



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE LA REVISIÓN E INFORME DE RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX POR GRUPOS  
DE RADIÓLOGOS DE DISTINTOS NIVELES DE EXPERIENCIA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SEBASTIÁN ANDRÉS TELLO CRINO

PROFESOR GUÍA:  
ÁNGEL ANTONIO JIMÉNEZ MOLINA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
EDGARDO JULIO SANTIBÁÑEZ VIANI  
JUAN CARLOS DÍAZ PATIÑO

SANTIAGO DE CHILE

2020

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial  
**POR:** Sebastián Andrés Tello Crino  
**FECHA:** 6/1/2020  
**PROFESOR GUIA:** Ángel Antonio Jiménez Molina

## ESTUDIO DE LA REVISIÓN E INFORME DE RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX POR GRUPOS DE RADIOLOGOS DE DISTINTOS NIVELES DE EXPERIENCIA

Se ha realizado un estudio sobre cómo médicos con distintos niveles de experiencia en radiología revisan radiografías de tórax. Se busca con él hallar cuantitativamente una manera de asociar mediciones corporales o de comportamiento al grado de experiencia en el diagnóstico radiológico.

Luego de una breve introducción, se explica que la intención es medir con un estudio para hallar maneras de cuantificar la experiencia (lo cual se espera que puede contribuir directamente a una mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la radiología) y que se tendrá un enfoque exploratorio. Después se presenta una revisión de la literatura donde vale destacar que existen maneras probadas para enfrentarse a los errores en radiología, en particular mediante sistemas computacionales de apoyo a la revisión radiológica y con modificaciones en el sistema educativo. También se trata sobre cómo se han realizado experimentos similares con radiólogos.

A continuación, se expone en detalle las características del estudio realizado, como los sujetos (separados en cuatro grupos consistentes en tres niveles de estudiantes o becados y un grupo de expertos) y las imágenes revisadas, que se circunscribieron a radiografías frontales y laterales de tórax, y donde se debía evaluar la presencia de focos de condensación (que para el seguimiento de miradas fueron las áreas de interés estudiadas). Se detalla cada uno de los instrumentos de medición utilizados, destacándose el aparato de seguimiento de miradas Tobii T120. También, los formularios utilizados, y el modo de manejar los datos obtenidos.

Finalmente, se estudian los resultados de algunas de estas mediciones. Donde se destaca que las que se referían al desempeño de los participantes en el diagnóstico (verdaderos positivos, falsos negativos, exactitud y sensibilidad) presentaron diferencias significativas entre grupos de experiencia (entre Becado de I y Becado de III; y entre Becado de I y Expertos), lo cual era esperable, o mejor dicho, se comprobó el antecedente supuesto por el que se busca hallar diferencias entre los grupos. Otras mediciones propias del estudio de seguimiento de miradas que se realizaron fueron el tiempo total en una superficie, el tiempo hasta la fijación en un área de interés, la cantidad de fijaciones, cantidad de fijaciones antes de un área de interés, velocidad entendida como fijaciones por unidad de tiempo, promedio de la amplitud sacádica, y amplitud sacádica antes de un área de interés. Todas estas mediciones no mostraron diferencias significativas entre grupos, quizá por el tamaño de la muestra, quizá por la poca diferencia entre grupos. A la vista de esto se concluye que, bien se puede seguir expandiendo la búsqueda de factores que se puedan asociar a la experiencia, bien se puede aceptar estos resultados, ampliando la tesis de que no hay diferencias significativas entre grupos entendiendo que rápidamente se van adquiriendo los conocimientos necesarios para un buen desempeño, y que el problema principal requiere otro tipo de soluciones.



# Agradecimientos

En todo este tiempo que ha pasado desde que entré a Beauchef he compartido con muchas personas de las que en este momento corresponde estar agradecido, y que cada una tuvo su momento para acompañar y contribuir en mi formación en todo aspecto.

Grandes amistades como la de Leopoldo y Hernán, Lorena, Diego Hurtado, Gabriel Palominos, Mauricio Dinamarca, Andrés. Y también otros grandes amigos que pasados los años fueron siendo parte de la renovación, Juanes Pablos, Danilo, Felipe, Javier, Pablo, Carlitos.

También no puedo dejar de agradecer a Hugo, Tomás, Carlos, que tanto tiempo me dedicaron de alegría y apoyo en momentos complicados.

Mención especialísima merecen los muchachos de la CDU, principalmente a don Diego, gran líder preocupado siempre del bienestar de todos. Amigos que siempre me han apoyado como Sebastián, Marcos, Juan Carlos, Felipe, Diego, Maximiliano, José Luis. Y tantos otros que me han dado su amistad, confianza y respeto.

El padre Juan María, y tantos otros buenos cristianos que me han apoyado ya con sacramentos, ya con amistad, alegría y buen consejo.

Mi familia, la Memé, mis papás, mis hermanos, mis tíos, mis primos, mis otros abuelos difuntos y mi tía Te. Todos que siempre me apoyan y me esperan, también por quienes siempre rezo.

Gran auxilio me dieron los equipos académicos que me colaboraron con esta tesis, pero que también me acompañaron con su alegría y amistad. A mi profesor, don Ángel, que me recibió muy amablemente y siempre se preocupó tanto por mí, como también lo hizo siempre Jorge Gaete, quien fungió diligentemente como mi tutor. Y los muchachos del laboratorio, que tanto como ayudaron también gastamos varias horas conversando, Francisco Javier, Cristián, Marcelo y Pablo. Por otra parte, también debo reconocer todo el trabajo que don Juan Carlos, Pamela, y sobre todo Felipe hicieron para colaborar con esta investigación.

Por último también, debo dar gracias a Dios y a la santísima Virgen Inmaculada. Que si ahora al fin estoy terminando, es sólo porque Dios es grande.

# Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Campo al que se circunscribe el presente estudio.....	1
1.2	Planteamiento y justificación del problema.....	1
1.3	Posibles vías de solución .....	3
1.4	Posibilidades de introducir mejoras .....	5
1.5	Objetivos.....	6
1.6	Metodología.....	7
2	Marco conceptual .....	10
2.1	Estado de la cuestión.....	10
2.2	Sensores y herramientas de medición.....	14
2.2.1	Seguimiento de miradas .....	14
2.2.2	Otros aparatos.....	16
2.2.3	Otro tipo de mediciones.....	17
2.3	Departamento de Radiología .....	18
2.4	Conceptos y herramientas de la ingeniería .....	21
2.4.1	Pruebas de hipótesis .....	21
2.4.2	Análisis de varianza.....	23
2.4.3	Matriz de Correlación.....	25
2.4.4	Análisis de componentes principales.....	26
2.4.5	Medidas de desempeño.....	26
3	Diseño del estudio .....	29
3.1	Sujetos.....	29

3.1.1	Formulario de Datos personales.....	31
3.2	Instrumentos de medición.....	35
3.2.1	Aparato de seguimiento de miradas.....	35
3.2.2	Otros instrumentos de medición.....	36
3.2.3	Sala del estudio.....	42
3.2.4	Formularios utilizados.....	43
3.3	Presentación proyectada.....	46
3.4	Asignación de áreas de interés.....	48
3.5	Protocolo del estudio.....	53
3.6	Almacenamiento de la información.....	63
4	Resultados.....	64
4.1	Mediciones realizadas.....	65
4.2	Análisis exploratorio.....	68
4.2.1	Caracterización de los participantes.....	68
4.2.2	Acerca de los resultados obtenidos por medición.....	70
4.3	Resultados por medida.....	75
4.3.1	Verdaderos positivos.....	76
4.3.2	Falsos positivos.....	77
4.3.3	Verdaderos negativos.....	79
4.3.4	Falsos negativos.....	80
4.3.5	Precisión.....	81
4.3.6	Exactitud.....	83
4.3.7	Sensibilidad.....	84
4.3.8	Especificidad.....	85
4.3.9	Tiempo total en la lámina.....	86

4.3.10	Tiempo dentro del foco de condensación .....	88
4.3.11	Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación .....	89
4.3.12	Cantidad de fijaciones en el foco de condensación .....	91
4.3.13	Cantidad de fijaciones por lámina .....	93
4.3.14	Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación.....	94
4.3.15	Tasa de visualizaciones en el foco por lámina .....	96
4.3.16	Amplitud sacádica .....	97
4.3.17	Amplitud sacádica con respecto al foco de condensación.....	99
4.4	Análisis conjunto .....	101
4.4.1	Análisis de varianza multivariado .....	101
4.5	Discusión .....	102
5	Conclusiones.....	103
6	Bibliografía.....	105
	Anexos.....	[1]
	Anexo A.....	[1]
	Anexo B.....	[2]
	Anexo C.....	[10]
	Anexo D.....	[16]
	Anexo E.....	[18]
	Anexo F.....	[23]
	Anexo G.....	[32]
	Anexo H.....	[39]
	Anexo I.....	[45]

# 1 Introducción

## 1.1 Campo al que se circunscribe el presente estudio

La Radiología es el estudio de la aplicación terapéutica de los distintos tipos de radiaciones, tales como los rayos X, los rayos gamma o los ultrasonidos, así como de su utilización en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Es, por lo tanto, una rama específica de la Medicina, pues se dedica a una parte de ella. En la práctica se confunde con la Imagenología, aunque el objeto de aquesta se reduce apenas a las imágenes clínicas<sup>1</sup>.

Como disciplina médica, la Radiología está íntimamente relacionada con la Ingeniería, porque, tanto su desarrollo científico como su ejercicio práctico y aplicado, dependen directamente de los avances tecnológicos que les sean aplicables, y que constantemente van dejando obsoletas algunas áreas y exigiendo el desarrollo de otras completamente nuevas.

En Chile, con la creación en 1924 del Instituto de Radiología del Hospital San Vicente (antecesor del actual Hospital José Joaquín Aguirre), por médicos académicos de esta Universidad, se empezó a reconocer esta disciplina médica oficialmente como una especialidad<sup>2</sup>, y desde 1956, el programa ha quedado definido prácticamente como ahora, en tres años de formación<sup>3</sup>. Hoy en día, de acuerdo a lo declarado por la Sociedad Chilena de Radiología<sup>4</sup>, el Departamento de Radiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile es, tanto por criterios históricos como por la cantidad de matrícula, el principal centro formativo de radiólogos en el país.

## 1.2 Planteamiento y justificación del problema

Existe en Chile una necesidad creciente de personal en el sector público. Para cubrirla, el Gobierno ha solicitado al Congreso Nacional que considere en las leyes de presupuesto los costos necesarios para aumentar ese personal. Entre las glosas de dichas leyes se dispone que el Ministerio de Salud, debe enviar cada año un informe de brechas de personal de ese sector que justifique a los costos

---

<sup>1</sup> Se ha considerado aquí cada término, de acuerdo a su sentido académico. Cf [1].

<sup>2</sup> Cf. [2] 508p.

<sup>3</sup> Cf. [3].

<sup>4</sup> En su sitio web, tanto en el repaso histórico como en los programas de formación actualmente disponibles.



solicitados mencionados más arriba<sup>5</sup>. En este informe de brechas<sup>6</sup> se menciona que existiría al mes de marzo de 2016, una necesidad de 119 especialistas de imagenología en el sistema público de salud. Ahora bien, nada se dice sobre la necesidad de estos especialistas en el sistema privado de salud, pero según muestra el último de los informes<sup>7</sup>, este sistema cuenta con al menos un 60% más de profesionales. Por lo demás, se puede afirmar que en términos generales Chile presenta una baja cantidad de especialistas en comparación con otros países<sup>8</sup>.

Esta alta necesidad de especialistas constituye una de las principales preocupaciones del Gobierno en materia de salud y en su programa de salud para la actual administración (2018-2022) lo expresa claramente<sup>9</sup>. En este sentido, la Universidad de Chile viene a ser uno de los principales actores involucrados, en tanto que junto a la Universidad Católica de Chile son los responsables de los programas de formación de especialistas con las matrículas más numerosas del país.

En resumen la situación actual muestra que existe una alta necesidad de especialistas, específicamente en imagenología. Según el sitio *web* de la sociedad Chilena de Radiología, en Chile existen 12 programas de Residencia de Radiología que se encargan de la especialización en este campo, los que en conjunto suman 68 vacantes anuales<sup>10</sup>. Entre estas se encuentra el Departamento de Radiología de la Universidad de Chile que posee un programa de especialización de tres años de duración, el que, sin embargo, soporta apenas la baja cantidad de 11 nuevos cupos por año<sup>11</sup>. Por lo expuesto, se puede apreciar fácilmente que el déficit de radiólogos en Chile es creciente, no obstante lo cual cada año las universidades apenas pueden cubrir poco menos del 60% de la necesidad generada sólo por el sistema público. Y esto suponiendo, entre otras cosas, la promoción completa de los médicos que estudian esta especialidad.

---

<sup>5</sup> Cf. Informes de brechas de los años 2016 [4], 2017 [5] y 2018 [6] respectivamente en sus páginas 2, 3 y 7.

<sup>6</sup> Cf. el informe del año 2016 [4], que es el único que explicita la brecha de radiólogos como especialidad de imagenología en su página 45.

<sup>7</sup> Cf. el del año 2018 [6] en su página 61, que muestra la cantidad de imagenólogos en el gráfico 18.

<sup>8</sup> Esta afirmación se puede hallar justificada en el informe del año 2018 [6], en comparación con las cantidades de otros países de la OCDE, en sus páginas 36 a 39.

<sup>9</sup> Este programa puede hallarse en el sitio *web* del Ministerio de Salud [7].

<sup>10</sup> Cf. el sitio *web* de la Sociedad Chilena de Radiología [8].

<sup>11</sup> Aunque, según una entrevista realizada a la Secretaria Docente del departamento, en la actualidad, los cupos serían 12. Tal entrevista se realizó durante el semestre de primavera de 2018, en el contexto del presente trabajo de título.

Esta situación se debe en parte a la imposibilidad logística de formar cada año a todos los especialistas que serían necesarios para superar adecuadamente el déficit. Por ello, urge desarrollar sistemas que faciliten la formación de radiólogos competentes.

La imposibilidad logística referida descansa esencialmente en cuatro puntos,

1. **Limitaciones de tiempo.** La aplicación del programa de estudios exige una cantidad mínima de tiempo, tanto para abarcar todas las materias cuyo aprendizaje es requerido (conocimientos), como para desarrollar las habilidades y destrezas con las que debe contar un especialista validado (práctica y técnica).
2. **Limitaciones de calidad.** Por una parte, el programa de estudio considera un rendimiento escolar mínimo que debe alcanzar el educando para su promoción. Por otra, de acuerdo a las necesidades de la misma especialidad, el plan formativo exige que ese mínimo de materias de estudio o de entrenamiento posea una complejidad pertinente. Y por último, el perfil definido para el egresado debe corresponder con la realidad y necesidades de los sistemas de salud<sup>12</sup>.
3. **Limitaciones de personal.** Independientemente del programa, se requiere un mínimo de personal académico y docente suficientemente calificado. Cabe reconocer que tal suficiencia, también está relacionada con las limitaciones de calidad, previamente mencionadas.
4. **Limitaciones de material.** El conjunto de plazas disponibles (y cada plaza adicional), exige un mínimo de espacio físico, de maquinaria para la toma de imágenes, insumos en general, estaciones de trabajo con sus respectivos equipos, y otros recursos materiales.

En general los costos asociados siempre trascienden a todas las limitaciones, cuya ponderación queda estrechamente caracterizada por los recursos financieros disponibles.

Así las cosas, queda claro que cualquier tipo de solución debe dirigirse a hallar la atenuación de al menos una de las limitaciones. Pero con un resguardo o consideración especial con las de calidad, a causa de su gravedad.

### 1.3 Posibles vías de solución

Es en este crítico contexto que el Hospital Clínico de la Universidad<sup>13</sup>, cuyo Centro de Imagenología depende directamente del Departamento de Radiología, realizó una alianza con el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería para la realización en conjunto de proyectos de

---

<sup>12</sup> En particular el sistema de salud público, porque a este se refieren las políticas gubernamentales, y también porque el actual perfil el egresado lo menciona específicamente como denotando una preferencia de parte del claustro académico, que se condice con los intereses del Estado para la Universidad. Cf. [17], 8p.

<sup>13</sup> Que es el mismo Hospital José Joaquín Aguirre del que se habló más arriba.

investigación y desarrollo. Esta alianza considera campos tales como la mejora de procesos en telerradiología, macrodatos (*Big Data*), ciencia de datos (*Data Science*), y seguimiento de miradas (*Eye tracking*)<sup>14</sup>. Es destacable que con esta alianza se busca iniciar un trabajo colaborativo en investigación académica. De aquí nace, entre otras cosas, la preocupación por hallar un modo de mejorar la formación de radiólogos, apoyado en el uso de la tecnología. Se espera así, como resultado de estas investigaciones, poder contribuir a la disminución de las brechas de especialistas que sufre el sistema público de salud.

En general, no hay discusión en afirmar que la aplicación de tecnología, en un modo conveniente, contribuye a volver los procesos más eficientes<sup>15</sup>. Luego, una solución que la considere, tal como la prevé la alianza descrita, puede conseguir una relajación en las limitaciones de tiempo, personal y material. Así, por ejemplo, una aplicación informática podría automatizar procesos, evitar errores, liberar al personal de tareas rutinarias, e incluso sugerirle decisiones.

Cabe apuntar, que la brecha de especialistas se puede cubrir, en general, de cuatro modos,

1. Aumentando las plazas para formación de radiólogos en Chile,
2. Mejorando el rendimiento de las plazas existentes ya sea modificando los contenidos de la carrera de radiología o la forma de enseñarlos para disminuir el tiempo que dura la carrera,
3. Ocupando otras plazas existentes en el extranjero, mediante el envío de educandos.
4. Importando radiólogos desde otros países, cuya preparación no represente una carga extra para el sistema de especialización existente en el país.

En relación con estas soluciones posibles, la Universidad claramente no tiene control sobre la inmigración de radiólogos o la formación externalizada, por cuanto traerlos del exterior, reconocer sus estudios o financiar estas acciones sería una competencia de otros organismos.

El aumento de las plazas de formación de radiólogos en Chile, en las mismas condiciones actuales, implica una fuerte inversión de parte del Estado o de la Universidad, tal como se mencionó arriba al describir las limitaciones que impiden la formación de la cantidad requerida de especialistas.

Por su parte, mejorar el rendimiento de las plazas existentes permitiría habilitar una mayor cantidad de radiólogos para el ejercicio de la especialización en un mismo tiempo. Una de las formas de hacerlo puede pasar por la modificación del curriculum, lo que depende directamente de la Universidad y no exige necesariamente inversiones extraordinarias en personal, maquinaria o infraestructura, constituyendo de ese modo la posibilidad a priori más conveniente (sin perjuicio de que mejorar la eficiencia con que se pasan los contenidos podría permitir, eventualmente, aumentar las plazas con los mismos recursos existentes).

---

<sup>14</sup> Véase el Anexo I.

<sup>15</sup> Por lo pronto, Taylor ya lo trató suficientemente cuando habla de las causas del bajo rendimiento. Cf [18], 24-26, 31-35p.

## 1.4 Posibilidades de introducir mejoras

Una modificación en el curriculum, que permita relajar las limitaciones de tiempo, debe ser consecuencia de una revisión de la estructura del actual sistema de enseñanza y aprendizaje. Como no es conveniente que se afecte la calidad con estos cambios, el tiempo puede manejarse, bien condensando los procesos de enseñanza y aprendizaje para cubrirlos más rápidamente, bien separando el programa de estudio en partes.

Una posibilidad podría consistir en separar el curriculum en dos partes, tratando lo más necesario primero, a fin de habilitar al educando lo antes posible para el desempeño de su profesión; para luego, una vez concluida esa primera parte, cubrir el resto del programa en un sistema de educación continua o de formación extendida. Así, prima facie, un ejemplo de esto sería que el tercer año de formación se convirtiese en un programa posterior a la habilitación para trabajar como radiólogo, que no por esto deje de ser obligatorio, pero que pueda ser cursado en más de un año, para que la exigencia en horas de trabajo sea menor. Otro modo de separar el programa podría ser aumentar la especialización del educando en áreas concretas de la radiología, de manera tal que, al profundizar en ellas, salvo en lo esencial, se pueda prescindir de la especialización en otras. Este tipo de modificaciones puede resultar más brusco que otros, porque se perdería generalidad en el ejercicio de la profesión. De todos modos, cualquiera de las formas en las que se pueda separar el curriculum pueden combinarse para alcanzar resultados más complejos.

Por otro lado, una condensación de lo que se enseñe, necesariamente trae anexa una modificación del programa. Para conseguir esto, se pueden tomar tres caminos,

1. Cambiar el régimen de entrenamiento con enfoque en los educandos, de modo que se les aumente la exigencia y el estudio personal;
2. Cambiar el régimen de enseñanza de los profesores, de modo que su retroalimentación sea más eficiente y consiga facilitar el aprendizaje de los educandos; y
3. Cambiar el régimen adaptando las estructuras establecidas por las normas administrativas que regulan el programa de estudio que pudieran ralentizar el aprendizaje.

Cómo abordar cada camino, o qué énfasis aplicar, es una decisión que puede apoyarse en un estudio cuantitativo sobre la retroalimentación de los tutores y el entrenamiento de los educandos.

Para esto, se debe tener en consideración que una parte fundamental de la formación del radiólogo es el entrenamiento para la revisión, diagnóstico e informe de imágenes médicas, en el que se espera que el educando alcance un desempeño aceptable. Es aquí donde la introducción de tecnología mediante la alianza señalada más arriba puede tener un rol relevante.

Lo anterior se afirma porque, con sensores biológicos, es posible medir comportamientos cuantificables en radiólogos formados y en formación que, directa o indirectamente, puedan asociarse a sus respectivos niveles de experiencia. Luego, con un estudio posterior, será posible reconocer las acciones que puedan caracterizar o modelar las brechas entre el desempeño de alumnos y académicos, permitiendo que la retroalimentación pedagógica en el entrenamiento resulte más práctica y sea de mayor valor.

En otros términos, con investigaciones de este tipo, se espera reconocer características en la revisión que puedan asociarse a la experiencia, sirviendo para explicitar un conocimiento tácito que permita ser transmitido más fácilmente a los radiólogos en formación. Con esto, es posible alcanzar un nivel más alto de calidad o el nivel acostumbrado en menos tiempo. Ello incide positivamente en la docencia, porque se ordena a la facilitación de los procesos de corrección o retroalimentación de los educandos.

A partir de lo expuesto se puede plantear la siguiente hipótesis general para la presente investigación: Se pueden medir cuantitativamente brechas o diferencias, entre grupos de distintos grados de experiencia, en el proceso de revisión e informe de imágenes médicas, de modo que estas diferencias permitan deducir tendencias que apoyen al Departamento de Radiología en el diseño o propuesta de una modificación del proceso de enseñanza y aprendizaje, que, disminuyendo los tiempos de formación, contribuya a disminuir la necesidad de especialistas.

## 1.5 Objetivos

En vista de lo anterior, es el objetivo general del presente trabajo: Medir, con sensores biológicos, a estudiantes y expertos de radiología para hallar diferencias significativas que permitan asociar sus distintos grados de experiencia a magnitudes cuantitativas.

Para lograr ello, se ha definido un proceso que contempla el logro de los siguientes objetivos subordinados:

1. Investigar cómo se han relacionado los sensores biológicos con la radiología o su enseñanza para entender cómo aprovecharlos en una medición.
2. Determinar y diseñar el estudio que realice la medición.
3. Ejecutar el estudio diseñado para obtener resultados cuantitativos.
4. Estudiar estadísticamente el resultado de las mediciones en búsqueda de diferencias significativas.
5. Concluir a partir de lo hallado, tanto si esas diferencias son significativas o no.

Estos objetivos subordinados son la consecuencia de dividir el general en tres partes,

1. Primero medir,
2. Luego, hallar diferencias, y, por último,
3. Determinar si las diferencias halladas permiten cuantificar la experiencia.

