar dichos datos con los de la ecuación de referencia elegido, tal como se muestra en el siguiente diagrama:



Una vez que se ha obtenido un resultado, se da una opción para guardar la prueba e ir generando una base de datos, la cual se podrá ir almacenando de manera local y en un futuro de manera remota en una base de datos mayor.



## **DISCUSION**

Las pruebas de función pulmonar son estudios que contribuyen en el diagnóstico, pronóstico, evolución y respuesta terapéutica de las distintas patologías respiratorias.

El desarrollo de esta aplicación, aunque no ha sido sencillo, es el primer paso por intentar tener registro de manera digital, de la mayor parte de las pruebas de fisiología respiratoria que se realizan en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, esto con el objetivo de poder tener puntos de comparación a través del tiempo de un mismo paciente, así como tener una base de datos con la cual se puedan realizar otros estudios en el futuro.

Esta aplicación se encontrará disponible para descarga gratuita en teléfonos inteligentes como en tablets, a través de cada una de sus tiendas electrónicas correspondientes, con el fin de que quien la use, pueda llevar una base de datos local, así como facilitar una aproximación al diagnóstico del paciente para aquellos que no estén familiarizados con dichas pruebas, y puedan referir al paciente a un tercer nivel si así lo amerita.

Por ahora la espirometría, es la prueba que se encuentra con funcionalidad total en la aplicación, por lo cual se puede continuar utilizando de manera rutinaria. En el futuro se planea ir agregando de manera paulatina el resto de las pruebas de fisiología.

## **CONCLUSION**

Se realizó una aplicación para teléfonos inteligentes y tablets, en la cual se pueden registrar distintas pruebas de fisiología respiratoria, tanto para ir obteniendo una base de datos conforme se vaya usando, así como para facilitar una aproximación diagnóstica a médicos que no están familiarizados con estas pruebas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1] M. Linares, "Pruebas de Función pulmonar en el niño," *Rev. Med. Clin. Condes*, vol. 18(2), pp. 145–154, 2007.
- [2] M. E. Time, M. Voluntary, T. Rtsulr, and R. Values, "American Thoracic Society 1994 Update," vol. 152, 1995.
- [3] H. G. Arets, H. J. Brackel, and C. K. van der Ent, "Forced expiratory manoeuvres in children: do they meet ATS and ERS criteria for spirometry?," *Eur. Respir. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 655–60, Oct. 2001.
- [4] A. D. C and A. M. E. C, "Revista chilena de pediatría Pruebas de función pulmonar en el niño," 2000.
- [5] I. C. E. Marcela Linares P., "Evaluación del rendimiento de la espirometría en preescolares sanos con estandarización adaptada a este grupo etario Assessment of spirometry efficiency in healthy preschool group of age," *Rev. chil. enferm. respir*, vol. 22, no. 3, pp. 155–163, 2006.
- [6] Ruppel G., "Manual of pulmonary function testing," vol. 1998, 7th .
- [7] P. De, C. Vargas-domínguez, L. Gochicoa-range, M. Velázquez-uncal, J. C. Vázquez-garcía, R. Pérez-padilla, and L. Torre-bouscoulet, "Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién?," vol. 70, no. 2, pp. 101–117, 2011.
- [8] J. Roca and R. Rabinovich, "Clinical exercise testing," *Eur Respir Mon*, pp. 146–165, 2005.
- [9] M. R. Miller, J. Hankinson, V. Brusasco, F. Burgos, R. Casaburi, a Coates, R. Crapo, P. Enright, C. P. M. van der Grinten, P. Gustafsson, R. Jensen, D. C. Johnson, N. MacIntyre, R. McKay, D. Navajas, O. F. Pedersen, R. Pellegrino, G. Viegi, and J. Wanger, "Standardisation of spirometry.," *Eur. Respir. J.*, vol. 26, no. 2, pp. 319–38, Aug. 2005.
- [10] L. Torre-bouscoulet and R. Pérez-padilla, "Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México," vol. 48, no. 6, 2006.
- [11] J. R. Pérez-padilla, J. Regalado-pineda, and M. C, "Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales," vol. 43, no. 2, pp. 113–121, 2001.
- [12] K. Lee, "Spirometric Reference Values from a Sample of the General U.S. Population," 1999.

- [13] R. Pérez-Padilla, J. Regalado-Pineda, M. Rojas, M. Catalán, L. Mendoza, R. Rojas, R. Chapela, J. Villalba, V. Torres, V. Borja-Aburto, and G. Olaiz, "Spirometric function in children of Mexico City compared to Mexican-American children.," *Pediatr. Pulmonol.*, vol. 35, no. 3, pp. 177–83, Mar. 2003.
- [14] Asociación Latinoamericana del Tórax, "Proyecto Latinoamericano de Investigación en obstrucción pulmonar," 2006.
- [15] J. Behar, A. Roebuck, J. S. Domingos, E. Geder, and G. D. Clifford, "A review of current sleep screening applications for smartphones.," *Physiol. Meas.*, vol. 34, no. 7, pp. R29–46, Jul. 2013.
- [16] M. Kulendran, M. Lim, G. Laws, A. Chow, J. Nehme, A. Darzi, and S. Purkayastha, "Surgical Smartphone Applications Across Different Platforms: Their Evolution, Uses, and Users.," *Surg. Innov.*, vol. 21, no. 4, pp. 427–440, Apr. 2014.
- [17] a Marshall, O. Medvedev, and a Antonov, "Use of a smartphone for improved self-management of pulmonary rehabilitation.," *Int. J. Telemed. Appl.*, vol. 2008, p. 753064, Jan. 2008.
- [18] T. Nakae, H. Kataoka, S. Kuwata, and K. Iihara, "Smartphone-assisted prehospital medical information system for analyzing data on prehospital stroke care.," *Stroke.*, vol. 45, no. 5, pp. 1501–4, May 2014.
- [19] D. J. Hartman, A. V Parwani, B. Cable, I. C. Cucoranu, J. S. McHugh, B. J. Kolowitz, S. a Yousem, V. Palat, A. Von Reden, S. Sloka, G. R. Lauro, I. Ahmed, and L. Pantanowitz, "Pocket pathologist: A mobile application for rapid diagnostic surgical pathology consultation.," *J. Pathol. Inform.*, vol. 5, p. 10, Jan. 2014.