En cuanto a la medición, dado el contexto del convenio entre el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería y el Departamento de Radiología, se vuelve necesario primeramente conocer aquello con lo que se cuenta, y que vendría a ser el principio del trabajo a realizar. Tres son las características que dan inicio al presente trabajo, primero, el convenio entre ambas instituciones; segundo, las capacidades para investigar (medir) del Instituto; y por último, los atributos, necesidades e intereses del Departamento. Estudiar estos tres principios y cómo se pueden relacionar dará la base para luego decidir la mejor manera de medir, y de aquí nace el primer objetivo subordinado.

Luego, para poder llegar a medir, se deberá realizar un estudio adecuado, que primero requerirá ser diseñado. De aquí los objetivos segundo y tercero.

En última instancia, teniendo los resultados del estudio, habrá que procesar los datos y realizar un análisis estadístico buscando las diferencias cuantitativas que se esperan. Esta es la causa del cuarto objetivo.

Finalmente, mediante el cumplimiento del objetivo general, hallando diferencias significativas, se podrá tener un insumo para respaldar empíricamente las decisiones que se puedan tomar en la modificación del sistema de enseñanza y aprendizaje.

Es por este motivo que se prefirió acudir al término «subordinado» y no «específico» para calificar a estos objetivos derivados del general. La intención es entender el trabajo, para cumplir el objetivo general, como un proceso al que se le puedan determinar hitos intermedios cuyo alcance implique ir completando el proceso y acercarse al cumplimiento del fin, que es el objetivo general. Luego, el alcanzar estos hitos mencionados se corresponde con el cumplimiento de los objetivos que se derivan del general.

Pero estos objetivos derivados, no son necesariamente una especificación del objetivo general, en tanto que a este último no se lo concibe como conteniendo a aquellos (donde determinar una diferencia específica resultaría forzoso), sino más bien, como la consecuencia del cumplimiento de aquellos. De tal manera, más que un objetivo general, sería un objetivo final o superior, al que los otros deben ordenarse, y de aquí que se los prefiera denominar subordinados y no específicos.

## 1.6 Metodología

La ciencia que trata el método, se llama metodología. El término método proviene de las voces griegas para decir *en camino* o *vía*<sup>16</sup>, además se asocia también a las ideas de procedimiento, compendio, orden y principios, así como al *arte de enseñar*<sup>17</sup>. Luego, una metodología exige determinar el camino que se seguirá y el orden que se tendrá para la consecución de los objetivos declarados.

Este método, ha de constar de un proceso de análisis y otro de síntesis. El primero, que consiste en dividir racionalmente el todo en las partes para hallar relaciones o funciones, permite inducir principios generales a partir de hechos particulares. El segundo, que reconstituye un compuesto a partir de sus partes, permite deducir de un principio general una consecuencia particular. Éste es el proceso por el que se pueden adquirir nuevos conocimientos.

En cuanto al primer objetivo subordinado, investigar cómo se han relacionado los sensores biológicos con la radiología o su enseñanza para entender cómo aprovecharlos en una medición, el trabajo consistirá en cuatro búsquedas de información y antecedentes. Una búsqueda corresponderá

---

<sup>16</sup> Cf. [21], 155p.

<sup>17</sup> Cf. [53], 205p. y [22], 565p.

a estudios previos que involucren a la radiología con la tecnología del seguimiento de miradas y eventualmente otro tipo de sensores. También se averiguará cómo aprovechar los sensores disponibles. Otra búsqueda estará dedicada a conocer al Departamento de Radiología de la Universidad de Chile y su Centro de Imagenología anexo, el sistema de funcionamiento, el de enseñanza, y otras características que le sean propias. Con esto se conocerá el objeto del experimento. Una tercera búsqueda consistirá en indagar antecedentes sobre pedagogía en radiología, que idealmente abulten la primera búsqueda. Por último, la cuarta se enfocará en las herramientas estadísticas y de la ingeniería que sean útiles para la realización del estudio y el posterior trabajo con la información obtenida. Evidentemente, estos cuatro conjuntos de tareas no requieren ser ejecutadas de un modo secuencial, sino que perfectamente se solaparán en el tiempo.

En cuanto al segundo objetivo subordinado, consistente en determinar y diseñar el estudio que realice la medición, se podrá concluir una vez obtenidos y analizados los antecedentes que sean necesarios. También quedará determinado por las capacidades de las dos instituciones involucradas y los alcances en los que se enmarque el trabajo final. Para ello se definirán las tareas de medición a realizar, se harán pruebas para evitar errores y se preparará un protocolo del estudio.

En lo que respecta al tercer objetivo, consistente en ejecutar el estudio diseñado para obtener resultados cuantitativos, se actuará según lo que se disponga en el segundo. Se deberá procurar que los datos, a medida que se vayan obteniendo, sean bien cuidados para evitar pérdida de información o desorden al guardarlos.

Para el cuarto objetivo, consistente en estudiar matemáticamente el resultado de las mediciones en búsqueda de diferencias significativas, primero se procesarán los datos para ajustarlos a los requisitos de forma que exigen los cálculos matemáticos que les sean aplicables, en virtud de las investigaciones que se hallan realizado y el diseño del estudio.

Para el último objetivo que consiste en concluir a partir de lo hallado, tanto si esas diferencias son significativas o no, se revisará el conjunto de lo obtenido con el estudio y las investigaciones. De aquí se analizará cada parte de la información buscando aportar con insumos que contribuyan a la solución del problema.

Dada la naturaleza de cada uno de los objetivos y sus respectivas propuestas de trabajo, se puede reconocer que incluyen un proceso analítico seguido de uno sintético. Para el primer objetivo, el análisis consistirá en el estudio de lo compilado en cada una de las investigaciones, y el resultado será la síntesis. Para el segundo, el análisis estará en considerar las partes constitutivas de toda medición, para sintetizar con una propuesta definitiva, consistente en el diseño y el protocolo experimental. Para el tercer objetivo, si bien su trabajo es más aplicado, se le puede reconocer una parte analítica en cómo se vaya evaluando la experimentación o el avance de las mediciones, mientras que su parte sintética será cómo se aborden las dificultades que vayan apareciendo y cómo se manipulen los datos recogidos para las etapas posteriores. Con respecto al cuarto objetivo, incluye directamente un análisis estadístico y matemático, la síntesis se hallará en la interpretación de los resultados matemáticos. Para concluir, con la etapa que responde al último objetivo, será analítica la labor de reunir todo lo obtenido de las distintas etapas del trabajo, para hallar las relaciones entre cada uno de estos resultados, y la síntesis corresponderá a las conclusiones que se entreguen.

Los capítulos siguientes corresponden a cada uno de los logros de los objetivos, respectivamente,

1. El marco conceptual, como resultado de las cuatro investigaciones,
2. El diseño del estudio, como respuesta al segundo objetivo,
3. El capítulo de resultados contiene lo recopilado de los experimentos y el estudio matemático, y
4. El capítulo de conclusiones responde al último objetivo específico.



## 2 Marco conceptual

### 2.1 Estado de la cuestión

En una de las más recientes publicaciones que tratan sobre el comportamiento de los radiólogos al revisar visualmente una imagen, Ganesan et al.<sup>18</sup> han hecho un repaso de los factores que concurren en los errores de diagnóstico. Dos aspectos resultan de particular relevancia para este proyecto: en primer lugar, se menciona que entre los tipos de soluciones propuestos para contrarrestar estos errores está la detección asistida por computador y la introducción de estrategias educacionales, y en segundo, menciona áreas que quedan por explorar propias de los estudios acerca del comportamiento de la mirada en el diagnóstico imagenológico. Sobre esto último, conviene citar lo dicho por los autores, que en cuanto a uno de estos factores mencionan que «se necesitan investigaciones adicionales para estudiar (...) el efecto de la fatiga visual de los radiólogos en su comportamiento de búsqueda visual y en su precisión en la detección». En general, concluyen que «(...) quedan muchas preguntas, por ejemplo, cómo usar la información del comportamiento de búsqueda para acelerar la adquisición de experiencia, cómo mejorar el rendimiento de los revisores con comentarios sobre los errores que probablemente cometan (lo que se puede predecir en función de los perfiles de decisiones anteriores de los revisores) y cómo contrarrestar la Satisfacción en la Búsqueda de manera efectiva». Cabe señalar, que la satisfacción en la búsqueda es calificada como uno de los principales factores que contribuyen en la explicación de los errores de omisión cometidos por radiólogos; y se refiere a un cese anticipado de la revisión de la imagen cuando se juzgan suficientes los hallazgos patológicos ya realizados.

Por otro lado, Yankaskas et al.<sup>19</sup> exponen que, si bien en al menos doce países de Europa, en Japón y Uruguay, lo habitual es que en todos los informes radiológicos se haga una doble revisión (que dos radiólogos revisen un mismo caso), lo que muestra que en algún nivel existe la aplicación de una política para disminuir el error; hay otros países donde esta práctica no es costumbre general, como en Inglaterra y Estados Unidos de América. Y según Gilbert et al.<sup>20</sup>, dado que en este último país lo común es que los informes radiológicos sean realizados por un único facultativo, esto ha permitido que florezcan comercialmente los sistemas computacionales de apoyo a la detección, como medida para mitigar errores de omisión. Acá en Chile, lo habitual es también que sólo se haga una revisión.<sup>21</sup>

---

<sup>18</sup> Cf. [9]

<sup>19</sup> Cf. [50]

<sup>20</sup> Cf. [51]

<sup>21</sup> Lo aquí afirmado fue comprobado in situ en el Departamento de Radiología y reconocido por los mismos médicos.

Es importante señalar que Phillips et al.<sup>22</sup>, basados en su investigación, afirman que se ha demostrado que mejora el desempeño del radiólogo si se le indican los lugares en los que ha fijado su mirada en una primera instancia, y se le solicita que repita su revisión; a esto se le ha llamado, mencionan ellos, retroalimentación perceptual. De aquí se recoge, primero, que esta retroalimentación es precisamente la tarea que realiza una aplicación computacional de apoyo, y segundo, que las herramientas de seguimiento de miradas (*eyetrackers*) son el medio lógicamente necesario.

Pow et al., Lee et al., Watcher y Graber<sup>23</sup>, todos afirman que el uso de estas aplicaciones computacionales es una medida que soluciona en parte el diagnóstico erróneo porque sirve para mejorar el desempeño en la revisión. Ahora bien, salvo Graber que no toca la cuestión, los otros estudios advierten que esta tecnología también ha demostrado, bien no ser muy precisa, bien que pueden aumentar los falsos positivos; señalando que tienen mucho que mejorar y que no tienen un desempeño tan bueno (menos mejor) que el ejercicio de la doble revisión<sup>24</sup>. Pero también, es importante destacar que tales afirmaciones se basan en estudios publicados en 2009 o antes, e incluso Watcher critica algunas aplicaciones computacionales basándose en estudios de 1987 y 1989. Sin embargo, es evidente que la tecnología basada en aprendizaje automático (también conocida como *machine learning*) no solo ha mejorado en la última década, sino que también se ha masificado, al menos en la academia.

En otra arista del problema, no se debe dejar de considerar que las estrategias educacionales constituyen también un tipo de solución. El problema del diagnóstico erróneo no puede resolverse sin educación, pero tampoco puede resolverse sólo con educación<sup>25</sup>. Graber<sup>26</sup> afirma que los programas de enseñanza médica deben incorporar doctrina acerca de la toma de decisiones y reconocer, para corregir, prácticas o tendencias cognitivas que entorpecen un correcto desempeño. Lee et al.<sup>27</sup>, indican que la formación académica de los radiólogos debe ser integral, de casos variados, con aplicaciones reales, que desarrolle en conjunto y se combinen habilidades analíticas e intuitivas, que se consideren múltiples factores al evaluar un caso, que haya métodos robustos de evaluación, y que inculque el juicio clínico maduro, el tener consciencia de los sesgos cognitivos, las estrategias para mitigarlos y la dedicación en hacerlo. También mencionan que resulta muy importante enseñar a reportar bien, y se critica la poca cobertura que se le da a esta materia en los

---

<sup>22</sup> Cf. [10]

<sup>23</sup> Cf. respectivamente [11], [12], [57], [14]

<sup>24</sup> Cf. Pow et al. [11] y Lee et al. [12]

<sup>25</sup> Esto lo afirman Lee et al. [12]

<sup>26</sup> Cf. [14]

<sup>27</sup> Cf. [12]

planes curriculares. Y ambos estudios ponen particular énfasis en que la retroalimentación oportuna es necesaria para un mejor entrenamiento, lo cual ofrece una oportunidad de enlace entre este enfoque educativo y el tecnológico (tratado más arriba). Watcher<sup>28</sup> se une a las críticas al sistema educativo confirmando lo anterior en modo general, y agregando que el entrenamiento de los médicos no puede basarse en la serendipia y que en los programas educativos se debe estudiar de manera formal el diagnóstico acompañado de métodos robustos de evaluación.

Una interesante recopilación realizada por A. van der Gijp et al.<sup>29</sup> en 2017 realiza una revisión sistemática de la literatura académica sobre el uso del seguimiento de miradas en el diagnóstico radiológico. En ella, se afirma que en los últimos 20 años los estudios se han enfocado en hallar patrones y diferencias entre radiólogos de distintos niveles de experiencia. Y si bien intentaron tratar el tema de la enseñanza de estrategias de búsqueda visual, al hallar sólo un estudio que además presenta resultados adversos, prefirieron no atender la cuestión, y en particular investigar sobre métodos para enseñar a novatos a revisar una imagen eficientemente.

También en 2017, Rosenkrantz et al.<sup>30</sup> publicaron un estudio donde midieron una pequeña mejora en un experimento donde se entregaba retroalimentación, que llamaron continua, a los radiólogos de un modo simple: indicando lugares importantes de la imagen con flechas en la pantalla. Esto es consistente con lo dicho más arriba acerca de la retroalimentación oportuna, y queda clara la oportunidad que hay para el presente trabajo si se combinan las herramientas computacionales con las ideas de dar una retroalimentación oportuna y continua.

Un estudio interesante para la presente investigación se publicó en el año 2015, donde Kok et al.<sup>31</sup> se abocaron a evaluar la efectividad del ejercicio de comparar radiografías en tanto técnica que la literatura académica recomienda como medio para reforzar el aprendizaje de su interpretación. Circunscribiéndose a radiografías de tórax, y con el auxilio de un aparato de seguimiento de miradas<sup>32</sup>, se prepararon cuatro tipos de pares de imágenes para comparar: dos radiografías con la misma patología (con distintos pacientes), dos radiografías con patologías diferentes, una radiografía con una patología y una radiografía de un paciente sano, y dos veces la misma radiografía con una patología. Esta última se utilizó a modo de tratamiento de control. Si bien se concluye que cada tipo de comparación contribuye de mejor manera a distintos objetivos del entrenamiento en el reconocimiento de signos radiológicos, de acuerdo con lo que los mismos

---

<sup>28</sup> Cf. [57]

<sup>29</sup> Cf. [15]

<sup>30</sup> Cf. [52]

<sup>31</sup> Cf. [16]

<sup>32</sup> Como el presente estudio

autores afirman<sup>33</sup>, si se considera el tiempo, resultan más efectivas las comparaciones donde en ambas radiografías hay enfermedades distintas y donde la misma enfermedad se manifiesta en distintos pacientes. Y en concordancia, el grupo con el tratamiento de control, en que se les mostró la misma radiografía duplicada, tomó casi un 30% más de tiempo en estudiar cada caso, en comparación con los grupos en que efectivamente pudieron comparar radiografías distintas<sup>34</sup>.

Los autores hallan sorprendentes sus resultados dado que la literatura académica sugiere la comparación entre tejido normal y anormal para conocer mejor las características de las anormalidades, aunque es posible que no estén considerando que sus sujetos de prueba no son completamente legos<sup>35</sup>, porque corresponden a estudiantes de tercero de medicina que, si bien tienen, en general, menos de dos horas de experiencia en radiología, cuentan ya a su haber con conocimientos que les permiten estar adelantados al momento de reconocer signos radiológicos característicos de las patologías, al igual que los becados de primer año<sup>36</sup>. Esto invita a pensar que los estudiantes de radiología no requieren tanto comprender los signos que manifiestan la presencia de una patología para poder afirmar en general que el paciente no está sano<sup>37</sup>, sino que les toca entrenarse en un siguiente paso, que es el reconocimiento de las características propias de cada patología para diagnosticar correctamente, y poder reportar en qué específicamente el paciente no está sano.

Por último, cabe destacar el estudio de 2016 de Kelly et al.<sup>38</sup>, que resulta ser muy similar a lo que se espera realizar con el estudio de esta investigación. En ella participaron 21 médicos con distintos niveles de experiencia en radiología, separados en cuatro grupos, a cada uno se les mostró 30 radiografías de tórax y se les preguntó si reconocieron la presencia de neumotórax, las radiografías se seleccionaron de tal modo que 14 resultasen positivas a la presencia de esa patología y 16 negativas. Hechas las mediciones se comparó la capacidad predictiva de los grupos mediante un análisis de curvas ROC<sup>39</sup>, que mostraron mejores resultados a medida que mayor fue la experiencia. Y también se correspondió con una mayor experiencia, la exactitud en el diagnóstico y menores

---

<sup>33</sup> Cf. [16], p.1233, col. 2

<sup>34</sup> Cf. [16], p. 1232, col. 1

<sup>35</sup> Cf. [1], segunda acepción. Término propiamente eclesiástico, de uso común y extendido en la jerga médica, y de otras profesiones, para referirse a quienes no tienen el conocimiento que profesan. En este caso, se utiliza para denominar a quienes no son radiólogos.

<sup>36</sup> Porque ya concluyeron sus estudios de medicina general.

<sup>37</sup> Porque ya tienen herramientas o habilidades cognitivas para deducirlo.

<sup>38</sup> Cf. [49].

<sup>39</sup> Véase la sección 2.4.5.

niveles grupales de las medidas propias del seguimiento de miradas, como el tiempo antes de la primera fijación, la duración total de las fijaciones el máximo conteo de visitas, la cantidad de fijaciones antes del área de interés, y el tiempo total de revisión.

## 2.2 Sensores y herramientas de medición

A continuación, se presenta brevemente los sensores y otras herramientas de medición disponibles<sup>40</sup> y su utilidad para el presente estudio<sup>41</sup>.

### 2.2.1 Seguimiento de miradas

El seguimiento de miradas constituye el principal método de medición disponible, y el que da origen al trabajo realizado. La medición de qué es lo que un sujeto ha mirado según el movimiento y posición de sus ojos se ha conseguido realizar y estudiar ya desde finales del siglo XIX y principios del XX<sup>42</sup>.

Cabe señalar que la doctrina sobre el movimiento ocular reconoce dos etapas características de la mirada, las *fijaciones*, que corresponden a los lugares en que se detiene la mirada, y las *sacadas*, que es la parte del recorrido que hace la mirada entre fijaciones<sup>43</sup>. Además, las fijaciones pueden asociarse a momentos de atención de la persona que está mirando<sup>44</sup>.

Si se concibe que la mirada tiene un punto en el que se concentra, aquel en que se cruzan las proyecciones en línea recta que parten desde el centro de la pupila de cada ojo, y si en ese punto se puede afirmar que la persona está mirando, entonces, se puede suponer que la mirada es capaz de hacer un recorrido en el campo visual, porque este podría entenderse precisamente como una sucesión de puntos. A partir de esta concepción, para registrar el recorrido de la vista, una máquina puede tomar mediciones de la posición con una determinada frecuencia, de manera tal que pueda considerarse como fijación una concentración de estas posiciones medidas, y como sacadas, las líneas formadas por los puntos entre tales concentraciones.

---

<sup>40</sup> Más precisamente, se tratan aquí las características de los sensores que efectivamente se utilizaron.

<sup>41</sup> Un mayor detalle de su funcionamiento, características o fundamentos teóricos puede encontrarse en las referencias que en su lugar se indican.

<sup>42</sup> Cf. [20], sección 2.1.

<sup>43</sup> Para mayor abundamiento, cf. [29], 11p.

<sup>44</sup> Cf. [29], sección 2.3.1, 11p.

Los nuevos aparatos dedicados a este tipo de tecnología permiten obtener rápidamente todo tipo de medidas relacionadas con la posición de los ojos, que pueden asociarse a la mirada y su comportamiento<sup>45</sup>.

Con la intención de cuantificar la atención, es común en las investigaciones realizadas con seguimiento de miradas la separación de algunas partes del campo de visión, entendido como una superficie, para evaluar si la mirada se posó en ellas. Estas partes de la superficie total de la visión son llamadas *áreas de interés*<sup>46</sup>.

También se pueden obtener otros datos acerca de la dilatación de la pupila que puede asociarse a un nivel de atención de la persona al mirar un objetivo, que también se le califica como carga cognitiva o mental<sup>47</sup>.

Para el presente estudio se halló pertinente la consideración de las siguientes mediciones.

1. **Tiempo total en una superficie.** Esta medida puede entenderse como la duración de la mirada dentro de una superficie. Este concepto de duración suele asociarse<sup>48</sup> a la atención que se le ha dado por el observador a un objeto de interés, o bien a la información que puede ser obtenida de ese objeto por el observador.
2. **Tiempo hasta la fijación en un área de interés.** Esta medida, que suele llamársele también tiempo de entrada en el área de interés, corresponde a una medida de latencia, que consiste en cuánto se demora el sujeto en reaccionar ante un estímulo, en este caso, aquello que es marcado por el área de interés. Se puede considerar que haya una correlación con el tiempo de búsqueda, y puede asociarse, además, a la experiencia del participante<sup>49</sup>.
3. **Cantidad de fijaciones.** Cuando hay muchas fijaciones en algún lugar determinado, puede entenderse que existe una dificultad en la búsqueda de algún objetivo dentro de ese lugar<sup>50</sup> y, complementariamente, como una medida de la experiencia del sujeto al buscar<sup>51</sup>. Pero interpretándola de otro modo, la cantidad de fijaciones en general puede ser también

---

<sup>45</sup> A modo de ejemplo, cf. [30] sección 10.10, 127p y siguientes.

<sup>46</sup> Cf. [20], sección 3.2.4.

<sup>47</sup> Cf. [54], sección 2.4.2, 13p, y [29], sección 2.3.2, 12-13p.

<sup>48</sup> Cf. [20], secciones 11.4.6 y 11.4.7.

<sup>49</sup> Cf. [20], sección 13.1.6.

<sup>50</sup> Vale considerar que tanto el objetivo como la zona que lo incluye pueden ser considerados en la práctica como áreas de interés.

<sup>51</sup> Cf. [20], sección 12.7.1.

entendida como una medida de experiencia en tanto que se ha visto en varios estudios que los sujetos más experimentados suelen omitir la vista detenida de algunas partes irrelevantes y también tienen mayores lapsos de visión, lo que se traduce en menores fijaciones que sus contrapartes menos experimentadas<sup>52</sup>.

4. **Cantidad de fijaciones antes de un área de interés.** Esta medida puede considerarse como una alternativa a la latencia, según lo dicho para la segunda medida, puesto que en vez de calcular un tiempo se contabiliza la cantidad de fijaciones. Así, más que la demora de la reacción, se puede entender como la dificultad en el hallazgo de un estímulo.
5. **Velocidad entendida como fijaciones por unidad de tiempo.** Esta medida puede ser indicativa de la dificultad en realizar una tarea o de la necesidad de poner atención al realizarla, lo que se podría calificar como calidad de desempeño. También, esta medida puede entenderse como una de carga mental<sup>53</sup>.
6. **Promedio de la amplitud sacádica.** Esta amplitud se entiende como los grados del ángulo que se forma entre el ojo y los puntos de dos fijaciones seguidas<sup>54</sup>. La amplitud sacádica, similarmente con la medida anterior de velocidad de fijaciones, se puede asociar a la dificultad de una tarea o al aumento de la atención (o carga mental)<sup>55</sup> porque en general mayores ángulos se corresponden a una omisión de fijaciones en partes irrelevantes, o menos fijaciones en una misma extensión de la imagen.
7. **Amplitud sacádica antes de un área de interés.** Si menores amplitudes pueden asociarse a fijaciones más juntas, sugiriendo una mayor dificultad en la tarea o una mayor atención, y si se entiende al área de interés como un estímulo importante, las amplitudes antes y después del área debiesen responder a un comportamiento diferente.

## 2.2.2 Otros aparatos

Complementando las mediciones de seguimiento de miradas, en el presente estudio se han incluido los siguientes aparatos de medición.

1. **Electroencefalógrafo**, para medir la actividad eléctrica del cerebro con la intención de asociarla a estados de ánimo o carga mental<sup>56</sup>.

---

<sup>52</sup> *Ibíd.*

<sup>53</sup> Cf. [20], sección 12.7.3.

<sup>54</sup> Cf [30], sección 10.10.7.1, 134p.

<sup>55</sup> Cf. [20], sección 10.2.1.

<sup>56</sup> Cf. [29], sección 2.3.3.

2. **Sensores de actividad electrodérmica, o de respuesta galvánica de la piel**, que miden cambios en la conductancia eléctrica de la piel. Estos cambios pueden asociarse a variaciones involuntarias en el estado de ánimo o a una excitación psicológica y fisiológica, como respuesta a determinados estímulos<sup>57</sup>.
3. **Fotopleletismógrafo**, aparato que mide el cambio de volumen de un órgano corporal mediante una señal lumínica<sup>58</sup>, utilizado en una zona de tejido capilar permite tener una medición del pulso cardíaco<sup>59</sup>. La medida del pulso cardíaco puede asociarse a una reacción emocional de la persona<sup>60</sup>.
4. **Oxímetro de pulso, o saturómetro**, es un aparato que mide el pulso y la saturación de oxígeno en la sangre. Esta información puede ser útil para cuantificar el efecto de la demanda física y mental, o fatiga, de alguna tarea que realice la persona.
5. **Termómetro corporal**, cuyas mediciones pueden asociarse a una mayor tensión de la persona ante ciertos estímulos cuando la temperatura aumenta, y a una relajación cuando la temperatura disminuye<sup>61</sup>.
6. **Sensores ambientales de contexto**. Es muy útil contar con mediciones que puedan afectar el entorno en el que la persona está realizando una tarea, porque pueden asociarse a la tensión o fatiga, o pueden ayudar a controlar la presencia de estímulos externos a los controlados directamente en el trabajo de investigación, a modo de extensión. Mediciones útiles de variables ambientales pueden ser la vibración, concentración de dióxido de carbono, temperatura ambiental, nivel de ruido y luminosidad en áreas de trabajo<sup>62</sup>.

### 2.2.3 Otro tipo de mediciones

Para concluir esta sección, es pertinente considerar algunos cuestionarios que complementan a los sensores descritos en la parte anterior.

1. **Escala de somnolencia Karolinska**, conocido como KSS por su sigla en inglés<sup>63</sup>, consiste en una serie ordenada de nueve opciones de respuesta a la pregunta «¿cómo se siente?» con las que se puede reportar cuantitativamente la somnolencia, y ha sido validada en el uso por

---

<sup>57</sup> Cf. [29], sección 2.3.4, 16p.

<sup>58</sup> Cf. [54], sección 3.1.1.2, 42p.

<sup>59</sup> Cf. [29], sección 3.1.2, 50p.

<sup>60</sup> Cf. [31], sección 5.1, 13p.

<sup>61</sup> Cf. [54], sección 2.4.6, 18p.

<sup>62</sup> Cf. [33], sección 2.3, 18p.

<sup>63</sup> *Karolinska Sleepiness Scale*.



varios estudios científicos<sup>64</sup>. Las nueve respuestas se muestran a continuación<sup>65</sup>, con su respectivo nivel asociado,

- a. Extremadamente alerta (nivel 1),
  - b. Muy alerta (nivel 2),
  - c. Alerta (nivel 3),
  - d. Algo alerta (nivel 4),
  - e. Ni alerta ni somnoliento (nivel 5),
  - f. Alguna señal de somnolencia<sup>66</sup> (nivel 6),
  - g. Somnoliento, sin esfuerzo para mantenerse despierto (nivel 7),
  - h. Somnoliento, poco esfuerzo para mantenerse despierto (nivel 8), y
  - i. Muy somnoliento, alto esfuerzo para mantenerse despierto, lucha con el sueño (nivel 9).
2. **Prueba NASA-TLX**<sup>67</sup>, consiste en una batería de preguntas que permite cuantificar la carga que ha implicado una tarea que se acaba de realizar. A partir de esta prueba, se puede obtener una medida del rendimiento mental y físico del usuario, así como de su esfuerzo y frustración<sup>68</sup>. Para ser usado en castellano, existe una versión<sup>69</sup> publicada por el Campus de Prevención del Instituto de Seguridad Laboral, dependiente del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
3. **Prueba del modelo circunflejo de las emociones**, es una manera de preguntar cómo se siente una persona en que las respuestas se encuentran ordenadas según un nivel de agrado y a la vez un nivel de activación<sup>70</sup>.

## 2.3 Departamento de Radiología

Se hizo una averiguación in situ del funcionamiento del Departamento con la intención de comprender el contexto en el que se enseña la radiología.

---

<sup>64</sup> Cf. [33], sección 2.3, 19p.

<sup>65</sup> La traducción está tomada del mismo lugar referenciado en la nota anterior.

<sup>66</sup> No obstante lo dicho en la nota anterior, se ha juzgado mejor adaptar la traducción en esta respuesta.

<sup>67</sup> Su nombre proviene del inglés NASA debido a que fue propuesto por una investigadora del centro Ames de la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, de Estados Unidos), y *TLX* son una abreviación de los términos *Task Load Index* que significan *índice de carga de la tarea*. Cf. [34].

<sup>68</sup> Cf. [35].

<sup>69</sup> Cf. [36].

<sup>70</sup> Cf. [37], sección 3.1 y su figura asociada.

En términos académicos, la radiología es una especialidad primaria de la medicina, y su programa de estudio otorga el título profesional de especialista en radiología<sup>71</sup>. Se entiende como una carrera de postítulo, por lo que depende de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Medicina<sup>72</sup>.

El programa de estudio está basado en pequeños cursos de cuatro semanas de duración denominados *rotaciones*. A cada alumno se le asigna su propia sucesión de rotaciones de acuerdo con su propio avance académico y las capacidades de cada rotación.

Existen en total 36 rotaciones, 12 por año, que cubren las siguientes áreas de formación<sup>73</sup>,

1. Bases de la Radiología,
2. Radiología por sistemas,
3. Radiología intervencional,
4. Tomografía computada,
5. Ecografía,
6. Resonancia magnética,
7. Imagenología en medicina nuclear básica,
8. Imagenología pediátrica.

Este plan se desglosa en los siguientes programas<sup>74</sup>, que a su vez se componen de una o varias rotaciones,

1. Programa rotación de tomografía computada y resonancia magnética de abdomen y pelvis,
2. Programa rotación de radiología digestiva y genitourinaria,
3. Programa rotación de ultrasonido general,
4. Programa de imagenología mamaria,
5. Programa de imagenología torácica,
6. Programa de radiología intervencional,
7. Programa de imagenología pediátrica,
8. Programa de imagenología músculo esquelética,
9. Programa de ultrasonido *Doppler*,
10. Programa de neurorradiología,
11. Programa de técnicas radiológicas, tomografía computada y resonancia magnética,  
Programa de medicina nuclear para residentes de imagenología,
12. Programa de imagenología para residentes de tercer año en hospital San Juan de Dios,

---

<sup>71</sup> Cf. [38].

<sup>72</sup> Cf. [39].

<sup>73</sup> Cf. La malla curricular según el Decreto Universitario 007001 de 1995, [38], 9p.

<sup>74</sup> Cf. [38], 9p.

### 13. Diploma en gestión de unidades clínicas, mención imagenología.

Este programa de formación está en concordancia con el Currículo Europeo de Formación en Radiología<sup>75</sup>, que también considera un sistema de formación en base a rotaciones<sup>76</sup>. Cabe mencionar, que además de haberse aprobado por cada sociedad nacional de radiología de los países miembros de la Unión Europea<sup>77</sup> y por la Unión Europea de Especialistas Médicos, también lo aprobaron otras 28 sociedades nacionales de radiología de países que no son europeos, pero cuyas sociedades igualmente son miembros institucionales de la Sociedad Europea de Radiología. Entre estos últimos países se encuentra Chile.

Anualmente, el programa de estudio comienza el primer día de abril, y al concluir cada año, los alumnos deben rendir el Examen Clínico Objetivo Estructurado<sup>78</sup>, que consiste en una evaluación de competencias de todas las rotaciones que cada uno realizó y completó durante el año.

Diariamente, el régimen de trabajo de los estudiantes de radiología, también llamados becados o residentes<sup>79</sup>, comienza con una entrega de turno entre 7:45 y 8:00 horas, y entre las 8:00 y las 8:30 horas, se realiza un seminario donde se discuten temas y casos interesantes a cargo del equipo docente<sup>80</sup>. Luego, a las 8:30 horas cada alumno se dirige a la unidad de su rotación, y estará trabajando con el equipo docente en el informe de imágenes hasta las 17:00 horas, con derecho a una hora de almuerzo.

Evidentemente, el grueso de la formación corresponde al entrenamiento en el diagnóstico e informe de imágenes radiológicas, en un método de enseñanza y aprendizaje donde el académico controla directamente cada avance en el trabajo del alumno, y la retroalimentación resulta ser casi siempre inmediata o con poca diferencia de tiempo<sup>81</sup>.

---

<sup>75</sup> Cf. [40].

<sup>76</sup> Se infiere de lo dicho en el currículo, cf. *ibíd.* 7p.

<sup>77</sup> Salvo el Reino Unido, que era miembro de la unión a la fecha de elaboración del currículo.

<sup>78</sup> En el programa se le menciona por su sigla en inglés «OSCE», que viene de *Objective Structured Clinical Examination*. Cf. [41].

<sup>79</sup> Cf. [38] y [40].

<sup>80</sup> Cf. [38], 12p.

<sup>81</sup> Esto último, sobre la retroalimentación, fue reportado por los académicos que participaron del experimento.

## 2.4 Conceptos y herramientas de la ingeniería

Para el desarrollo de esta investigación se ha contado con diversas herramientas habituales en la actividad ingenieril, que en esta sección del capítulo se presentan<sup>82</sup>.

### 2.4.1 Pruebas de hipótesis

La Estadística es una rama de la matemática que utiliza grandes conjuntos de datos numéricos para obtener inferencias basadas en el cálculo de probabilidades<sup>83</sup>. El cálculo de probabilidades permite conocer el comportamiento esperado, en términos generales, de una medida como consecuencia de poder asociarla a un resultado matemático. Se llama población a un grupo general de individuos del que se busca conocer alguna característica a la que se pueda asociar una medida cuantitativa. Las poblaciones suelen ser conjuntos muy grandes como para ser medidos directamente en cada uno de sus componentes individuales, es por esta razón que se recurre a una parte de esta población, llamada muestra, a la que se la puede estudiar efectuando mediciones, con la intención de generalizar los resultados para conocer la característica de la población mediante un proceso inductivo.

La doctrina de las probabilidades matemáticas es un estudio de los valores numéricos en potencia, que permite cuantificar esta potencialidad. Se define el concepto de variable aleatoria, que consiste en una magnitud que puede tomar diversos valores. Luego, se puede decir que la variable aleatoria tiene muchos valores en potencia, y se puede considerar que en un momento tomará un valor de estos que estará en acto. Así, al momento de estimar, es posible afirmar con precisión numérica el valor en acto, principalmente porque la incertidumbre radica en la incapacidad de predecir con certeza el futuro. A esta precisión numérica de la potencialidad de un valor, en términos matemáticos, se le llama probabilidad. Ahora bien, es posible asociar la probabilidad matemática a una proporción, es decir a la parte de un todo, como consecuencia de una realización múltiple de valores potenciales (i.e. donde resultan múltiples valores en acto). Porque si un valor es más probable que otro, y se puede cuantificar cuánto más o menos probables son los diversos valores potenciales, si se tiene un conjunto de estos valores en acto, claramente los valores más probables debiesen estar en una proporción mayor y los menos probables en una proporción menor.

De este modo, si no existe la capacidad de medir los componentes individuales de un efecto agregado debido al tamaño grande del conjunto total, y si mediante el análisis de una parte de este conjunto, se puede reconocer sus probabilidades asociadas; entonces, se podrá también deducir el comportamiento general, gracias a la relación que tienen las proporciones con las probabilidades.

---

<sup>82</sup> Si bien en esta parte de la investigación se intentó realizar una revisión exhaustiva, sólo se presentan aquellos conceptos y herramientas que efectivamente se utilizaron en el experimento, el resto que no tuvo aplicación se ha omitido para evitar un abultamiento innecesario.

<sup>83</sup> Cf. [1].

Este el fundamento de las afirmaciones estadísticas, que estiman los valores que debiesen tener mediciones poblacionales a partir de los valores de mediciones de muestras. Y a partir de estas mediciones poblacionales estimadas, con cierta probabilidad, se pueden afirmar características poblacionales que puedan asociarse a las mediciones<sup>84</sup>.

Lamentablemente, no siempre es posible conocer las probabilidades de los valores de mediciones poblacionales estimadas, porque a veces el análisis de las muestras no permite asociar su comportamiento a una función de probabilidad, que recibe un argumento numérico para entregar un resultado entendido como una probabilidad. Para cada valor potencial, se requiere como argumento ciertos valores que caractericen completamente a la población, o parámetros, en términos matemáticos<sup>85</sup>. No obstante, gracias a que la probabilidad puede asociarse al efecto de una realización repetida, i.e. mediante cálculos repetidos, es posible asociar una probabilidad aproximada al comportamiento de valores, cuando sus parámetros o su función de probabilidad no se pueden precisar. Y por esto, cuando una muestra es capaz de representar al total de la población, para inferir por ella características generales, se le dice representativa.

El uso de las afirmaciones estadísticas es útil cuando se busca conocer algún efecto mediante la experimentación científica, por la cual se prueban hipótesis obtenidas a partir de la observación. A priori, es posible diseñar experimentos para comprobar una regla que permita predecir un comportamiento, de modo que con los resultados se pueda aceptar o rechazar las hipótesis derivadas de la regla. Gracias a las herramientas estadísticas, se pueden diseñar experimentos donde se prueben hipótesis referidas a características poblacionales, a partir de mediciones sobre muestras, que permitirán aceptar o rechazar las hipótesis con una cierta probabilidad. En la práctica común, se busca que tal probabilidad sea de un 95 ó un 99 por ciento, es decir, que la hipótesis no se rechace cuando tenga un 95 ó 99 por ciento de probabilidad de no ser falsa. A esta probabilidad se le llama nivel de confianza, o poder, de la prueba. Lo contrario al nivel de confianza será el nivel de significación, que corresponde a la probabilidad de tener un falso positivo, es decir, de aceptar (no rechazar) la hipótesis cuando es falsa. Si se tiene un 95 ó un 99 por ciento de probabilidad de aceptar una hipótesis cuando es verdadera, respectiva y complementariamente se tendrá una probabilidad de un 5 ó de un 1 por ciento de aceptar la hipótesis cuando es falsa<sup>86</sup>.

El modo matemático de aceptar o rechazar una hipótesis consiste específicamente en intentar rechazar la hipótesis nula, que suele referirse, por ejemplo, a que no hay diferencias en las poblaciones a estudiar. Rechazar la hipótesis nula, implica aceptar la hipótesis alternativa, y se busca que sea razonable tomar esa decisión, lo cual depende de que la posibilidad de aceptar un verdadero positivo (cometer error de tipo I) o rechazar un falso negativo (cometer error de tipo II)

---

<sup>84</sup> Por ejemplo, si una población son los habitantes de un país y se desea conocer como característica de esta población cuán ricos o pobres son, se le puede asociar la medición de los sueldos de cada habitante. Evidentemente, no es posible calcularlo para la totalidad, pero sí se podrá conocer para un grupo, del que se pueda deducir las características probabilísticas de la población.

<sup>85</sup> Cf. [1].

<sup>86</sup> Entendiendo aquí el aceptar como la negación de rechazar.

sea estadísticamente muy baja, convencionalmente, que tenga una probabilidad inferior al 1 ó 5 por ciento.

Para esto, primeramente se supone que la hipótesis nula es cierta, y luego que la muestra, cuyos datos se tienen, representa a la población que se quiere estudiar. Después, a los datos de la muestra se les aplica una función cuyos resultados tienen una distribución de probabilidad conocida, a esta función de los datos de la muestra se le llama *estadístico de la prueba* de hipótesis. La magnitud de este estadístico puede cambiar según la naturaleza de los datos muestrales y las hipótesis. A partir del valor del estadístico de la prueba, como está asociado a una distribución de probabilidad, se calcula el *p-valor*, que se puede entender como la probabilidad de rechazar un verdadero positivo (cometer error de tipo I) al rechazar la hipótesis nula optando por la alternativa. Por lo tanto, se busca que el *p-valor* sea menor a 0,05 ó a 0,01 para considerar que la decisión sea estadísticamente significativa.<sup>87</sup>

#### 2.4.2 Análisis de varianza

El análisis de varianza<sup>88</sup> consiste en un tipo de prueba de hipótesis en que se busca evaluar si se pueden considerar iguales las medias de distintas poblaciones en las cuales se ha aplicado uno o más tratamientos.

En la doctrina del diseño de experimentos, se entiende que las causas pueden conocerse a partir de los efectos, entendiendo sus relaciones como una función matemática de variables dependientes que responden a otras independientes y un resto, que se asocia al azar o a *un error de exactitud del modelo* en explicar la realidad. Entre las variables que puedan considerarse independientes, o también llamadas factores, hay algunas que son particularmente estudiadas en un experimento para intentar comprender su contribución al comportamiento de la variable dependiente. Cuando a estas variables se les puede asignar distintos valores para estudiar la respuesta que se produce, se dice que cada uno de estos valores determinados constituye un nivel. Cada combinación de factores y niveles, a su vez constituye lo que se llama *tratamiento*, y es a lo que se hizo referencia al final el párrafo anterior.<sup>89</sup>

---

<sup>87</sup> Cf. [55].

<sup>88</sup> También se le llama por la abreviación «ANOVA», de su nombre en inglés *analysis of variance*.

<sup>89</sup> Cf. [25], 4-6p.

De lo anterior, en el análisis de varianza se supone que la variabilidad general de los datos se puede separar entre una variabilidad debida a las condiciones de los grupos y otra al azar, entendida como error<sup>90</sup>, del modo que se muestra a continuación.

$$\textit{Variabilidad general} = \textit{variabilidad de los grupos} + \textit{error}.$$

Si la variabilidad como efecto de las condiciones de los grupos predomina por sobre la debida al error, se puede concluir que los tratamientos tienen efecto sobre las poblaciones. Además, este análisis permite comparar a varios grupos a la vez sin aumentar el error<sup>91</sup>. Y, en resumen, permitirá comparar los grupos y concluir si pueden considerarse significativamente diferentes o no.

El análisis de varianza requiere que los datos de los grupos cumplan tres requisitos,<sup>92</sup>

1. Que tengan una distribución normal, lo que se comprueba con el auxilio de las pruebas de Kolmogorov-Smirnoff, cuando la muestra es superior a 50 sujetos, y de Shapiro-Wilks, cuando la muestra es inferior a esa cantidad;
2. Que su varianza sea homogénea, lo que también se llama homocedasticidad, lo que se puede comprobar con la prueba de Levene; y
3. Que sean independientes, lo que se refiere a que los valores de un grupo no estén incluidos por los del otro, esto suele suceder cuando los sujetos que pertenecen a un grupo no pertenecen al mismo tiempo a otros.

No obstante, si no se cumplen los requisitos se tienen las siguientes salidas<sup>93</sup>,

1. Si no se cumple el supuesto de normalidad, habrá que recurrir a la prueba de Kruskal-Wallis que no es paramétrica;
2. Si los datos son heterocedásticos, se deberá recurrir a una modificación del estadístico F del análisis de varianza, la F de Welch o la F de Brown-Forsythe, se recomienda la primera a menos que la media y la varianza de los grupos sea muy grande;
3. Si los datos no son independientes, corresponderá utilizar un análisis de varianza de medidas repetidas.

---

<sup>90</sup> Cf. [24]

<sup>91</sup> En comparación a pruebas t de Student entre dos medias, cuya aplicación consecutiva cuando hay más de dos grupos va aumentando el error de tipo I, es decir, de tener falsos positivos. Cf. [23]

<sup>92</sup> Cf. [24]

<sup>93</sup> Cf. [26]

De todos modos, se puede afirmar que la prueba del análisis de varianza sigue siendo robusta en el caso de que las transgresiones a los dos primeros supuestos no sean muy pronunciadas.<sup>94</sup>

Cuando, en vez de comparar las medias de los grupos de sujetos a los que se les ha realizado una medición, lo que se desea es comparar las medias de los grupos cuando hay más de dos variables independientes o factores a la vez, es menester modificar la aplicación del análisis de varianza. En el caso específico en que se tienen al mismo tiempo tanto factores intra sujetos como entre sujetos, corresponde comparar las medias con una prueba de análisis de varianza mixto.<sup>95</sup>

Se exigiría un análisis de varianza mixto si, por ejemplo, se tiene un factor entre sujetos como los grupos en los que estos se separen, como podrían ser el lugar de origen o los tramos de edad; y a la vez, se les ha aplicado una medida repetida por intervalos de tiempo, una medida compuesta que puede separarse en niveles, o una misma medida bajo distintas condiciones<sup>96</sup>. Esto último se entendería como factores intra sujetos, porque independientemente de los grupos en que pueda haber un sujeto, se le aplican al mismo todas las medidas, con las que una misma persona va presentando respuestas diferentes a cada tratamiento.

Todos estos casos consideran una única variable dependiente de varias independientes. Cuando se tengan dos o más variables dependientes y se necesite estudiar el efecto de las variables independientes, lo que corresponde es realizar un análisis de varianza multivariado<sup>97</sup>.

### 2.4.3 Matriz de Correlación

Una matriz de correlación es una herramienta que permite gráficamente comparar la dependencia lineal de un conjunto de variables. A cada variable se la compara con cada una de las otras, de modo que la matriz resultante es siempre cuadrada, para cubrir cada una de las combinaciones de a pares. Este análisis permite conocer en qué proporción una variable aumenta o disminuye su valor cuando lo hace la otra. Una correlación de 1, indica una proporcionalidad directa entre las variables, mientras que una correlación de -1 es señal de proporcionalidad inversa. Una correlación nula se obtiene con ausencia de una relación lineal entre las variables, lo que no implica ausencia de una relación de otro tipo entre las variables estudiadas.

---

<sup>94</sup> En el caso de la heterocedasticidad, se espera además que los grupos tengan igual cantidad de muestras. Cf. [27]

<sup>95</sup> Cf. [28]

<sup>96</sup> Cf. *Ibíd.*

<sup>97</sup> Cf. [57].



## 2.4.4 Análisis de componentes principales

Otro modo de estudiar las relaciones intrínsecas entre las variables es con el auxilio del análisis de componentes principales. Este análisis consiste en un método matemático que genera a partir de las variables originales, un nuevo grupo de variables que se les denomina componentes principales. Lo que caracteriza a este nuevo grupo es que cada variable o *componente principal* resulta ser una combinación lineal de todas las variables originales, pero, además, las componentes son ortogonales entre ellas, i.e. no se puede formar una con combinación lineal a partir de la otra<sup>98</sup>.

Dado lo anterior, es posible cuantificar cuán relacionadas pueden estar las variables, según la proporción de sus comportamientos que quede explicada por una misma componente principal.

## 2.4.5 Medidas de desempeño

Una manera de estudiar cómo se comporta un modelo predictivo, es mediante una serie de medidas basadas en una categorización de los resultados según lo que se predijo. Para esto, primeramente se suele mostrar una matriz de confusión, tabla de error o tabla de contingencia, en ella se exponen los resultados según si predijeron positiva o negativamente y si tal predicción fue verdadera o falsa.<sup>99</sup>

		<b>Matriz de confusión</b>	
		Valor observado	
Predicción	Positivo	Verdadero positivo (VP)	Falso Positivo (FP)
	Negativo	Falso Positivo (FP)	Verdadero Negativo (VN)

Tabla 2.1: Matriz de confusión.

En la tabla<sup>100</sup> 2.1 se pueden ver las primeras cuatro medidas para estudiar el desempeño de una predicción, verdaderos positivos, falsos positivos, verdaderos negativos y falsos negativos<sup>101</sup>.

---

<sup>98</sup> Cf. [32].

<sup>99</sup> Cf. [44], sección 2.4.4, 34p.

<sup>100</sup> Cf. [45], sección 6.2.1.1, 10p.

<sup>101</sup> Cf. [46], apéndice A, Ip.

Ahora bien, a partir de estos valores, hay otras cuatro medidas derivadas, que típicamente<sup>102</sup> son utilizadas para complementar el estudio del desempeño. Estas son,

1. **Precisión**, que puede definirse como la proporción de veces en que se predijo acertadamente del total de veces que se predijo positivamente<sup>103</sup>,

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Verdaderos positivos}}{\text{Verdaderos positivos} + \text{Falsos positivos}}$$

2. **Exactitud**, proporción de predicciones acertadas<sup>104</sup>,

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Verdaderos positivos} + \text{Verdaderos negativos}}{\text{Total}}$$

3. **Sensibilidad**, proporción de predicciones acertadas del total de veces en que el resultado fue realmente positivo<sup>105</sup>,

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Verdaderos positivos}}{\text{Verdaderos positivos} + \text{Falsos negativos}}$$

4. **Especificidad**, proporción de predicciones acertadas del total de veces en que el resultado fue realmente negativo<sup>106</sup>,

$$\text{Especificidad} = \frac{\text{Verdaderos negativos}}{\text{Verdaderos negativos} + \text{Falsos positivos}}$$

Otro modo de comparar el desempeño de predicción es mediante una curva ROC<sup>107</sup>, donde se grafica la sensibilidad, entendida como una tasa de verdaderos positivos, con respecto a la tasa de falsos positivos, que se puede entender como la diferencia entre la unidad y la especificidad. En efecto,

---

<sup>102</sup> Esto se puede deducir a partir de los estudios que utilizan estas medidas, según se afirma en [47], sección 7.2, 13p. También por lo dicho en [44], sección 2.4.4, 35p. Y en general, son utilizados en casi todos los estudios citados en esta sección.

<sup>103</sup> Cf. [48], sección 2.6.1, 25p.

<sup>104</sup> *Ibíd.* Además, esta es la métrica a la que se le llama *accuracy* en inglés. Cf. [47], sección 7.2, 13p.

<sup>105</sup> Cf. [46], apéndice A, Ip, y [48], sección 2.6.1, 26p. Como puede verse a partir de las fuentes, a esta medida también se le llama *recall* en inglés.

<sup>106</sup> *Ibíd.*

<sup>107</sup> Que viene del inglés *Receiver Operating Characteristic*, o Característica Operativa del Receptor. Cf. [48], sección 2.6.1, 27p.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN} = \frac{VP}{P} = \text{Tasa de Verdaderos positivos}$$

Donde  $P$  corresponde a la totalidad de los casos que eran positivos independientemente de la predicción.

En cuanto a la tasa de falsos positivos, se tiene lo siguiente,

$$1 - \text{Especificidad} = \frac{FN}{VN + FN} = \frac{FN + FP - VN}{VN + FN} = \frac{FP}{N} = \text{Tasa de Falsos positivos}$$

Donde  $N$  corresponde a la totalidad de los casos que eran negativos.

En este gráfico, los ejes van de 0 a 1, para comprender todas las opciones posibles. La curva ROC es la resultante de unir los distintos valores que entrega la predicción evaluada. Mientras más cercana sea la curva a la esquina superior izquierda, mejor el desempeño de la predicción. Por otro lado, una capacidad de predicción nula formaría una línea diagonal desde el origen a la esquina superior derecha.<sup>108</sup>

---

<sup>108</sup> Cf. [48], sección 2.6.1, 27p, y [44], sección 2.4.4, 36p.

### 3 Diseño del estudio

Dados los estudios considerados en el estado de la cuestión, se optó por preparar una medición como cualquiera de las que compiló van der Gijp en su artículo<sup>109</sup>, de modo tal que se compare en un experimento a grupos de radiólogos con distintos niveles de experiencia, y tomándoles medidas mientras revisan e informan (diagnostican) imágenes médicas.

Se tuvo una reunión<sup>110</sup> con académicos del Departamento de Radiología y el profesor Guía que colaboraron con el estudio, allí se tomaron las siguientes determinaciones,

1. Participarán como sujetos experimentales alumnos de los tres años de radiología, profesores del área de tórax, y algunos de otras áreas;
2. Se les mostrará a cada uno dos radiografías de tórax por cada paciente, una proyección frontal seguida de una lateral;
3. Se incluirán 60 casos consistentes en 20 pacientes sanos, 20 pacientes cuyas radiografías muestren con claridad la presencia de un foco de condensación, y 20 pacientes cuyas radiografías presenten un foco de condensación no evidente;
4. A los participantes se les solicitará que informen las radiografías mediante un cuestionario de seis alternativas que incluya las posibles patologías que puedan reconocerse en este tipo de imágenes; y
5. Las imágenes se presentarán en orden aleatorio a cada participante y se les solicitará que no comenten acerca de los detalles del experimento entre ellos y otras personas, para evitar que haya un sesgo que afecte los datos.

También se nombró un equipo colaborador del Departamento de Radiología para esta investigación, que facilitara la coordinación al equipo del Instituto con el personal del Departamento.

El fin del experimento, de acuerdo al objetivo, es probar distintas mediciones que permitan asociar alguna a las diferencias propias de los distintos grados de experiencia entre grupos. Por lo tanto, se intentará hacer conjuntamente múltiples mediciones, independientemente de la capacidad de análisis que se tenga para el presente estudio. Sólo se procesarán en este estudio algunas asociadas a la mirada y al rendimiento en el diagnóstico, el resto quedará para futuras investigaciones.

#### 3.1 Sujetos

Los sujetos para ser estudiados se separarán en los siguientes seis grupos,

1. Becado de I año,

---

<sup>109</sup> Cf. [15].

<sup>110</sup> La reunión se realizó el día 20 de marzo de 2019, entre otros, asistieron los profesores señores Ángel Jiménez Molina, de parte del ISCI, y Juan Carlos Díaz Patiño, director del Departamento de Radiología.

2. Becado de II año,
3. Becado de III año,
4. Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax,
5. Profesor del Departamento de Radiología, de otra área, y
6. Radiólogo externo o invitado.

A los becados se les preguntará qué formación en radiología tuvieron antes de la beca, y las rotaciones de tórax que hayan aprobado, reprobado o estén cursando. A los radiólogos se les preguntará cuántos años de experiencia tiene, dónde estudió su especialidad, y otros estudios posteriores. A todo se les preguntarán antecedentes generales, preguntas generales sobre su formación académica, y preguntas sobre condiciones que puedan afectar el nivel de fatiga.

Para tener ordenada y tabulada esta información, antes de iniciar las mediciones, se le solicitará a cada participante que conteste un formulario de Google para que entregue sus datos personales. En la imagen 3.1 se muestra una imagen del formulario preparado.

**Datos personales**

Será confidencial toda la información que usted proporcione en este formulario y que sea recogida durante el ejercicio del presente experimento.  
No será compartida con ninguna persona ajena a este estudio, ni a ninguna autoridad universitaria u hospitalaria.  
Tampoco será conocida por personal del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, de su Departamento de Radiología o de su Centro de Imagenología, aún cuando colabore con este estudio.  
Se la utilizará sólo con fines estadísticos, y lo que se dé a conocer será siempre de manera agregada o anónima.

**\*Obligatorio**

**Nombre completo \***  
Este dato se solicita únicamente para verificar que la información proporcionada cuente con su correspondiente consentimiento informado

Tu respuesta \_\_\_\_\_

**Sexo \***

Mujer

Hombre

Imagen 3.1: Primera parte el formulario de datos personales.

### 3.1.1 Formulario de Datos personales.

A continuación se transcribe el formulario de datos personales, las primeras dos partes son comunes a todos, las siguientes partes dependen de lo que hayan contestado en la segunda parte.

#### 3.1.1.1 Primera parte

##### **Datos personales.**

Será confidencial toda la información que usted proporcione en este formulario y que sea recogida durante el ejercicio del presente experimento.

No será compartida con ninguna persona ajena a este estudio, ni a ninguna autoridad universitaria u hospitalaria.

Tampoco será conocida por personal del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, de su Departamento de Radiología o de su Centro de Imagenología, aún cuando colabore con este estudio.

Se la utilizará sólo con fines estadísticos, y lo que se dé a conocer será siempre de manera agregada o anónima.

##### **\*Obligatorio**

- Nombre completo \*  
Este dato se solicita únicamente para verificar que la información proporcionada cuente con su correspondiente consentimiento informado
- Sexo \*
  - Mujer
  - Hombre
- Fecha de nacimiento \*  
dd-mm-aaaa
- ¿Cómo durmió anoche? \*
  - Bien
  - Mal
  - Otros:
- ¿A partir de qué hora durmió anoche? \*
- ¿Hasta qué hora durmió anoche? \*
- ¿Realiza alguna actividad deportiva semanalmente? \*
  - Sí
  - No
- Si realiza deporte semanalmente... ¿Qué actividades deportivas practica semanalmente y cuántas veces por semana?

- ¿Suele consumir algún estimulante?
  - No
  - Café
  - Té verde
  - Mate
  - Bebidas energéticas
  - Otros:
- Si usted consume algún estimulante, ¿con qué frecuencia lo hace?
  - Rara vez
  - Ocasionalmente
  - Mensualmente
  - Diariamente
  - Más de una vez al día
- ¿Consume tabaco?\*
- No
- Rara vez
- Sí, ocasionalmente
- Sí, semanalmente
- Sí, diariamente
- Otros:
- ¿Consume alcohol?
  - No
  - Rara vez
  - Sí, ocasionalmente
  - Sí, semanalmente
  - Sí, diariamente
  - Otros:
- ¿Suele consumir alguna otra droga?
  - Sí
  - No
- Si suele consumir otra droga... ¿Cuál y con qué regularidad?

### 3.1.1.2 Segunda parte

#### **Experiencia en Radiología**

- ¿Qué relación tiene usted con la Universidad de Chile? \*
  - Becado de primer año
  - Becado de segundo año
  - Becado de tercer año
  - Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax
  - Profesor del Departamento de Radiología, de otra área
  - Radiólogo externo o invitado
  - Otros:

### 3.1.1.3 Tercera parte, cuando es un becado

#### **Experiencia de Becados**

- ¿Qué formación en Radiología ha tenido fuera del Programa de Especialista en Radiología?  
\*
  - Ninguna
  - Medichi<sup>111</sup>
  - Otros:
- ¿En qué universidades estudió Medicina?
  - Universidad de Chile
  - Otros:
- ¿Qué rotaciones de Tórax ha aprobado?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- ¿Qué rotaciones de Tórax ha reprobado?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- ¿Qué rotación de Tórax se encuentra cursando actualmente?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- ¿Cuántos y cuáles cursos o rotaciones ha reprobado?

### 3.1.1.4 Tercera parte, cuando es un profesor o un radiólogo externo

#### **Experiencia de Radiólogos**

- ¿Cuántos años de experiencia tiene como radiólogo? \*
- ¿A qué área de la Radiología se dedica? \*
- ¿En qué universidades estudió medicina? \*

---

<sup>111</sup> Este es un programa para médicos que no son radiólogos que se hace en la Universidad de Chile.



- Universidad de Chile
- Otros:
- ¿En qué universidades estudió la Especialidad de Radiología? \*
  - Universidad de Chile
  - Otros:
- ¿Qué otros estudios tiene en Radiología?

3.1.1.5 Tercera parte, cuando la respuesta en la segunda fue la opción «Otros»

### **Experiencia de formación en Radiología**

- Si es becado... ¿Qué formación en Radiología ha tenido fuera del Programa de Especialista en Radiología?
  - Ninguna
  - Medichi
  - Otros:
- Si es becado... ¿Qué rotaciones de Tórax está cursando actualmente?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- Si es becado... ¿Qué rotaciones de Tórax ha aprobado?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- Si es becado... ¿Qué rotaciones de Tórax ha reprobado?
  - Ninguna
  - Tórax I
  - Tórax II
  - Tórax III
  - Tórax IV
  - Otros:
- Si es becado... ¿Cuántos y cuáles cursos o rotaciones ha reprobado?
- ¿En qué universidades estudió medicina?
  - Universidad de Chile
  - Otros:
- Si es radiólogo... ¿cuántos años de experiencia tiene como tal?
- ¿A qué área de la radiología se dedica?
- ¿En qué universidades estudió la especialidad de Radiología?
  - Universidad de Chile
  - Otros:

- ¿Qué otros estudios tiene en Radiología?

## 3.2 Instrumentos de medición

El criterio para incluir aparatos de medición fue la capacidad de usarlos en conjunto, y ya se explicó su utilidad en el capítulo anterior<sup>112</sup>.

### 3.2.1 Aparato de seguimiento de miradas

Para el seguimiento de miradas se utilizó un aparato modelo Tobii T120. Que consta de una pantalla en la que se pueden proyectar las imágenes a cuya visión se medirá. En la imagen 3.2 se puede apreciar<sup>113</sup>.



Imagen 3.2: Aparato de seguimiento de miradas Tobii T120.

Dos aplicaciones de escritorio fueron necesarias para la ejecución del experimento y la utilización del aparato,

1. *Tobii Pro Eye Tracker Manager 1.12.1*, para ajustar la distancia de la pantalla a los ojos del participante una vez sentado en el escritorio y realizar una primera calibración, y
2. *Tobii Studio 3.4.8*, que se utiliza para preparar la presentación que se le mostrará al participante y todo lo relacionado con la toma de datos del seguimiento de miradas.

Los detalles técnicos de la pantalla del aparato Tobii T120 (principalmente la resolución de imagen<sup>114</sup>) fueron entregados al equipo colaborador, que le dio su aprobación para ser utilizada en la proyección de radiografías.

---

<sup>112</sup> Cf. Sección 2.2.

<sup>113</sup> Imagen obtenida de [54], 48p.

<sup>114</sup> Las especificaciones técnicas entregadas se pueden hallar en el manual de usuario respectivo. Cf. Lo respectivo al modelo T120, en [42], apéndice III, 24p.

### 3.2.1.1 Selección de las imágenes médicas

El equipo colaborador seleccionó las radiografías frontales y laterales de los 60 casos, y fueron entregadas debidamente etiquetadas y anonimizadas, para cuidar la privacidad de los pacientes.



Imagen 3.3: Radiografía de tórax frontal

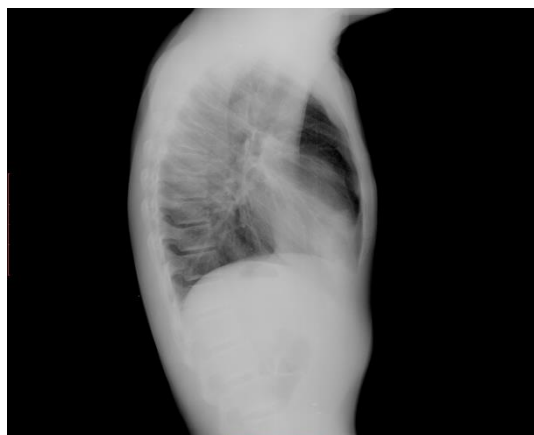


Imagen 3.4: Radiografía de tórax lateral

Las imágenes 3.3 y 3.4 muestran respectivamente un ejemplo de proyección frontal y lateral de una radiografía de tórax. Los archivos se entregaron en formato DICOM, y fueron transformadas a formato BMP para ser incluidas en la presentación.

## 3.2.2 Otros instrumentos de medición

Adicionalmente al seguimiento de la mirada, según se adelantó en la sección 2.2.2, se decidió utilizar otros instrumentos de medición cuyos datos cuantitativos permitiesen describir la conducta de los participantes de un modo más exhaustivo. El principal motivo es el ánimo exploratorio con el que se realiza la investigación.

### 3.2.2.1 Electroencefalógrafo

Se utilizó un encefalógrafo portátil e inalámbrico *Emotiv EPOC*, que cuenta con catorce electrodos y un sensor giroscópico<sup>115</sup>. Este aparato es manejado con la aplicación *Emotiv Xavier TestBench 3.0.0.22*, que va generando un electroencefalograma a partir de los datos que recibe en tiempo real. También indica la calidad de la señal recibida desde cada uno de los sensores, permite grabar los datos recopilados a un archivo, y también reproducir encefalogramas guardados.

Para una correcta instalación, se cuidó que los terminales estuviesen suficientemente humedecidos con suero y en contacto con el cuero cabelludo del participante. Con un sistema de cuatro colores la aplicación indica la calidad de la recepción de datos de cada electrodo,

---

<sup>115</sup> Cf. [43].

1. Gris indica que no hay conexión,
2. Rojo indica que hay una mala conexión,
3. Naranja indica una conexión regular, y
4. Verde indica una buena conexión.

Se consideró que la instalación<sup>116</sup> estaba bien hecha una vez que todos los electrodos estuviesen en verde<sup>117</sup>. A continuación se muestran imágenes<sup>118</sup> del electroencefalógrafo y su aplicación. En la imagen 3.7 se puede apreciar el indicador de colores de la calidad de la conexión.



Imagen 3.5: Electroencefalógrafo Emotiv EPOC.



Imagen 3.6: Electroencefalógrafo instalado.

---

<sup>116</sup> Para la instalación se siguieron las instrucciones que se entregan en [54], 45-46pp. Esto se refleja en el protocolo experimental (sección 3.3, véase las instrucciones *con cada sujeto*, 7.c).

<sup>117</sup> Debido a que el electroencefalógrafo estaba ya bastante deteriorado por el uso, en algunas ocasiones, se toleró que el electrodo P7 estuviese en naranja, después de haber intentado por un tiempo razonable que cambiase su color a verde. También, durante la sesión experimental algunos electrodos tornaron a naranja sus indicadores, algunas veces se intentó corregir rehumedeciéndolos, pero por lo general se evitó interrumpir al participante. Cf. [54], 45p, para entender cuál es el electrodo P7 de acuerdo al sistema 10-20.

<sup>118</sup> De la imagen 3.5, la fuente es [43], la imagen 3.6 es de elaboración propia, y la 3.7 fue tomada de [54], 47p.

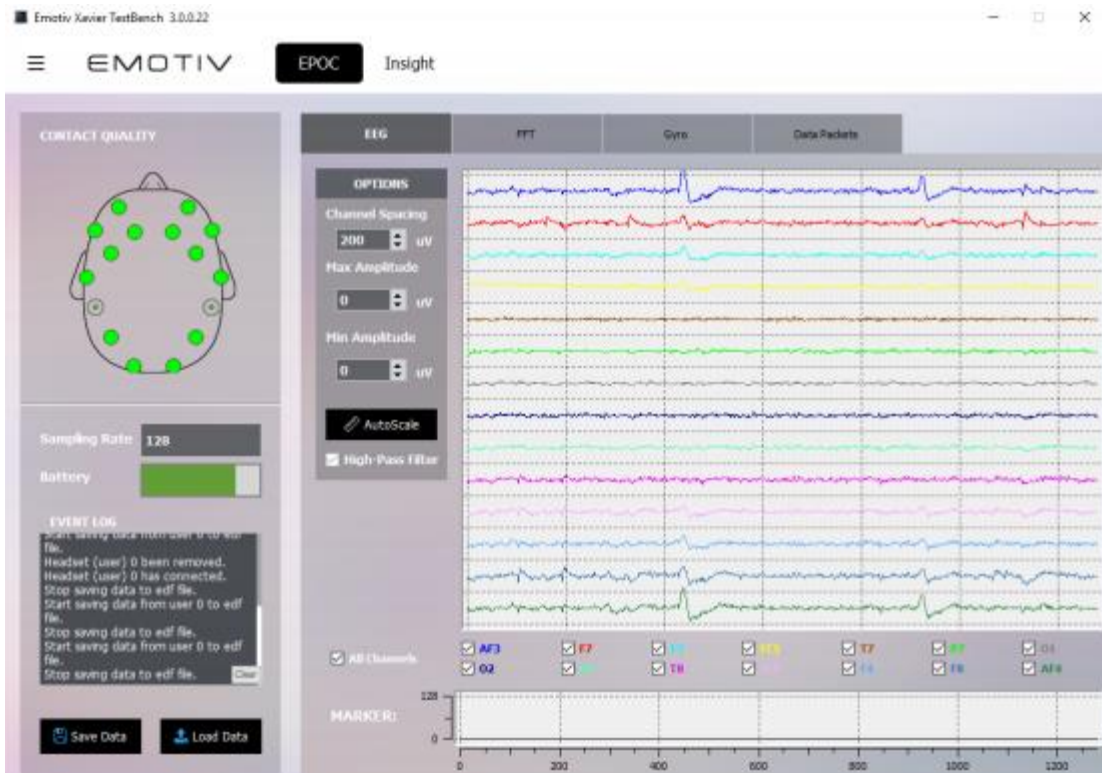


Imagen 3.7: Vista de la aplicación del electroencefalógrafo, con todos los conectores en verde.

### 3.2.2.2 Sensores de actividad electrodérmica

Se utilizó una unidad *Shimmer3 GSR+* con dos electrodos *GSR+*. Los electrodos de este sensor, que están en contacto con la piel, se pueden instalar, bien en un dedo, uno en la superficie palmar de la falange medial y otro en la distal; bien en los dedos índice y corazón, uno en cada superficie palmar de su falange proximal<sup>119</sup>. Para este experimento se halló más conveniente la primera



Imagen 3.8: Dspositivo Shimmer utilizado.

<sup>119</sup> Cf. [31], 7p.

disposición, en el dedo corazón de la mano izquierda, para evitar una interferencia con el oxímetro de pulso, que se trata más adelante<sup>120</sup>.

Es importante procurar que el participante no haga movimientos con la mano que lleva los electrodos porque puede aumentar el ruido en los datos adquiridos<sup>121</sup>. La preparación de este instrumento para la toma de datos y su recuperación posterior al uso se realizó mediante la aplicación *Consensys v0.4.4*.

Además, cabe señalar que conviene procurar que el sujeto experimental se relaje antes de que realice la tarea para que la medición sea más efectiva<sup>122</sup>. Para esto se consideró el uso de un tema musical tranquilo luego de instalados todos los sensores, para que se acostumbre un poco a ellos.

### 3.2.2.3 Fotopletismógrafo

Se utilizó un fotopletismógrafo lobular de Shimmer llamado *PPG-to-HR Ear Clip*, para ser utilizado en el mismo dispositivo donde se instalaron los electrodos GSR+. En la imagen 3.6 se muestra instalado en el lóbulo auricular izquierdo.

Una vez adquiridos los datos, es necesario procesarlos para convertir la información fotopletismográfica en pulsaciones cardíacas por unidad de tiempo, lo cual se realiza a posteriori con el auxilio de la misma aplicación Consensys.

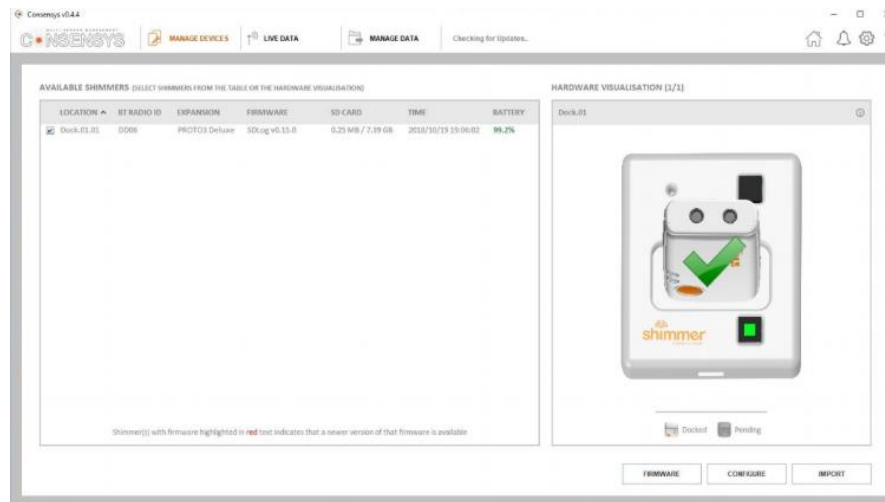


Imagen 3.9: Vista de la aplicación Consensys.

---

<sup>120</sup> Véase la imagen 3.11.

<sup>121</sup> Cf. [29], 50p, para esta y otras recomendaciones en el uso del aparato.

<sup>122</sup> Cf. [54], sección 2.4.4, 16p.

### 3.2.2.4 Oxímetro de pulso

Se utilizó un oxímetro de pulso marca Contec, que fue modificado<sup>123</sup> para poder obtener los datos en un archivo de texto, se puede observar en la imagen 3.10.

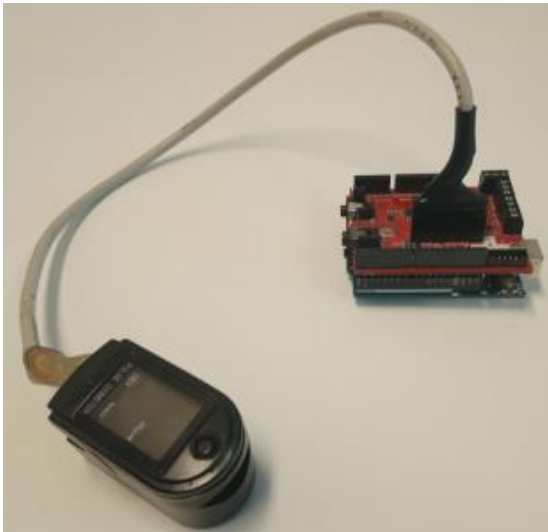


Imagen 3.10: Oxímetro de pulso utilizado.



Imagen 3.11: Oxímetro de pulso instalado.

En la imagen 3.11 puede verse cómo quedó instalado el oxímetro de pulso y también el dispositivo Shimmer<sup>124</sup>.

### 3.2.2.5 Pulsera Biomonitor.

Para complementar, se utilizó la pulsera *Biomonitor v2*, que fue desarrollada por el equipo de Wesstlab<sup>125</sup>. Este instrumento contiene cuatro sensores distintos, para medir la temperatura corporal superficial, la actividad electrodérmica, el pulso mediante fotopleletismografía, y el movimiento (aceleración y velocidad angular).

---

<sup>123</sup> Cf. [33], sección 4.1.5, donde trata de este aparato modificado. La imagen 3.10 fue tomada del mismo lugar.

<sup>124</sup> Aquí cabe señalar que si bien en un principio se dispuso utilizar el dispositivo Shimmer con su correa elástica en el antebrazo, a partir del tercer participante se prefirió que quedase sobre la mesa, como se puede ver en la imagen 3.11, porque la banda elástica alteraba el flujo sanguíneo. Esto se pudo advertir porque sin la banda, el oxímetro registró un pulso mayor.

<sup>125</sup> Cf. [33], iii p.

Esta pulsera se instaló en la muñeca derecha, cuidando que el sensor óptico quedase en el lado dorsal y los electrodos en el palmar<sup>126</sup>.



Imagen 3.12: Posición de la pulsera.

### 3.2.2.6 Sensores de contexto

Se utilizó un sensor de contexto<sup>127</sup> desarrollado por el mismo equipo de la pulsera y también consiste en un aparato que incluye múltiples sensores. En particular, puede medir la vibración, la concentración de dióxido de carbono, la temperatura ambiental, y el nivel de ruido<sup>128</sup>.

Para ser utilizado en el experimento, se ubicó el sensor en el escritorio a un costado del aparato de seguimiento de miradas (véase la imagen 3.17).

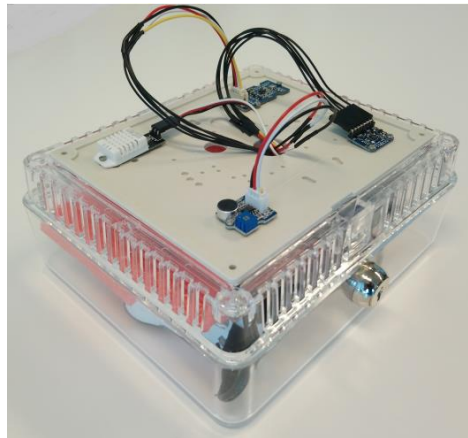


Imagen 3.13: Sensor de contexto.

---

<sup>126</sup> Cf. [33], sección 4.1.1.2.

<sup>127</sup> En el protocolo experimental se le llama *Contextín*.

<sup>128</sup> Véase con detalle sus características en [33], sección 4.1.6. De aquí también se obtuvo la imagen 3.13.



### 3.2.3 Sala del estudio

El estudio se llevó a cabo en una sala del Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería que debió ser completamente oscurecida mediante cortinajes, para evitar interacciones lumínicas que alteren la dilatación pupilar del participante. De este modo, es posible asociarla a un nivel de carga cognitiva.

En las imágenes 3.14 y 3.15 se muestra cómo se oscureció la sala. En la imagen 3.16 se muestra cómo quedan todos los aparatos instalados. Y en la imagen 3.17 se muestran dispuestos todos los aparatos para la medición.



Imagen 3.14: Vista hacia la entrada de la sala.



Imagen 3.15: Vista hacia el fondo de la sala.



Imagen 3.16: Aparatos de medición instalados.

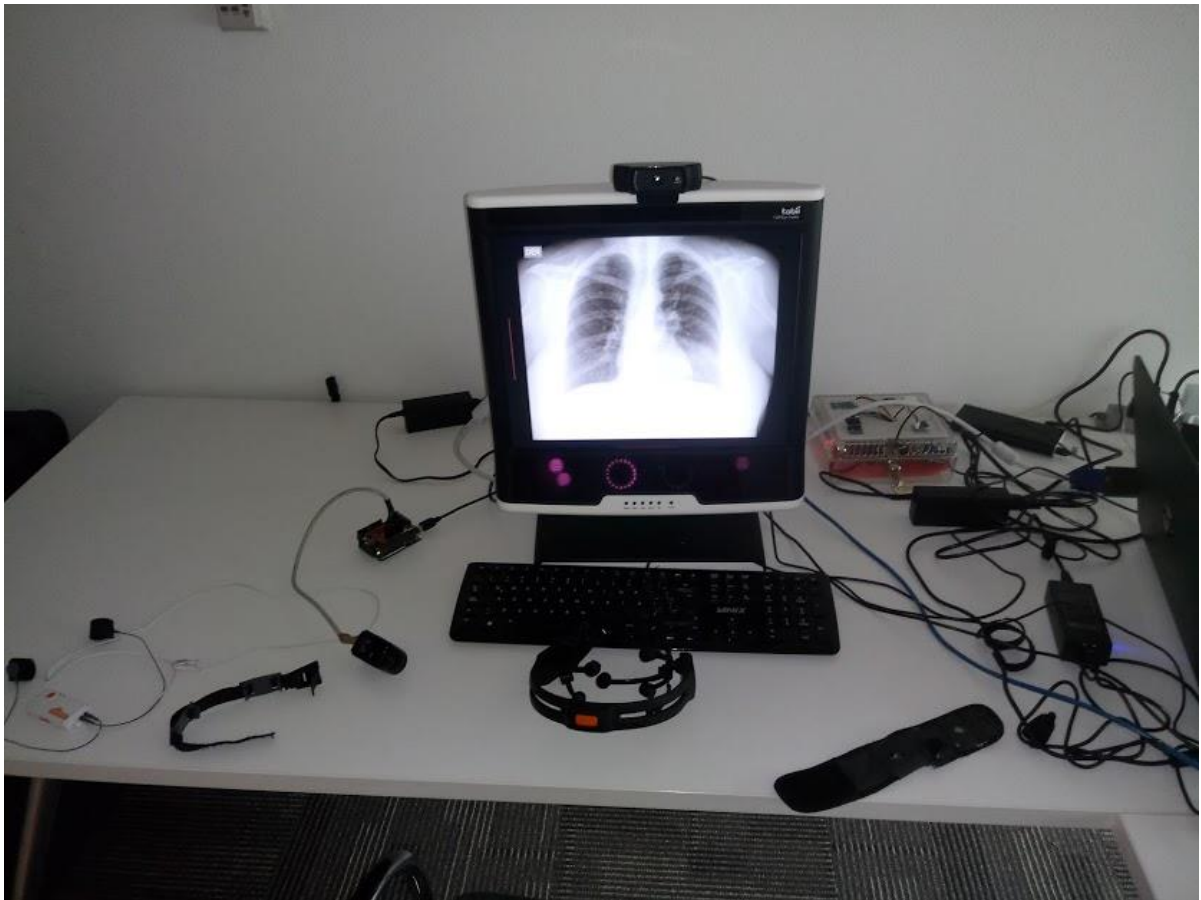


Imagen 3.17: Aparatos dispuestos para ser instalados.

### 3.2.4 Formularios utilizados

Con el auxilio de los formularios de Google, se prepararon otros cinco adicionales al referido en la sección 3.1.1, que se especifican a continuación,

1. Cuestionario,
2. Prueba de estado personal,
3. Métodos de revisión,
4. KSS, y
5. Comentarios del examinador.

Los primeros tres formularios se hicieron para ser contestados por cada participante, los otros dos por el examinador. El uso de esta herramienta tiene la ventaja que la información que se necesita solicitar queda inmediatamente digitalizada y con una marca temporal.

#### 3.2.4.1 Cuestionario

Se hizo un formulario que se le llamó *Cuestionario* para que el participante pueda indicar el diagnóstico que realice en cada par de radiografías que se le muestren. Es un formulario de

alternativa múltiple, que puede responderse sólo con el uso del *mouse* del computador. Como la mano derecha va a estar en constante movimiento, se prefirió dejar en su muñeca la pulsera y el resto de sensores al lado izquierdo. El cuestionario incluye las cinco patologías posibles de ser diagnosticadas mediante el uso de radiografías. Se muestra en la imagen 3.18.

**Cuestionario**

No mueva su cabeza, y utilice sólo el «mouse» para contestar.  
Tiene hasta 23 segundos para contestar este cuestionario.  
Se saltará este cuestionario si presiona la tecla «Escape».  
Cuando termine de contestar, presione el botón «Enviar».

**\*Obligatorio**

¿Qué hallazgos encontró en las dos imágenes previas? \*

- Enfermedad intersticial
- Derrame pleural
- Nódulo pulmonar
- Sin hallazgos patológicos
- Neumotórax
- Otros hallazgos
- Foco de condensación

**Enviar**

Imagen 3.18: Vista del cuestionario para indicar diagnóstico.

Además, se lo configuró para que cada vez que sea mostrado las alternativas aparezcan en un orden distinto.

#### 3.2.4.2 Prueba de estado personal

Se preparó un formulario con la prueba NASA-TLX, que a continuación se le agregó una pregunta según el modelo Circunflejo de Emociones. La traducción utilizada fue la de la versión publicada por el Instituto de Seguridad Laboral<sup>129</sup>.

Este formulario también fue elaborado para ser respondido únicamente con el *mouse* del computador. La imagen 3.19 muestra cómo se aplicó el modelo circunflejo.

---

<sup>129</sup> Véase la sección 2.2.3.

¿Cuál de los siguientes bloques representa mejor su estado de ánimo en este momento? \*

<p>Estresado Tenso Irritado</p>	<p>Eufórico Emocionado Feliz</p>
<p>Triste Bajoneado Aburrido</p>	<p>Contento Relajado Serenio</p>

Imagen 3.19: Vista de cómo se aplicó el modelo circunflejo.

### 3.2.4.3 Métodos de revisión

Para el final de todo el experimento se preparó un formulario sobre los métodos de revisión utilizados al evaluar las radiografías. Se espera que el participante entregue una idea de qué pasos intentó seguir para revisar las imágenes, para poder comparar lo declarado con el recorrido que efectivamente realizó con la mirada. Esta información puede resultar útil, entre otras cosas, para saber si los participantes están conscientes de lo que miran. En la imagen 3.20 se ve el formulario.

**Métodos de revisión**

¿Qué métodos utilizó para revisar las radiografías de este experimento?

Tu respuesta

Enviar

Imagen 3.20: Formulario de métodos de revisión.

#### 3.2.4.4 KSS y Comentarios del examinador

Los formularios para ser contestados por el examinador consisten solamente de una entrada de texto. Cada 10 minutos se le pregunta al participante cómo se siente, con la intención de que conteste con la escala de somnolencia Karolinska, cuando responda, se anota el valor en el formulario, que automáticamente le asigna una marca de tiempo.

##### **Escala de somnolencia KSS**

*Se preguntará cada 10 minutos*

1. Extremadamente alerta
2. Muy alerta
3. Alerta
4. Algo alerta
5. Ni alerta ni somnoliento
6. Alguna señal de somnolencia
7. Somnoliento, sin esfuerzo para mantenerse despierto
8. Somnoliento, poco esfuerzo para mantenerse despierto
9. Muy somnoliento, alto esfuerzo para mantenerse despierto, lucha con el sueño

Imagen 3.21: KSS mostrada a los participantes.

Por lo tanto, al principio del experimento se le muestra a los participantes la escala Karolinska para explicarles su uso durante el experimento. El intervalo no fue de 10 minutos exactos, porque podría interrumpir al participante mientras revisaba una radiografía, por lo que se esperó siempre a un momento adecuado, siempre posterior a los 10 minutos y nunca más de 12.

El formulario de comentarios del examinador se preparó para anotar observaciones o particularidades durante la realización de los experimentos, de modo que se les asigne automáticamente una marca temporal.

### 3.3 Presentación proyectada

En la aplicación Tobii Studio se preparó una presentación para ser proyectada durante el experimento. En ella se ingresaron las imágenes a ser mostradas y los vínculos a los formularios para que se fueran cargando en una ventana del navegador cuando correspondiera.

Constó de dos períodos de línea base al principio y al final para la calibración de los aparatos que tomaron mediciones, en estos períodos se mostraba una pantalla en negro y se les solicitaba que estuviesen quietos y sin hablar por tres minutos, de este modo se tiene una medida para el cuerpo cuando no hay estímulo.

A continuación, se transcribe una tabla que resume el contenido de la presentación para uso del examinador.

<b>Presentación de Radiografías</b>			
N.º	Nombre	Contenido	Transición
1	KSS	Escala de somnolencia	Inicio
2	Pre línea base	Pantalla azul	Inicio
3	Línea base inicial	Pantalla negra	100 segundos
4	Línea base inicial 2	Pantalla negra	80 segundos
5	Post línea base	Pantalla azul	Inicio
...	Negro	Pantalla negra	Inicio
...	Proyección frontal	Radiografía	Cualquier tecla
...	Proyección lateral	Radiografía	Cualquier tecla
...	Cuestionario	Navegador	F10
...	NASA TLX	Navegador	F10
253	Negro_59	Pantalla negra	Inicio
254	Pre línea base 2	Pantalla azul	Inicio
255	Línea base final	Pantalla negra	100 segundos
256	Línea base final 2	Pantalla negra	80 segundos
257	Post línea base final	Pantalla azul	Inicio

Tabla 3.1: Resumen de la presentación mostrada.

Como puede verse en la tabla 3.1, se configuró la presentación para que algunas diapositivas (o láminas) dieran paso a la siguiente por el uso de una tecla o por el paso de cierto tiempo, a esto se refiere la columna transición.

Concluida la línea base, empieza la secuencia de radiografías. Para cada paciente se mostró primero una pantalla en negro para recomodar la vista y evitar que siga con un sesgo de lo visto anteriormente. Luego se mostró la proyección frontal del paciente, seguida de la proyección lateral. El mismo participante debía presionar una tecla para pasar de una radiografía a otra, con este fin, en el principio del experimento se le puso el pulgar izquierdo sobre el extremo izquierdo del teclado, para que con él pasaran las diapositivas cuando fuese necesario. Se les advirtió que no debían mover el resto de la mano.

Revisadas las dos radiografías, mediante la pulsación de cualquier tecla, el participante pasa a contestar el cuestionario. Cada diez pacientes revisados, se muestra a continuación del cuestionario, la prueba de estado personal.

Esta secuencia se repite para los 60 pacientes, pero el orden en que aparecían los pacientes fue aleatorizado para cada participante. Las distintas secuencias por participante fueron preparadas previamente y cargadas a la aplicación Tobii Studio.

En la imagen 3.22 se muestra una vista de la presentación en la aplicación Tobii Studio.

Antes de ser utilizada con participantes reales, se hicieron algunas pruebas del experimento con voluntarios.

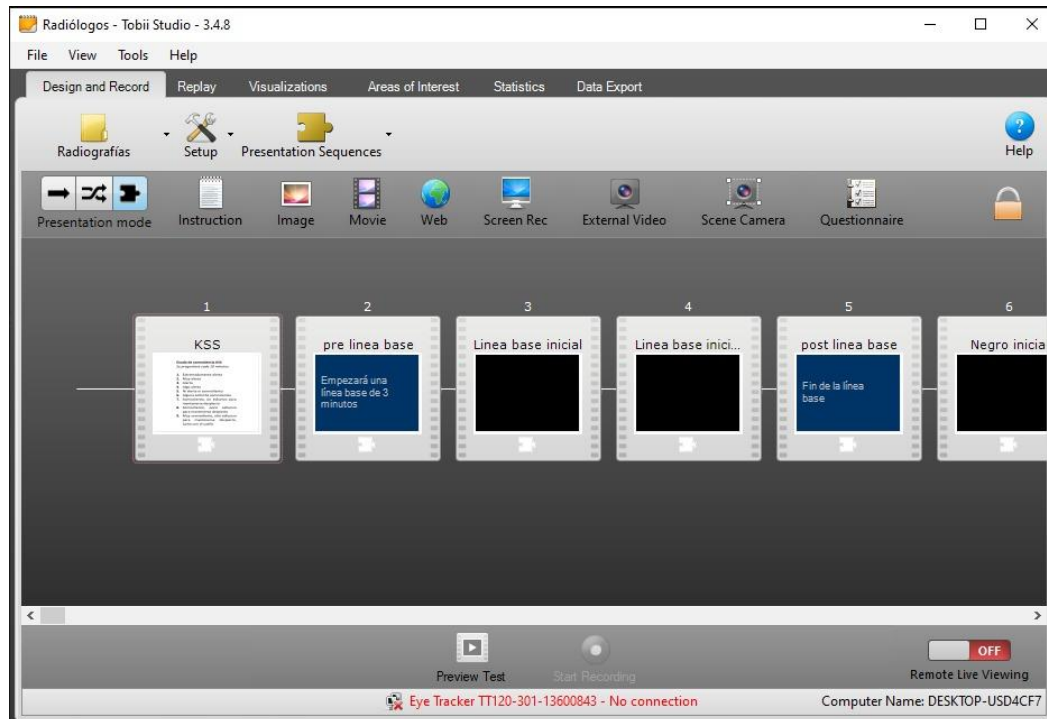


Imagen 3.22: Vista de la presentación en Tobii Studio.

### 3.4 Asignación de áreas de interés

Una vez preparada la presentación, y aprobada por el equipo colaborador, en conjunto con el mismo, se fueron marcando las áreas de interés en cada radiografía, con el fin de señalar zonas que permiten dividir la imagen en partes o para reconocer cómo fue el paso por algún lugar de interés radiológico.

En las radiografías frontales se marcaron las siguientes áreas,

1. Pulmón derecho,
2. Pulmón izquierdo,
3. Tráquea,
4. Banda paratraqueal-cayado ácigos,
5. Línea paravertebral,
6. Receso ácigo-esofágico
7. Aorta,
8. Ventrículo izquierdo,
9. Orejuela auricular izquierda,
10. Área retrodiafragmática derecha,
11. Área retrodiafragmática izquierda,
12. Ápice<sup>130</sup> (de pulmón) derecho,

---

<sup>130</sup> Para ambos ápices, se consideró marcarlos desde la clavícula hacia arriba.

13. Ápice (del pulmón) izquierdo,
14. Hilio derecho,
15. Hilio izquierdo,
16. Ventana aortopulmonar,
17. Área retrocardíaca derecha,
18. Área retrocardíaca izquierda,
19. Seno costofrénico derecho,
20. Seno costofrénico izquierdo,
21. Arteria subclavia izquierda,
22. Arteria pulmonar,
23. Contorno mediastínico izquierdo,
24. Aurícula derecha,
25. Periferia pulmonar derecha,
26. Periferia pulmonar izquierda.,
27. Zona exterior.

Las primeras nueve áreas marcadas se muestran en la imagen 3.23, las áreas desde la décima a la vigésima se muestran en la imagen 3.24, y en la imagen 3.25 se muestra el resto.

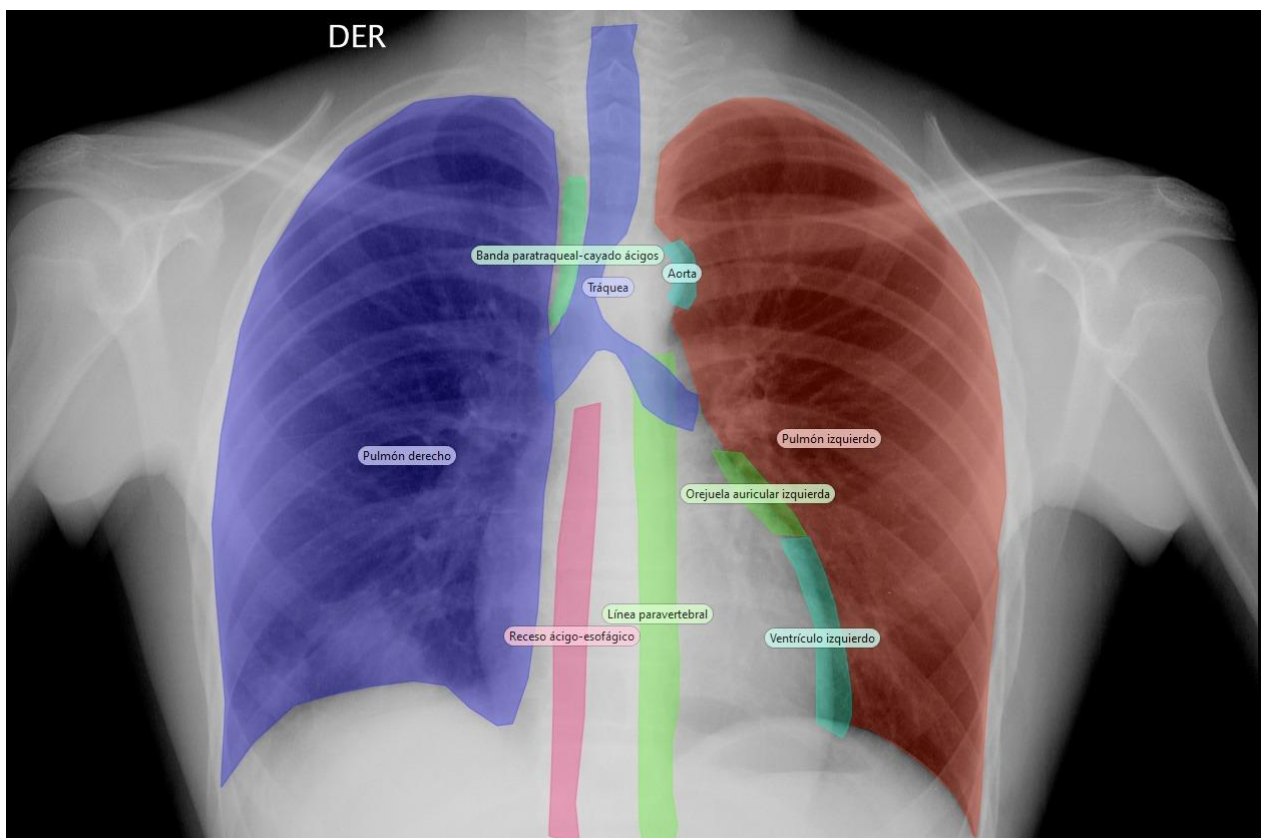


Imagen 3.23: Áreas de interés en radiografías frontales (1 a 9).



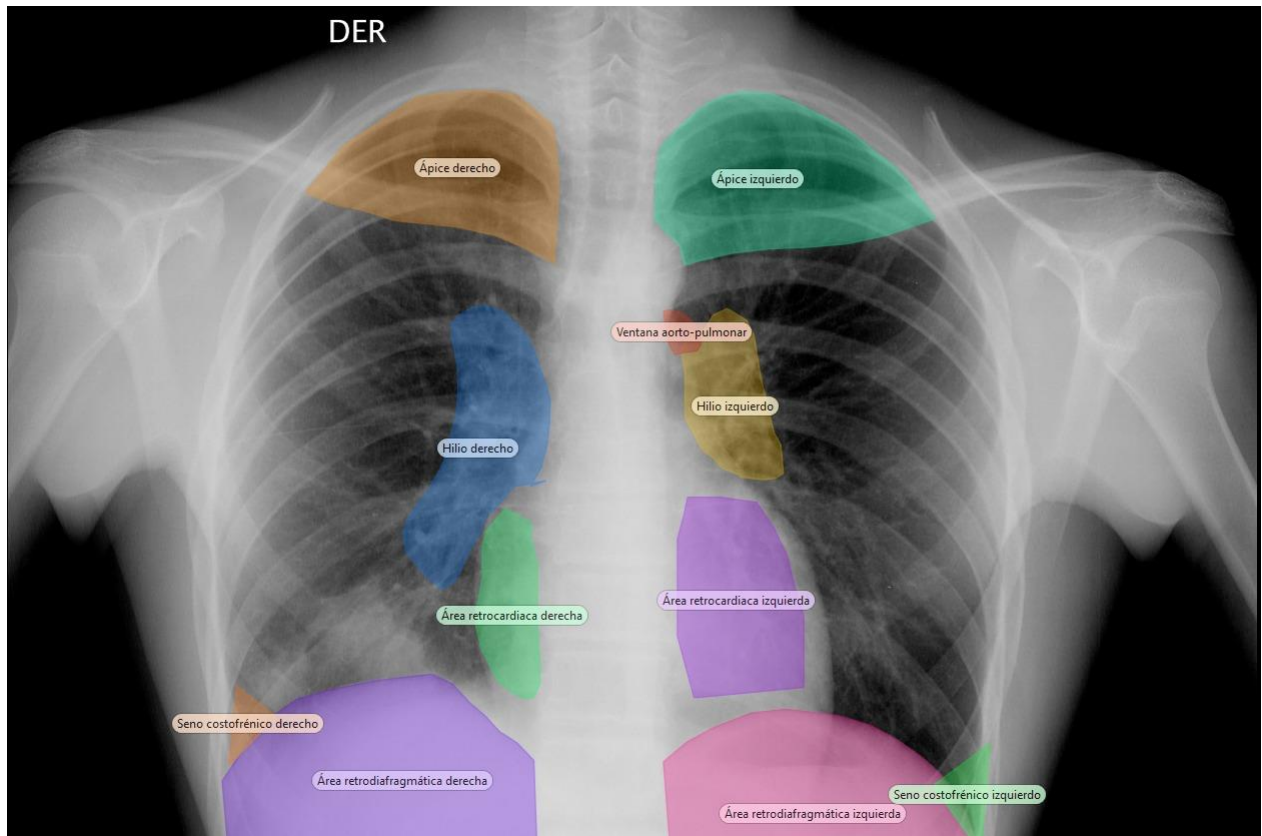


Imagen 3.24: Áreas de interés en radiografías frontales (10 a 20).

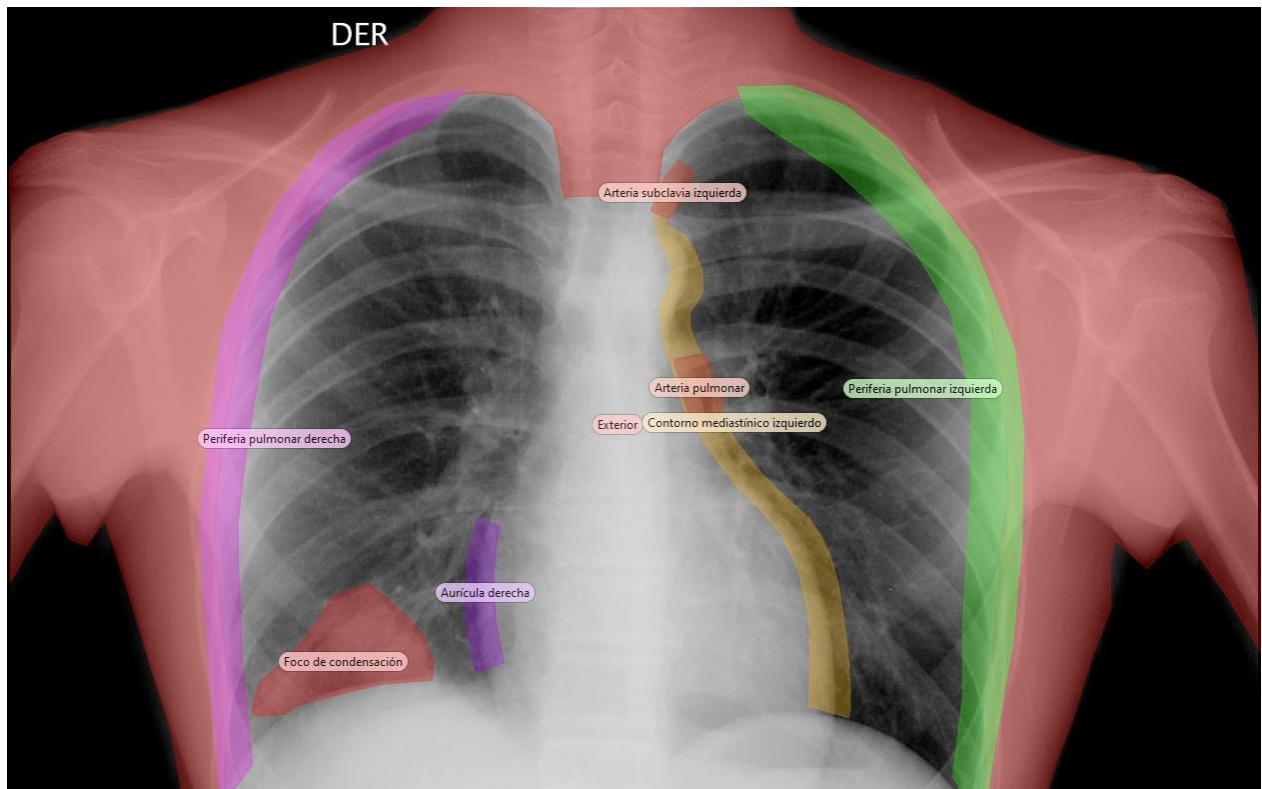


Imagen 3.25: Áreas de interés en radiografías frontales (21 a 27) .

Por su parte, en las radiografías laterales se marcaron las áreas que se listan a continuación.

1. Área retrotraqueal,
2. Tráquea,
3. Ventana hiliar inferior,
4. Área retroesternal,
5. Área retrocardíaca,
6. Vértebras visibles<sup>131</sup>,
7. Zona exterior.

Y en todas las radiografías, tanto laterales como frontales, se marcaron las áreas que fueran signo de la presencia de un foco de condensación.

En la imagen 3.26 se muestran las áreas de las radiografías laterales. Los focos de condensación hallados en estas radiografías de ejemplo que se han mostrado en las últimas imágenes referidas, se pueden ver en las imágenes 3.25 y 3.26.

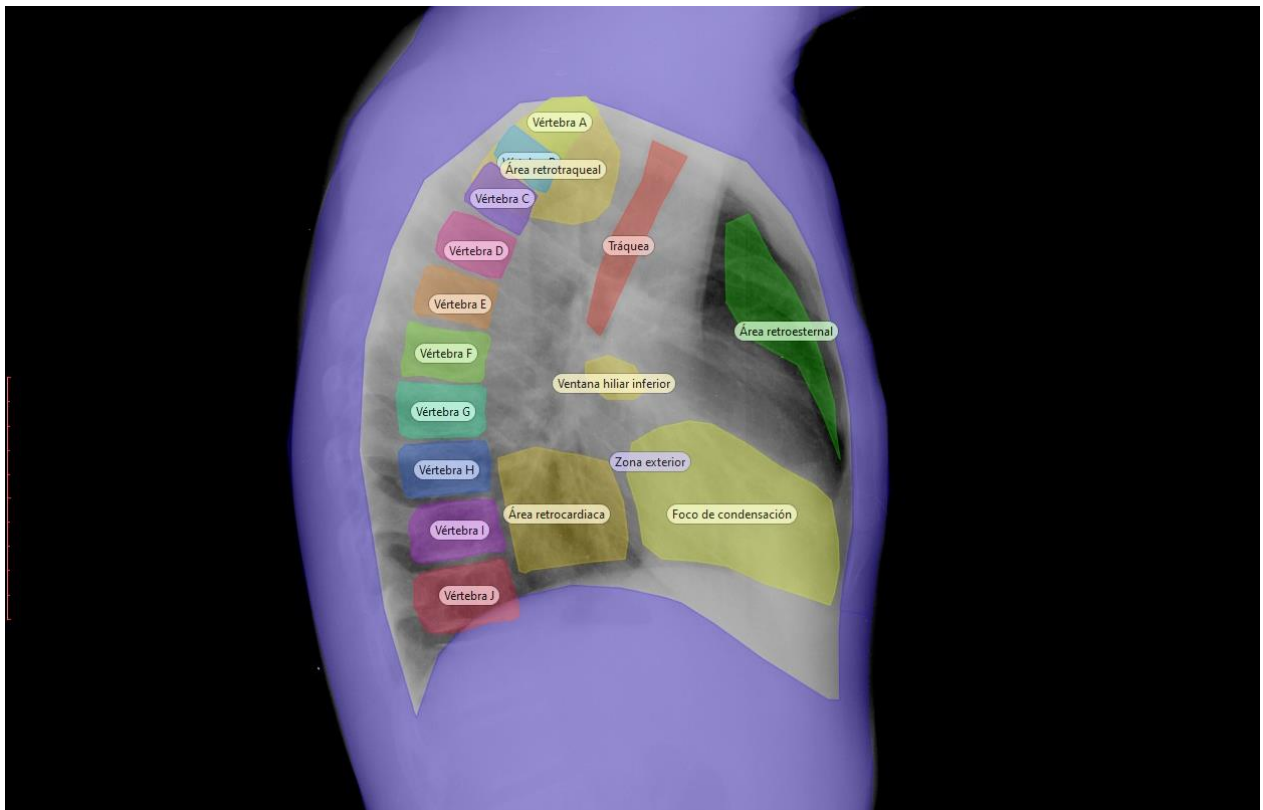


Imagen 3.26: Áreas de interés en radiografías laterales.

---

<sup>131</sup> Como no se sabe exactamente cuál vértebra es cada una, se les fue asignando una letra del abecedario.

Este trabajo de asignación de áreas de interés, permitió realizar una segunda<sup>132</sup> revisión sobre las radiografías. Entre las radiografías evidentes, cabe destacar que algunas presentaron más de un foco de condensación. Entre las radiografías no evidentes, hubo algunas donde el foco de condensación se encontraba sólo en la proyección lateral. También hubo una donde no había un foco de condensación, pero que pasó por error en el proceso de selección. A continuación se muestra una tabla que resume la presencia de focos de condensación para cada uno de los cuarenta casos<sup>133</sup>.

<b>Presencia de focos de condensación</b>				
N.º de paciente	N.º de caso	Tipo de presencia del foco de condensación	Cantidad de áreas de interés en la proyección frontal	Cantidad de áreas de interés en la proyección lateral
1	1	Evidente	1	1
2	2	Evidente	1	1
3	3	Evidente	1	1
4	4	Evidente	1	1
5	5	Evidente	1	1
6	6	Evidente	1	2
7	7	Evidente	1	1
8	8	Evidente	1	1
9	9	Evidente	1	1
10	10	Evidente	1	1
11	11	Evidente	2	2
12	12	Evidente	1	1
13	13	Evidente	1	1
14	14	Evidente	1	1
15	15	Evidente	1	1
16	16	Evidente	1	1
17	17	Evidente	1	2
18	18	Evidente	1	1
19	19	Evidente	1	1
20	20	Evidente	1	1
21	1	No evidente	0	1
22	2	No evidente	1	1
23	3	No evidente	1	1
24	4	No evidente	0	1
25	5	No evidente	1	1
26	6	No evidente	1	1
27	7	No evidente	1	1
28	8	No evidente	0	0

<sup>132</sup> La primera revisión, la hizo el equipo médico que las seleccionó y buscando que en lo posible no presentasen otras patologías. Esto ya se mencionó en la sección 3.2.1.1.

<sup>133</sup> Cuarenta pacientes en cuyas radiografías hay un foco de condensación evidente o no evidente, luego, no se toman en consideración las radiografías de pacientes normales, que son los otros veinte casos.

29	9	No evidente	0	1
30	10	No evidente	1	1
31	11	No evidente	1	2
32	12	No evidente	1	1
33	13	No evidente	1	1
34	14	No evidente	1	1
35	15	No evidente	1	1
36	16	No evidente	1	1
37	17	No evidente	1	1
38	18	No evidente	1	2
39	19	No evidente	1	1
40	20	No evidente	1	1

Tabla 3.2: Focos de condensación en las radiografías.

Claramente, como el octavo par de radiografías no evidentes, no tenía presencia de focos de condensación, a posteriori se omitió del análisis de resultados cuando pareció prudente hacerlo.

### 3.5 Protocolo del estudio

El protocolo consiste en la preparación de implementos, calibración, medición de contactos, preparación de instrumentos de medición. A continuación se transcribe el protocolo, que detalla cómo proceder en cada momento del estudio.

#### Previo a la llegada del primer sujeto.

1. Preparar equipos.
  - a. Encender el computador y dejarlo conectado a la corriente.
  - b. Preparar aparato de Electroencefalograma (EEG).
    - i. Llenar con suero la caja de hidratación.
    - ii. Sumergir los terminales que quedan en contacto con la cabeza.
    - iii. Conectar en el computador el dispositivo USB de comunicación con el aparato del EEG.
    - iv. Iniciar aplicación «EmotivXavierTestBench».
    - v. Iniciar la aplicación «Tobii Studio» y seleccionar el proyecto «Radiólogos».
  - c. Configurar *Shimmer*.
    - i. Conectar la base en el computador.
    - ii. Iniciar la aplicación «Consensys», seleccionar la opción «Manage devices», asegurar que la aplicación reconoce la base.
    - iii. Instalar los sensores en el dispositivo portátil.
      1. Verificar que estén insertados en los agujeros negro izquierdo y rojo los dos sensores grises de actividad electrodérmica (EDA).
      2. Verificar que esté insertado en el agujero negro de la derecha (un poco separado de los otros dos) el sensor lobular de pulso fotopleletismográfico (PPG).
    - iv. Poner el dispositivo apagado en la base.
    - v. Encender el dispositivo moviendo hacia arriba el interruptor y asegurar que se lo reconoce.
    - vi. Seleccionar el dispositivo en el *software* «Consensys» y ejecutar *Firmware*.
    - vii. Configurar el dispositivo portátil de *Shimmer* para la toma de datos.

1. Asegurar que el nombre de la prueba (*trial*) sea «RX TÓRAX», que los minutos de *autostop* tengan el valor «0», que el nombre del dispositivo *Shimmer* sea «EDA-PPG», y que la frecuencia de toma de muestras sea de 100,82 hercios.
  2. Asegurar que el método de inicio y fin del registro de los datos dependa de la separación del dispositivo de su base y no del uso del botón.
  3. Asegurar que estén seleccionados los dos primeros cuadros (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) del acelerómetro, y en el cuadro de respuesta galvánica de la piel y pulso titulado «GSR+» (el octavo), deben estar seleccionadas ambas señales (GSR y PPG).
  4. Seleccionar el botón final que ejecuta la escritura de la configuración.
  5. No separar el dispositivo de su base hasta que corresponda instalarlo en el sujeto, lo que se indicará en su momento.
- d. Preparar el oxímetro de pulso *Contec*.
- i. Asegurar que el extremo del dispositivo esté bien conectado en el aparato Arduino, y éste, a su vez, al computador mediante USB.
  - ii. Abrir la carpeta «E\_health\_ReadAndStore», cuyo acceso directo está en el escritorio.
  - iii. Revisar el archivo «CONTEC.txt», y respaldarlo de ser necesario.
  - iv. Abrir el archivo «E\_health\_ReadAndStore.pde». Ejecutarlo para probar que se están tomando datos.
  - v. Verificar que el archivo CONTEC.txt está aumentando durante la toma de datos.
  - vi. Detener la toma de datos y borrar el archivo «CONTEC.txt».
- e. Preparar Contextín<sup>134</sup> Ambiental para la toma de datos.
- i. Asegurar que las baterías del teléfono y Contextín tengan suficiente carga.
  - ii. Activar desde el teléfono un punto de acceso a la Red por *Wi-Fi*.
  - iii. Conectar el computador al punto de acceso por *Wi-Fi* ofrecido por el teléfono.
  - iv. Encender la batería externa del Contextín.
  - v. Asegurar en el teléfono que junto con el computador principal se haya conectado el computador «raspberrypi» del Contextín.
  - vi. Iniciar aplicación «VNC Viewer».
  - vii. Conectarse al computador del Contextín.
  - viii. En el Contextín, ir a la ruta
    1. «/home/pi/Desktop/Contextin/sensor\_escritura\_CCS811\_DFT22\_AUDIO\_MOV».
    - ix. Abrir el archivo «sensor\_escritura\_CCS811\_DFT22\_AUDIO\_MOV.pde».
    - x. Dejar a mano un cargador para el teléfono, en caso de ser necesario para evitar perder la conexión con el Contextín.
- f. Preparar pulsera Biomonitor.
- i. Abrir aplicación «Zadig».
  - ii. En «*Options*» dejar seleccionado «*List all devices*».
  - iii. Seleccionar el dispositivo «Intel(R) Wireless Bluetooth(R)».
  - iv. Instalar controlador WinUSB sólo si no está ya instalado, nunca reinstalar.
    1. Si está ya instalado, abrir el Administrador de dispositivos.
    2. Reinstalar el controlador anterior.

---

<sup>134</sup> El sensor de contexto.

3. Deshabilitar el dispositivo «Wireless Bluetooth» y volverlo a habilitar un par de segundos después.
4. Instalar el controlador en Zadig.
- v. Abrir la consola de comandos del computador principal.
- vi. Ir a la ruta «C:\Users\docking\_station\».
- vii. Dejar escrito sin ejecutar el comando «node martin\_docking.js».
- g. Preparar Sensor de Miradas Tobii T120.
  - i. Encender el Sensor.
  - ii. Asegurar la conexión del sensor de miradas al computador.
    1. Asegurar la conexión del cable de la pantalla con extremos VGA y HDMI mediante adaptador.
    2. Asegurar la conexión del cable de red.
    3. Asegurar la conexión al computador, por USB, de la cámara superior del sensor de miradas.
  - iii. Iniciar aplicación «Tobii Studio».
  - iv. Seleccionar el proyecto «Radiólogos».
  - v. Asegurar que la conexión del sensor de miradas Tobii T120 sea reconocida por la aplicación.
2. Asegurar que la sala esté bien aislada de la luz exterior.
  - a. Revisar la cortina que da hacia el patio.
  - b. De ser necesario, pegar con cinta de papel a las paredes de la sala los bordes de la cortina que da hacia el patio.
  - c. Revisar la cortina que da hacia el pasillo.
  - d. De ser necesario, fijar, con cinta de papel, a las paredes de la sala la cortina que da hacia el pasillo.
  - e. Si los tubos de luz de la sala están encendidos, solicitar, a la autoridad administrativa del edificio que corresponda, que se apague la luz y se desactiven los sensores de movimiento que sirven como interruptores.
3. Preparar archivos necesarios para la toma de datos y el desarrollo del experimento.
  - a. Abrir en el computador principal un navegador de «Chrome», donde el sujeto pueda rellenar sus datos personales.
  - b. Preparar documentos en el computador auxiliar.
    - i. Abrir un navegador con el formulario de comentarios del examinador.
    - ii. Abrir un formulario con el registro del KSS.
    - iii. Abrir un temporizador<sup>135</sup> en línea.
    - iv. Dejar a mano el reproductor de audio con el archivo del Himno de los Querubines de la Liturgia de san Juan Crisóstomo de Tchaikovsky (Opus 41, movimiento sexto).
    - v. Dejar abierto Whatsapp<sup>136</sup> Web por cualquier eventualidad.

---

<sup>135</sup> Este temporizador fue útil para contar el tiempo que debía cambiarse la pantalla negra, que fue de al menos 7 s, y para preguntar por el KSS. Este último no se preguntó a un intervalo exactamente fijo (de 10 minutos), sino que se esperó a que se hubiese terminado un formulario o que se esté en una pantalla negra, para no interferir con las evaluaciones radiográficas.

<sup>136</sup> Para evitar interrupciones, se utilizó esta aplicación para que el examinador tuviese comunicación con el exterior.

- c. Dejar a mano dos copias en blanco del consentimiento informado y una copia con las indicaciones de contestación.
- 4. Sincronizar computadores.
  - a. En el computador principal, abrir la configuración de fecha y hora.
    - i. En la pestaña de Hora de Internet seleccionar el botón «Cambiar la configuración...».
    - ii. Asegurar que el servidor a utilizar sea «ntp.shoa.cl».
    - iii. Seleccionar el botón «Actualizar ahora».
    - iv. Cerrar las ventanas.
  - b. En el computador del Contextín, abrir la consola de comandos.
    - i. Ejecutar «sudo service ntp restart».
- 5. De ser posible, realizar una prueba del aparato de electroencefalograma.
  - a. Instálense los terminales humedecidos.
  - b. Enciéndase el aparato.
  - c. Instálese el aparato en la propia cabeza.
  - d. Reubíquense los terminales y rehumedézcanse hasta que todos queden correctamente reconocidos por la aplicación, lo que se indica con el color verde.
  - e. Hecha la prueba, retírese el aparato de la cabeza y apáguese.
  - f. A menos que la medición con el sujeto comience inmediatamente, retirar los terminales y dejarlos humedeciéndose en la caja de hidratación.

**Con cada sujeto.**

1. Antes de recibir al sujeto, preparar los aparatos para su medición
  - a. Instalar en el aparato del EEG los terminales que estaban en suero, si es que no están ya puestos.
  - b. Si es posible, rellenar con suero la caja para hidratar y dejar sumergidos los otros terminales
2. Convocar al sujeto a la sala del experimento.
3. Al recibir al sujeto, saludarlo, agradecerle su participación, invitarlo a sentarse en su puesto si no lo ha hecho ya.
4. Explicarle el experimento.
  - a. Indicar el experimento en términos generales.
  - b. «Es un experimento para conocer el comportamiento de la vista en imágenes radiológicas».
  - c. Indicar que se buscan resultados agregados, no personalizados; y que el anonimato del participante se va a mantener en el análisis de datos y en los resultados.
  - d. Indicar las acciones que debe realizar el sujeto, como conclusión de lo dicho anteriormente.
    - i. Indicar instrucciones generales que debe seguir el sujeto durante todo el experimento.
    - ii. Debe mantenerse quieto, sin mover la silla ni variar la posición de su cabeza.
    - iii. Debe realizar sólo las acciones que se le indiquen.
    - iv. Mano con sensores quieta.
  - e. Señalarle que se debe evitar interacciones espontáneas con el experimentador, como conversaciones, comentarios ajenos al experimento, y otros.
5. Solicitarle que entregue su consentimiento informado, si hay errores o no lo ha entregado ya, entregarle uno nuevo con un lápiz y pedirle que lo firme.
6. Solicitarle que complete el formulario de datos personales.

7. Instalar aparato de EEG.
  - a. Revisar la humedad necesaria en los terminales que deben ir en contacto con la cabeza. Rehumedecerlos con suero rápida y directamente, de ser necesario.
  - b. Si el sujeto utiliza anteojos, solicitarle que se los quite un momento.
  - c. Instalar el aparato en la cabeza del sujeto.
    - i. Asegurar que los topes de goma queden bien ubicados por detrás de las orejas.
    - ii. Asegurar que dos terminales más largos que deben ir en la frente se ubiquen a tres dedos de distancia por sobre las cejas.
  - d. Encender el aparato moviendo el interruptor naranja de la parte posterior.
  - e. Revisar la aplicación «EmotivXavier TestBench» para asegurar el correcto estado de los terminales. Todos deben estar en verde.
  - f. Reubicar o rehumedecer los terminales que corresponda para asegurar la correcta instalación del aparato.
  - g. Si corresponde, ponerle los anteojos al sujeto de modo que no interfieran con el aparato de electroencefalograma. Preguntarle por la comodidad de los anteojos, y asegurarla.
  - h. Preguntarle por la comodidad del aparato instalado. Acomódese de ser necesario, pero sin descuidar el correcto estado de los conectores por su posición y por lo indicado en la aplicación.
8. Iniciar la música, e indicarle al sujeto que es para hacer más grato el proceso de instalación de sensores.
9. Instalar el dispositivo portátil *Shimmer*.
  - a. Indicarle al sujeto que se le va a instalar el dispositivo y señalar los datos que recoge.
  - b. Preguntarle si es diestro o zurdo para utilizar el *mouse* del computador.
  - c. Solicitarle que se descubra el brazo opuesto al que utiliza con el *mouse* del computador.
  - d. En caso de ser usada, instalar banda elástica que trae el soporte para el dispositivo portátil<sup>137</sup>.
  - e. Retirar el dispositivo de su base. Anótese en el cuaderno el instante exacto en que se separó de la base.
  - f. Fijar el dispositivo en la banda. De ser posible, cubrirlo con la manga para evitar que caiga al suelo en la eventualidad de que se desprendiera. O bien, si no se utiliza la banda, dejar el dispositivo sobre la superficie de la mesa.
  - g. Preguntarle al sujeto por la comodidad del dispositivo. Acomodarlo de ser necesario.
  - h. Instalar en el dedo corazón del mismo brazo los electrodos que recogen la actividad electrodérmica, de manera tal que queden en contacto fijo con las superficies palmares de sus falanges distal y media.
  - i. Preguntarle al sujeto por la comodidad de la instalación de los electrodos. Acomódense las tiras de velcro, de ser necesario, asegurando siempre el contacto fijo de los electrodos con la piel.
  - j. Instalar el sensor de pulso de modo que la luz quede en el reverso del lóbulo de la oreja del mismo lado en que se instalaron los sensores de la mano.

---

<sup>137</sup> Esta banda elástica dejó de utilizarse. Véase la nota 100.



- k. Preguntarle al sujeto por la comodidad de la instalación del sensor. Acomódese de ser necesario.
  - l. Preguntarle al sujeto por la comodidad del conjunto instalado, que incluye al dispositivo portátil, su banda y sus sensores. Acomodar lo que sea necesario.
10. Instalar el oxímetro de pulso.
- a. Indicarle al sujeto que se le va a instalar un oxímetro de pulso en el índice de la mano donde está en dispositivo de *Shimmer*.
  - b. Instalar el aparato.
  - c. Ejecutar el archivo.
  - d. Preguntarle al sujeto por la comodidad del aparato, ajustarlo de ser necesario, asegurando de que la luz esté sobre la superficie dorsal del dedo. Puede instalarse en cualquier dedo. Procúrese no usar el dedo corazón para evitar posibles interacciones con los sensores de la EDA.
  - e. Abrir la carpeta «E\_health\_ReadAndStore», cuyo acceso directo está en el escritorio
  - f. Revisar el archivo «CONTEC.txt», y respaldarlo de ser necesario.
  - g. Abrir el archivo «E\_health\_ReadAndStore.pde». Ejecutarlo para comenzar la toma de datos.
  - h. Verificar que el archivo CONTEC.txt está aumentando durante la toma de datos.
11. Instalar la pulsera Biomonitor.
- a. Indicarle al sujeto que se le va a instalar la pulsera y señalar los datos que recoge.
  - b. Solicitarle al sujeto que se descubra la muñeca derecha (o la izquierda si es zurdo para usar el *mouse* del computador). Pedir que se quite el reloj, de ser necesario.
  - c. Encender la pulsera moviendo el interruptor hacia abajo del cierre del bolsillo donde está guardado el circuito integrado.
  - d. Asegurar que titile la luz verde.
  - e. Apretar la tecla *Enter* en la consola de comandos del computador principal para que se inicie la toma de datos mediante la ejecución del comando «node martin\_docking.js» que se había dejado preparado previamente. Asegurar que se inicie la toma de datos normalmente.
  - f. Instalarle la pulsera en la muñeca derecha (o izquierda en caso de ser zurdo para utilizar el *mouse*).
  - g. Preguntarle si la pulsera le está puesta cómodamente, si no, acomodársela.
  - h. Asegurarse que los electrodos del EDA estén en una posición que permita una captura correcta de datos.
12. Solicitarle que deje apagados o en silencio su celular, relojes, alarmas, u otros aparatos que puedan generar una distracción durante el experimento.
13. Solicitarle que se relaje y que descanse hasta el fin de la pieza musical. Responderle preguntas si las hiciere.
14. Iniciar la captura de datos del Contextín durante el período de relajación.
15. Una vez finalizada la música, calibrar el sensor de miradas.
- a. Indicarle al sujeto que se va a iniciar la calibración, y que desde ese momento deberá mantener la cabeza quieta durante todo el experimento.
  - b. Recomendarle que escoja una posición práctica y cómoda.
  - c. Indicarle que posicione el pulgar de la mano con sensores en la tecla «Control» del teclado, de modo que quede quieta durante toda la medición.

- d. Indicarle que con la mano libre tome el *mouse* del computador y evite soltarlo durante el experimento.
  - e. Iniciar la aplicación «TobiiProEyeTrackerManager».
  - f. Indicarle que tome la posición definitiva, según lo que muestra la aplicación.
  - g. Recordarle que no podrá mover tampoco el tronco ni se podrá reacomodar en su asiento, con el fin de evitar el movimiento de la cabeza.
  - h. Solicitarle que mire el centro de la pantalla, con el objeto de ajustar la distancia del monitor a su cabeza.
  - i. Ajustar la distancia de la pantalla a la cabeza del sujeto una vez que adopte su posición definitiva y se quede mirando el centro del monitor.
  - j. Explicarle que, a continuación, para mejorar la precisión de la detección de la mirada, deberá ver los objetivos que se muestren en la pantalla hasta que exploten.
  - k. Iniciar la calibración en la aplicación «TobiiProEyeTrackerManager».
  - l. Es posible que no sea reconocida la mirada en los puntos, a causa del uso de lentes de contacto u otro motivo, de no poderse realizar esta calibración, omítasela.
16. Una vez finalizada la calibración (o habiéndose omitido<sup>138</sup>), indicarle que va a empezar el ejercicio del experimento y prepararlo
- a. Indicarle al sujeto que a partir de este momento empezarán las mediciones y recordarle que ya no debería haber preguntas ni conversaciones. Y que salvo por las indicaciones del experimentador durante el ejercicio, debe hacer como si estuviese absolutamente solo.
  - b. Instruirle que a partir de este momento debe evitar, también, el movimiento de los dedos que llevan sensores.
  - c. Avisar al sujeto que el experimento comenzará con tres minutos de línea base inicial.
  - d. Señalarle que luego ahora va a ver una serie de radiografías de tórax.
    - i. Que por cada paciente habrá una imagen frontal y luego otra lateral.
    - ii. Instruirle que no mueva la cabeza para ver el teclado . Que una vez que haya revisado la imagen frontal, deberá apretar una tecla para pasar a la vista lateral
    - iii. Luego, nuevamente apretando una tecla, le aparecerá un cuestionario para responder antes de ver las radiografías del próximo paciente.
    - iv. Además, de vez en cuando, deberá responder un cuestionario adicional.
  - e. Advertirle que no se podrá retroceder desde una radiografía a la anterior, o del cuestionario a la radiografía anterior, por lo que deberá estar seguro antes de terminar anticipadamente su exposición.
  - f. Advertirle que tampoco podrá pasar de un cuestionario al anterior, cuando se muestre el adicional, por lo que deberá estar seguro antes de pasar de uno a otro.
  - g. Instruirle que no mueva la cabeza para ver el *mouse* del computador, y señalarle que cada cuestionario deberá contestarlo solamente con el auxilio de ese aparato.
  - h. Señalarle que una vez terminado el cuestionario se mostrará la pantalla en negro por al menos siete segundos antes de que aparezca la radiografía siguiente.

---

<sup>138</sup> Esta calibración hubo de omitirse algunas veces, porque no era posible para la aplicación Tobii Pro Eye Tracker Manager detectar los ojos de algunos participantes. Generalmente ocurría cuando se los habían operado. No obstante, con la aplicación Tobii Studio, no hubo problemas de detección o calibración.

- i. Advertirle que no debe apretar ninguna tecla para pasar a la radiografía, sino que debe esperar a que termine la pantalla en negro.
  - i. Señalarle que presionando una tecla podrá terminar anticipadamente el cuestionario y partirán los siete segundos de pantalla en negro para dar paso a la radiografía siguiente.
  - j. Advertirle que una vez terminado el cuestionario, no se podrá retroceder o volver a éste.
  - k. Recordarle que en general deberá evitar mover los dedos con los sensores.
  - l. Indicarle que terminado el último cuestionario, se realizará otra línea base de tres minutos, y que con ésta terminará la medición y podrá volver a mover la cabeza y los dedos con sensores.
- 17. Repetir que ahora va a iniciar el experimento.
  - a. Iniciar el experimento en la aplicación «Tobii Studio».
  - b. Revisar que la cámara *web* esté bien configurada.
    - i. En la aplicación «Tobii Studio», en la pestaña «*Design and Record*», seleccionar la opción «*Setup*» y luego «*Settings...*».
    - ii. En la ventana «*Global Settings*» seleccionar la pestaña «*Screen and Video Capture*», y en el espacio de la cámara del usuario, hacer *click* sobre el cuadro que permite tener una vista previa de la cámara.
  - c. Apagar las luces del cuarto.
  - d. Asegurar que el nombre del participante, de la grabación y de la secuencia de imágenes sean los correctos.
  - e. Iniciar la grabación del experimento, e indicarle que va a empezar otra calibración, donde aparecerá un círculo rojo que deberá seguir con la vista, y cuando se detenga, que procure ver el punto del centro del círculo.
  - f. Revisar que en la calibración las líneas de la mirada no estén por mucho fuera de los nueve círculos. Idealmente debe haber un punto en cada círculo. Si se formaren garabatos que queden muy por fuera de algunos círculos, repetir en ellos la calibración.
- 18. Iniciar la grabación y la presentación de láminas.
  - a. En la primera lámina, donde se muestra la escala de somnolencia Karolinska (KSS), explicarle que se le va a preguntar cada cierto tiempo cómo se siente, y que se espera que conteste con un número según esta escala.
  - b. Preguntarle cómo se siente, y anotar el número en el formulario «KSS».
  - c. Presionar la tecla «Inicio» para pasar a la lámina que anuncia la línea base.
  - d. Repetir que ahora empezará la línea base, y que durará tres minutos. Que procure estar con los ojos abiertos mirando a la pantalla.
  - e. Apretar la tecla «Inicio» otra vez para que inicie la línea base.
  - f. Una vez concluida la línea base, repetir que ahora va a empezar la serie de radiografías.
- 19. Iniciar la primera serie de radiografías presionando la tecla «Inicio» del computador.
  - a. Durante cada lámina en negro antes de las radiografías esperar al menos siete segundos antes de presionar la tecla «Inicio» para pasar a las radiografías
  - b. Esperar que pase solo a los cuestionarios, y después a la siguiente pantalla en negro.
- 20. Durante el ejercicio de revisión y reporte de radiografías, anotar en el formulario de comentarios del examinador los eventos particulares que pudiesen ocurrir.
- 21. Esperar a que termine la serie de radiografías y la contestación del último cuestionario.
- 22. Concluido el último cuestionario, iniciar la línea base final.
  - a. Indicarle al sujeto que va a iniciar la línea base final de tres minutos que debe seguir quieto.
  - b. Presionar la tecla «Inicio» para empezar la línea base final.

- c. Pasada la línea base, presionar la tecla «Inicio» para terminar la presentación y salir de la pantalla final.
  - d. Indicarle al sujeto que concluyó la línea base, que a partir de este momento puede volver a moverse, y que se le van a quitar los sensores.
23. Detener la toma de datos de los sensores.
- a. Detener la pulsera.
  - b. Detener el Contextín.
  - c. Apagar el aparato de EEG.
  - d. Conectar el aparato a su cargador.
24. Quitarle los sensores al sujeto.
- a. Advertirle que se le quitarán los sensores, partiendo por el aparato de EEG.
  - b. Quitarle el aparato de EEG, cuidando de quitarle antes los anteojos, si tuviese.
  - c. Advertirle que se le quitará a continuación el sensor de pulso del lóbulo de la oreja. Quitarlo.
  - d. Advertirle que se le quitarán a continuación los sensores de actividad electrodérmica. Quitarlos.
  - e. Pedirle que se descubra el dispositivo portátil *Shimmer*, si lo tuviese cubierto por su manga
  - f. Advertirle que se le va a quitar el dispositivo y la banda elástica del brazo (si corresponde). Quitarlos, y dejar inmediatamente el dispositivo en su base, sin apagarlo.
  - g. Iniciar el vaciado de datos desde la memoria del dispositivo portátil a la aplicación Consensys.
  - h. Advertirle que se le va a quitar la pulsera. Quitársela y apagarla inmediatamente.
25. Indicarle al sujeto que ha concluido el experimento.
26. Agradecerle su participación.
27. Indicarle que es de suma importancia que no comente los detalles, desarrollo y respuestas del experimento con quienes serán sujetos de prueba y aún no lo han realizado, para evitar el sesgo de los participantes.
28. Dejar los aparatos y archivos preparados para la siguiente medición, si la hay.
- a. Preparar la pulsera.
    - i. Conectarla a su cargador, y asegurar que se cargue la batería.
    - ii. Respalidar la carpeta «raw\_data».
    - iii. Mover cada archivo de datos desde la carpeta «raw\_data» hacia la carpeta correspondiente a la medición realizada.
  - b. Preparar el dispositivo portátil *Shimmer*.
    - i. Asegurar que los datos ya se hayan importado en la aplicación Consensys.
    - ii. Apagar el dispositivo, sin separarlo de la base.
    - iii. Procesar los datos de pulso.
    - iv. Exportar los datos de la medición en formato «.mat», para Matlab.
    - v. Guardar el archivo con el nombre correspondiente en la carpeta correspondiente.
  - c. Preparar el oxímetro de pulso.
    - i. Mover el archivo Contec.txt a la carpeta correspondiente.
  - d. Preparar el Contextín.
    - i. Mover el archivo de la medición a la carpeta «Por transferir».
    - ii. Transferir el archivo a la carpeta correspondiente y cambiarle el nombre a «CONTEXTIN.txt».
    - iii. Mover el archivo original de la carpeta «Por transferir» a la carpeta «Ya transferidos».

- iv. Dejar en primer plano el archivo «sensor\_escritura\_CCS811\_DFT22\_AUDIO\_MOV.pde».
  - e. Preparar los archivos necesarios.
    - i. Abrir un nuevo formulario de respuestas del sujeto.
    - ii. Configurar la siguiente medición en la aplicación Tobii Studio.
  - f. Preparar el aparato de EEG.
    - i. Cámbiense los terminales recién usados por otros humedecidos.
    - ii. Desconéctese de su cargador.
    - iii. Enciéndase el aparato para realizar una prueba.
    - iv. Instálese el aparato en la propia cabeza.
    - v. Reubíquense los terminales y rehumedézcanse hasta que todos queden correctamente reconocidos por la aplicación, lo que se indica con el color verde.
    - vi. Hecha la prueba, retírese el aparato de la cabeza y apáguese.
    - vii. A menos que la medición con el sujeto comience inmediatamente, retirar los terminales y dejarlos humedeciéndose en la caja de hidratación.
    - viii. Si ya no hay otra medición, guárdense los terminales sin humedecer.
  - g. Concluir preparaciones.
    - i. Encender el dispositivo *Shimmer*, instalar *Firmware* y cargar su configuración.
    - ii. En la consola de comandos del computador dejar escrito el comando «node martin\_docking.js».
29. Si ya no hay otra medición por el día, dejar los aparatos apagados y cargando.

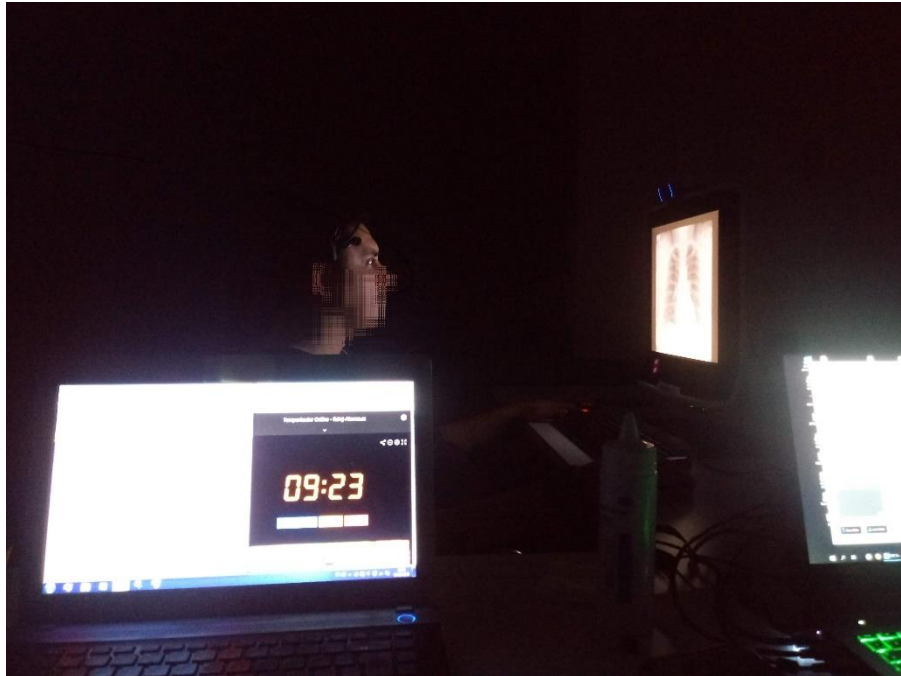


Imagen 3.3: Vista de un participante (cuyo rostro se modificó con edición) durante el estudio.

## 3.6 Almacenamiento de la información

Si bien, en el protocolo se indica parte de lo que corresponde a esto<sup>139</sup>, para evitar errores humanos en el manejo de los datos obtenidos en la ejecución del estudio con cada participante, se preparó un guion (o *script* en inglés) en lenguaje Java que realizó las siguientes acciones, que se transcriben del archivo original.

«Al principio se pregunta qué nombre debe tener la carpeta con los datos del participante

«A los archivos de la pulsera:

1. Respalda la carpeta «raw\_data»  
(En la línea 27 se debe ingresar la dirección de la carpeta «docking\_station» y en la línea 32 se debe ingresar la dirección de la carpeta de respaldo)
2. Elimina los que no tengan datos.
3. Les agrega el encabezado que corresponde.
4. Les pone el nombre de su sensor (ACC, EDA, GYRO, PPG, TEMP).  
Si son más de uno, les agrega a continuación un número correlativo.
5. Los copia de la carpeta «raw\_data»
6. Los pega en la carpeta que corresponda  
(En la línea 36 se debe ingresar la dirección de la carpeta de datos)
7. Limpia la carpeta «raw\_data» para la próxima toma de datos

«A los archivos del Contextín:

1. Los copia de la carpeta «Por Transferir» que está en el escritorio
2. Los nombra como «CONTEXTIN» seguido de un número correlativo cuando son más de uno
3. Borra la carpeta «Por Transferir» del escritorio

«Al archivo CONTEC:

1. Lo mueve a la carpeta de los datos del participante

«A los archivos del EEG:

1. Si son más de uno, les cambia el nombre a «EEG» seguido de un número correlativo
2. Los mueve a la carpeta que corresponda».

En el anexo H se entrega el guión completo.

---

<sup>139</sup> Cf. el protocolo experimental en la parte *Con cada sujeto*, instrucciones 28.a.ii y iii, 28.b.v, 28.c.i y 28.d.ii.

## 4 Resultados

Del proceso del estudio se han obtenido resultados para un total de 31 sujetos. De estos 31, 21 son varones y 10 son mujeres (como edad promedio al momento de su participación tuvieron 33,03 años, con una desviación estándar de 7,25 años). Se contó con la presencia de ocho becados de primer año, nueve becados de segundo año, ocho becados de tercer año, cinco expertos en tórax, profesores del área de tórax del Departamento de Radiología, y un profesor de otra área. En la tabla 4.1 se entregan estos detalles específicos de los participantes.

Ahora bien, para los análisis de la información fue necesario excluir a algunos sujetos, a causa de que sus datos no se tuvieron bien consolidados. Se eliminó un becado<sup>140</sup> de tercer año, cuyo experimento se interrumpió muchas veces, y no se puede asegurar que se encuentre en igual de condiciones que el resto de los participantes. Y también se excluyó del estudio al profesor que no era del área de tórax (P28), porque conformaba él solo un grupo aparte al del resto.

Participantes del Estudio				
Id. del participante	Grupo	Sexo	Edad	Formación adicional
<b>P1</b>	Becado de segundo año	Mujer	26	Ninguna
<b>P2</b>	Becado de tercer año	Hombre	32	Ninguna
<b>P3</b>	Becado de tercer año	Hombre	27	Medichi
<b>P4</b>	Becado de tercer año	Hombre	33	Ninguna
<b>P5</b>	Becado de tercer año	Hombre	33	Especialidad de medicina interna
<b>P6</b>	Becado de segundo año	Hombre	28	Ninguna
<b>P7</b>	Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	Hombre	33	
<b>P8</b>	Profesor Depto. Radiología, del área de Tórax	Mujer	32	
<b>P9</b>	Becado de segundo año	Hombre	60	Ninguna
<b>P10</b>	Becado de tercer año	Mujer	34	Medichi
<b>P11</b>	Becado de segundo año	Hombre	26	Medichi
<b>P12</b>	Becado de tercer año	Hombre	33	Ninguna
<b>P13</b>	Becado de primer año	Hombre	32	Medichi
<b>P14</b>	Becado de primer año	Mujer	28	Pasantías en servicios de radiología
<b>P15</b>	Becado de primer año	Mujer	32	Ninguna
<b>P16</b>	Becado de segundo año	Mujer	32	Curso-taller de interpretación de radiografías de tórax
<b>P17</b>	Becado de primer año	Hombre	25	Ninguna
<b>P18</b>	Becado de primer año	Mujer	34	Internado de radiología durante el pregrado
<b>P19</b>	Becado de primer año	Hombre	26	Medichi
<b>P20</b>	Becado de primer año	Hombre	25	Medichi
<b>P21</b>	Becado de primer año	Hombre	33	Ninguna
<b>P22</b>	Becado de segundo año	Hombre	31	Medichi

<sup>140</sup> El Participante 4.

<b>P23</b>	Becado de segundo año	Mujer	32	Ninguna
<b>P24</b>	Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	Hombre	32	
<b>P25</b>	Becado de segundo año	Hombre	27	Medichi
<b>P26</b>	Becado de segundo año	Hombre	35	Diplomado de resonancia magnética, 2 pasantías de 1 mes.
<b>P27</b>	Becado de tercer año	Mujer	33	Ninguna
<b>P28</b>	Profesor del Departamento de Radiología, de otra área	Hombre	30	
<b>P29</b>	Becado de tercer año	Mujer	28	Ninguna
<b>P30</b>	Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	Hombre	44	
<b>P31</b>	Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	Hombre	44	

Tabla 4.1: Detalle de los participantes del estudio.

Para un mayor detalle véase el punto 4.2.1 de caracterización de los sujetos (o el anexo B).

#### 4.1 Mediciones realizadas

En consecuencia, se han clasificado a los participantes en cuatro grupos de experiencia,

1. Becado I,
2. Becado II,
3. Becado III, y
4. Experto.

Para cada uno de estos grupos se estudió el comportamiento de las siguientes mediciones,

1. Verdaderos positivos (VP),
2. Falsos positivos (FP),
3. Verdaderos negativos (VN),
4. Falsos negativos (FN),
5. Precisión,
6. Exactitud,
7. Sensibilidad,
8. Especificidad,
9. Tiempo total en la lámina,
10. Tiempo dentro del foco de condensación,
11. Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación,
12. Cantidad de fijaciones en el foco de condensación,
13. Cantidad de fijaciones por lámina,
14. Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación,
15. Velocidad como fijaciones en el foco por hora,
16. Promedio de la amplitud sacádica, y
17. Amplitud sacádica antes del foco de condensación.



En cuanto a las primeras ocho medidas, corresponden a una manera de calificar el desempeño de una predicción<sup>141</sup>, y aquí se entenderá en referencia al diagnóstico de la presencia de focos de condensación. En consecuencia,

1. Se calificó como *verdadero positivo*, cuando en el cuestionario se marcó la opción «foco de condensación» y las radiografías eran de un caso evidente o no evidente,
2. Se calificó como *falso positivo*, cuando en el cuestionario no se marcó la opción «foco de condensación» y las radiografías eran de un caso evidente o no evidente,
3. Se calificó como *verdadero negativo*, cuando en el cuestionario no se marcó la opción «foco de condensación» y las radiografías eran de un caso normal, y
4. Se calificó como *falso negativo*, cuando en el cuestionario no se marcó la opción «foco de condensación» y las radiografías eran de un caso normal.

En este momento, es importante advertir, que teniendo los resultados de los expertos, se realizó una tercera revisión a las imágenes seleccionadas, y de aquí se obtuvieron nuevos criterios de exclusión. Los casos no evidentes 9, 14, y 20, respectivamente de los pacientes 29, 34, y 40, si bien tres presentan alteraciones que pueden ser calificadas como un foco de condensación, son engañosas y también podrían ser interpretadas con otra patología. Y por otra parte, los casos no evidentes 8, 13 y 18, respectivamente de los pacientes 28, 33 y 38, pueden ser normales<sup>142</sup>. De aquí que no se haya marcado un foco de condensación para el paciente 28, como ya se adelantó al final de la sección 3.4. Por lo tanto, estos seis casos fueron excluidos en las mediciones que se refirieron a la presencia de focos de condensación.

Con respecto al resto de medidas<sup>143</sup>, son todas propias de los estudios con seguimiento de miradas. A continuación se las detalla.

9. **Tiempo total en la lámina.** Se calculó para cada participante el promedio del tiempo que estuvo expuesta la lámina, que depende de cada persona. Dado que esta medida puede relacionarse con la atención o la información obtenida por el sujeto<sup>144</sup>, puede contribuir a la medición de la experiencia. Aquí se consideraron los 60 casos, porque no depende del diagnóstico.
10. **Tiempo dentro del foco de condensación.** Para cada participante se calculó el tiempo total en segundos en que fijó la mirada dentro del foco de condensación en cada lámina. Luego se obtuvo un promedio por participante. Esta medida es un caso particular de la anterior, y en tanto se puede considerar como una medida de dificultad en la obtención de información del objetivo que se ve, si se mide el tiempo total por lámina, puede entenderse como la

---

<sup>141</sup> Cf. la sección 2.4.5.

<sup>142</sup> Aunque en la última de estas tres, se puede aceptar la opción «Otros hallazgos» porque no estaría mal diagnosticada una cardiomegalia.

<sup>143</sup> Cuando se habla de *lámina*, se hace referencia a la radiografía.

<sup>144</sup> Según se dijo, cf. Sección 2.2.1.

dificultad de hallar e interpretar el total de signos radiológicos de la imagen; mientras que si se mide el tiempo de fijaciones dentro del foco de condensación se puede entender como la dificultad en interpretar el foco.

11. **Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación.** Para cada participante se calculó el tiempo que transcurrió entre la primera fijación realizada en la lámina y la primera fijación que hizo dentro del foco de condensación. Luego, como se tuvo el tiempo por lámina, para cada participante se calculó el promedio. Considerando como estímulo la presencia del foco de condensación en la radiografía, se espera con esta medida que mayores niveles de latencia puedan ser distintivos de menor experiencia.
12. **Cantidad de fijaciones en el foco de condensación.** Esta medida consistió en contar las fijaciones reconocidas dentro del foco de condensación, para cada lámina y participante. Luego se obtuvo un promedio por participante. Se intentó poder entenderla como la dificultad en interpretar un signo radiológico<sup>145</sup>, y complementariamente, como una medida de la experiencia en la búsqueda<sup>146</sup>.
13. **Cantidad de fijaciones por lámina.** Se tomó para cada participante el promedio de fijaciones que realizó en cada lámina, y evidentemente, no se eliminó ninguna para esta medición<sup>147</sup>. Con esta medida se procura extender la información ya obtenida con las anteriores.
14. **Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación.** Con esta medida se espera que la cantidad observada debiese ser mayor para los sujetos menos experimentados. Si la medida anterior se puede entender como una variante de la 9, esta medida se corresponde con la 11.
15. **Velocidad como fijaciones en el foco por hora.** Se calculó para cada participante la cantidad de fijaciones en el foco de condensación dividido por el tiempo total en la lámina. Por comodidad se prefirió utilizar el tiempo en horas y no en segundos o minutos, para que tanto el numerador como el denominador tengan magnitudes de un orden similar.
16. **Promedio de la amplitud sacádica.** Para cada participante se calculó, independientemente de la lámina, el promedio de la amplitud de sus sacadas, medida en grados sexagesimales<sup>148</sup>.
17. **Amplitud sacádica antes del foco de condensación.** De acuerdo a la explicación dada para este tipo de medidas<sup>149</sup>, se espera que el foco de condensación pueda servir como punto de inflexión al estudiar las amplitudes en una misma radiografía, y que este comportamiento distinto pueda asociarse a la experiencia del sujeto.

---

<sup>145</sup> Aquello que permite descubrir un foco de condensación..

<sup>146</sup> Véase lo dicho en la sección 2.2.1 sobre la cantidad de fijaciones.

<sup>147</sup> Porque el diagnóstico no influye en este caso.

<sup>148</sup> En tanto que es un ángulo, según lo dicho en la sección 2.2.1 sobre esta medida.

<sup>149</sup> En la sección 2.2.1.

## 4.2 Análisis exploratorio

Antes de pasar al análisis de las mediciones es conveniente presentar las características propias del grupo que participó en el experimento. Esta información se recogió con el cuestionario de datos personales que se le presentó a cada participante antes de realizar el experimento. En el Anexo B se entregan los datos completos<sup>150</sup>.

Más adelante, se estudia la correlación entre las variables, se analizan las componentes principales de las medidas realizadas y los rendimientos de los diagnósticos de los participantes.

### 4.2.1 Caracterización de los participantes

Se posee una muestra de 31 participantes, 21 hombres y 10 mujeres. De todos, 30 de ellos declara consumir café diariamente, y 28 declara no fumar nunca. Su edad promedio es de 32 años con una desviación estándar de 6,8 años, el mayor de los participantes tiene 60 años mientras el menor posee 25.

Se observa en la tabla de caracterización (4.1) que la media de horas de sueño de la noche anterior al experimento está muy por debajo de las 8 horas, habiendo solo 4 participantes que durmieron 8 o más horas. Aun así, la mayoría de los participantes (23) declara haber dormido bien.

Se aprecia también que más de la mitad de los encuestados declara tener al menos una actividad física semanal (18), y al rededor de la mitad declara tener consumo del alcohol al menos ocasional (21).

Caracterización de participantes			
Grupo	Hombre	Mujer	Total
Media de horas de sueño la noche anterior	6,6 horas (1,25)	6,2 horas (1,24)	6,5 horas (1,3)
¿Cómo declara que durmió?	12 bien 6 mal	9 bien 0 mal	21 bien 6 mal
¿Realiza alguna actividad deportiva?	10 sí 11 no	7 sí 3 no	17 sí 14 no
Consumo de alcohol	6 no 2 rara vez 10 ocasional 4 semanal	0 no 4 rara vez 5 ocasional 2 semanal	6 no 6 rara vez 15 ocasional 6 semanal

Tabla 4.2: Caracterización de los participantes.

---

<sup>150</sup> Incluso de los participantes excluidos.

Con respecto a la universidad de origen, 11 de los participantes provienen de la Universidad de Chile. Cabe destacar que 18 de los participantes provienen de universidades estatales y 13 de universidades privadas.

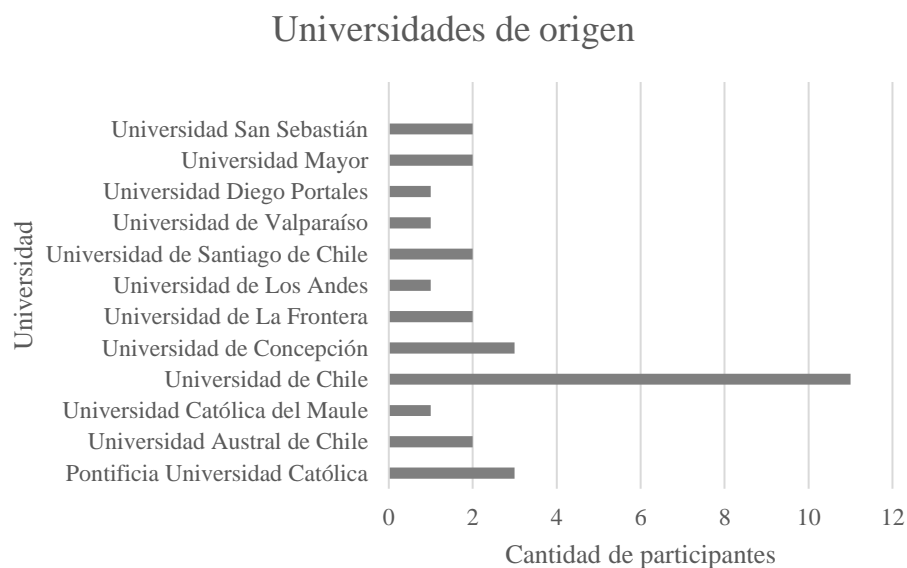


Gráfico 4.1: Universidad donde los participantes estudiaron medicina.

Con respecto a la aprobación de cursos (rotaciones) relacionados con las radiografías de tórax, se ha revisado cuál fue el último que aprobaron (Gráfico 4.2).

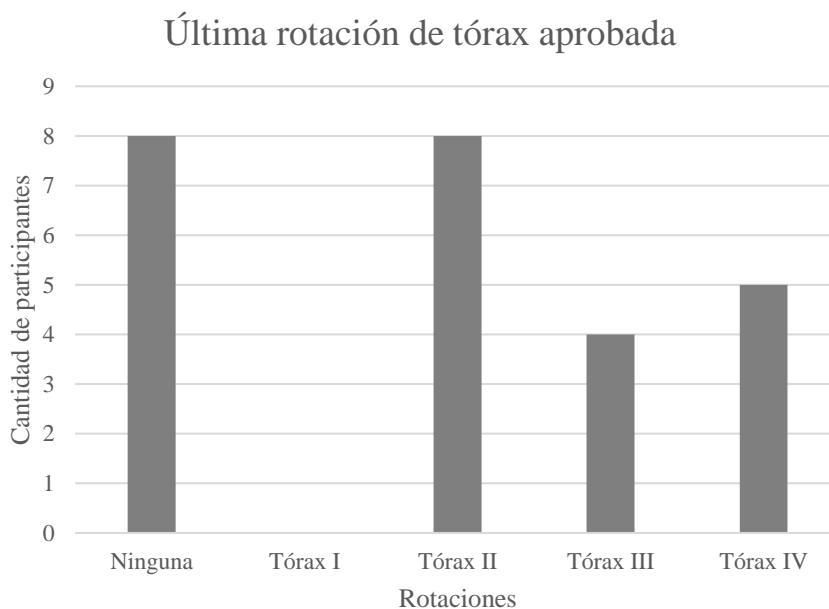


Gráfico 4.2: Última rotación de tórax aprobada por los participantes.

Nótese que todos los que aprobaron Tórax I, también aprobaron Tórax II, y todos coinciden con alumnos de segundo año. En efecto, sólo uno de los becados de segundo año ya ha aprobado Tórax III, y dos se encuentran cursándolo. Por otra parte, del mismo modo se puede afirmar que ninguno de los ocho becados de primer año ha aprobado aún la rotación de Tórax I, aunque hay uno que ya la estaba cursando al momento de participar en el experimento.

Continuando con lo anterior, véase la tabla 4.2 en que se puede comprobar que los tres participantes que se mencionaron resultan, a su vez, ser los únicos que se encontraban cursando una rotación de tórax al momento del experimento.

Resumen de aprobación			
Rotación	Aprobados	Cursando	Reprobados
Tórax I	21	1	0
Tórax II	17	0	0
Tórax III	9	2	1
Tórax IV	5	0	0

Tabla 4.3: Resumen de la aprobación de rotaciones de tórax.

Se podría relacionar la aprobación de cursos de tórax con el desempeño en la revisión e informe de radiografías de tórax, incluso se puede asociar a un nivel de experiencia más adecuado de categorizar; pero sería mucha la diferencia de integrantes entre los grupos, como se muestra en la tabla 4.3.

Aprobación de cursos por grupo		
Grupo	Curso	Cantidad de aprobados
<b>Becado I</b>	Ninguna	8
<b>Becado II</b>	Tórax II	8
	Tórax III	1
<b>Becado III</b>	Tórax III	3
	Tórax IV	5

Tabla 4.4: Aprobación de rotaciones por año de radiología.

En la misma tabla también se puede apreciar que los grupos de participantes se encuentran claramente diferenciados por los cursos aprobados, esto quiere decir que los resultados del rendimiento no obstante podrían reflejar, a grandes rasgos, el aporte de estos cursos en el rendimiento de los estudiantes sin problemas de identificación entre ellos. Ahora bien, no es menor la consideración de que los tamaños muestrales resultan ser pequeños, luego, este podría ser un primer paso de una serie de estudios realizados en varios años, o en varias universidades, que en unos años más permita contar con una cantidades de muestras mayores.

#### 4.2.2 Acerca de los resultados obtenidos por medición

Se calcula una matriz de correlación de los resultados de las 17 mediciones hechas para observar el comportamiento de los valores y la posibilidad de datos redundantes. En la imagen 4.1 se muestra el gráfico que se generó.

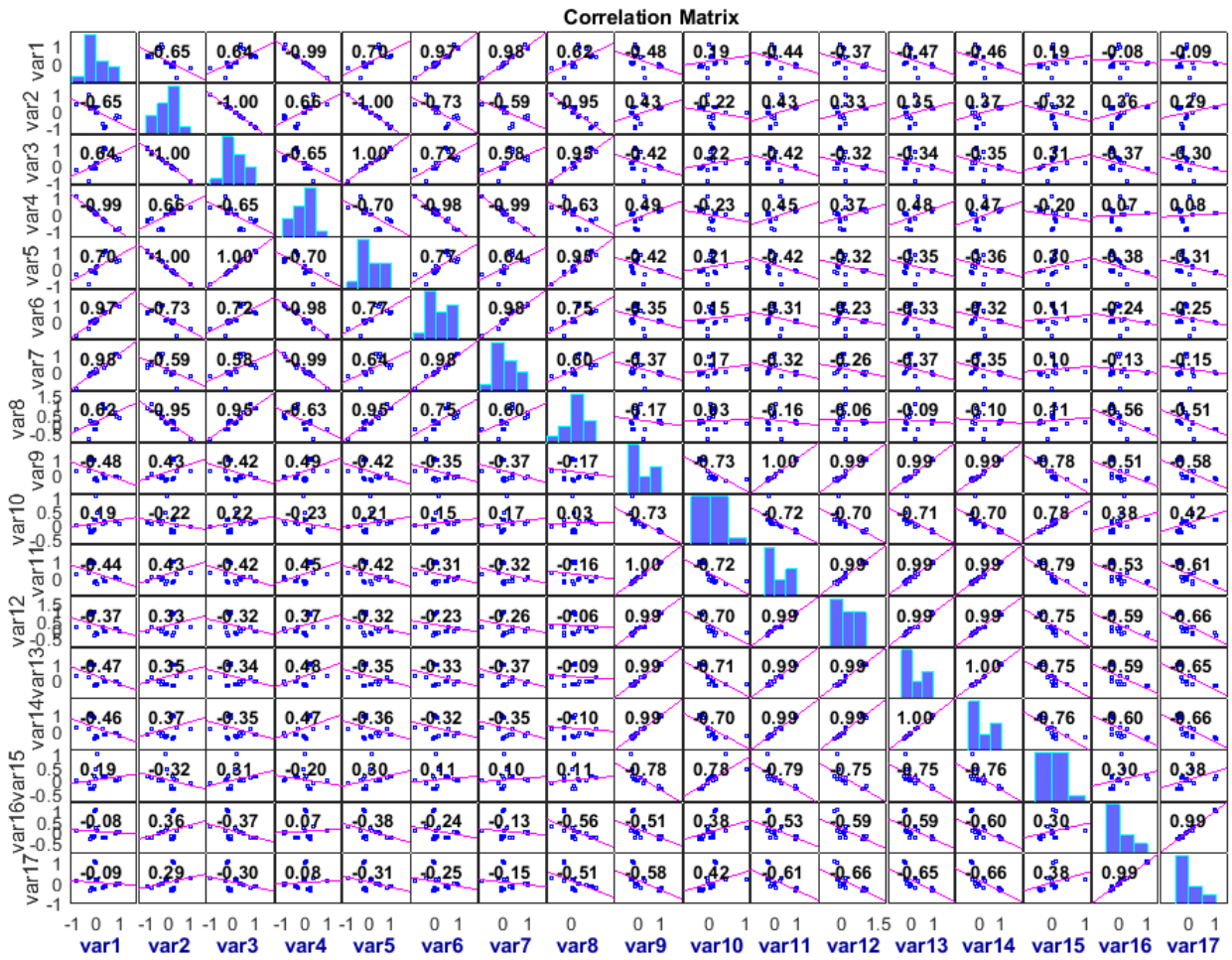


Imagen 4.1: Matriz de correlación de las medidas.

En la tabla 4.4, que se muestra a continuación, se transcribe la información de la matriz de correlación, para tener una mejor visualización de los datos.

Matriz de correlación de variables																	
Verdaderos positivos	1,00	-0,65	0,64	-0,99	0,70	0,97	0,98	0,62	-0,48	0,19	-0,44	-0,37	-0,47	-0,46	0,19	-0,08	-0,09
Falsos positivos	-0,65	1,00	-1,00	0,66	-1,00	-0,73	-0,59	-0,95	0,43	-0,22	0,43	0,33	0,35	0,37	-0,32	0,36	0,29
Verdaderos negativos	0,64	-1,00	1,00	-0,65	1,00	0,72	0,58	0,95	-0,42	0,22	-0,42	-0,32	-0,34	-0,35	0,31	-0,37	-0,30
Falsos negativos	-0,99	0,66	-0,65	1,00	-0,70	-0,98	-0,99	-0,63	0,49	-0,23	0,45	0,37	0,48	0,47	-0,20	0,70	0,80
Precisión	0,70	-1,00	1,00	-0,70	1,00	0,77	0,64	0,95	-0,42	0,21	-0,42	-0,32	-0,35	-0,36	0,30	-0,38	-0,31
Exactitud	0,97	-0,73	0,72	-0,98	0,77	1,00	0,98	0,75	-0,35	0,15	-0,31	-0,23	-0,33	-0,32	0,11	-0,24	-0,25
Sensibilidad	0,98	-0,59	0,58	-0,99	0,64	0,98	1,00	0,60	-0,37	0,17	-0,32	-0,26	-0,37	-0,35	0,10	-0,13	-0,15
Especificidad	0,62	-0,95	0,95	-0,63	0,95	0,75	0,60	1,00	-0,17	0,03	-0,16	-0,06	-0,09	-0,10	0,11	-0,56	-0,51
Tiempo total en la lámina.	-0,48	0,43	-0,42	0,49	-0,42	-0,35	-0,37	-0,17	1,00	-0,73	1,00	0,99	0,99	0,99	-0,78	-0,51	-0,58
Tiempo dentro del foco	0,19	-0,22	0,22	-0,23	0,21	0,15	0,17	0,03	-0,73	1,00	-0,72	-0,70	-0,71	-0,70	0,78	0,38	0,42
Tiempo hasta fijación en foco	-0,44	0,43	-0,42	0,45	-0,42	-0,31	-0,32	-0,16	1,00	-0,72	1,00	0,99	0,99	0,99	-0,79	-0,53	-0,61
N. de fijaciones en el foco	-0,37	0,33	-0,32	0,37	-0,32	-0,23	-0,26	-0,06	0,99	-0,70	0,99	1,00	0,99	0,99	-0,75	-0,59	-0,66
N. de fijaciones por lámina	-0,47	0,35	-0,34	0,48	-0,35	-0,33	-0,37	-0,09	0,99	-0,71	0,99	0,99	1,00	1,00	-0,75	-0,59	-0,65
N. de fijaciones antes del foco	-0,46	0,37	-0,35	0,47	-0,36	-0,32	-0,35	-0,10	0,99	-0,70	0,99	0,99	1,00	1,00	-0,76	-0,60	-0,66
Velocidad de fijaciones por hora	0,19	-0,32	0,31	-0,20	0,30	0,11	0,10	0,11	-0,78	0,78	-0,79	-0,75	-0,75	-0,76	1,00	0,30	0,38
Promedio de amplitud sacádica	-0,08	0,36	-0,37	0,70	-0,38	-0,24	-0,13	-0,56	-0,51	0,38	-0,53	-0,59	-0,59	-0,60	0,30	1,00	0,99
Amplitud sacádica antes del foco	-0,09	0,29	-0,30	0,80	-0,31	-0,25	-0,15	-0,51	-0,58	0,42	-0,61	-0,66	-0,65	-0,66	0,38	0,99	1,00
	Verdaderos positivos	Falsos positivos	Verdaderos negativos	Falsos negativos	Precisión	Exactitud	Sensibilidad	Especificidad	Tiempo total en la lámina.	Tiempo dentro del foco	Tiempo hasta la fijación en el foco	Cantidad de fijaciones en el foco	Cantidad de fijaciones por lámina	Cantidad de fijaciones antes del foco	Velocidad de fijaciones por hora	Promedio de amplitud sacádica	Amplitud sacádica antes del foco
Número de variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Tabla 4.5: Matriz de correlación de las medidas.

Nótese que hay una alta correlación, es decir, cercana a 1 dentro de cada columna, en cuatro grupos de mediciones, que se detallan en la tabla 4.5. Se puede entender que la información que entrega cada medición es similar a las otras de su grupo.

Conjuntos de medidas de correlación			
I	II	III	IV
Falsos positivos	Verdaderos positivos	Amplitud sacádica antes del foco	Cantidad de fijaciones por lámina
Verdaderos negativos	Falsos negativos	Promedio de amplitud sacádica	Fijaciones antes del foco de condensación
Precisión	Exactitud		Fijaciones en el foco de condensación.
Especificidad	Sensibilidad		Tiempo total en la lámina
			Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación

Tabla 4.6: Grupos de medidas con alta correlación.

Tan solo dos variables quedaron excluidas de las cuatro familias formadas, la que mide el tiempo dentro del foco de condensación (10) y la que mide la velocidad entendida como fijaciones por tiempo en la lámina (15).

A partir de esta clasificación, se tomó la primera de cada grupo y las dos excluidas, para volver a comparar sus correlaciones, que son las menores. El resultado está en la imagen 4.2, en ella se puede apreciar la gran dispersión de los puntos en cada comparación gráfica entre dos variables. La correspondencia de cada medida con las variables del gráfico es la siguiente,

1. Falsos positivos (2) es la variable 1,
2. Verdaderos positivos (1) es la variable 2,
3. Amplitud sacádica antes del foco (17) es la variable 3,
4. Cantidad de fijaciones por lámina (13) es la variable 4,
5. Tiempo dentro del foco (10) es la variable 5, y
6. Velocidad como fijaciones en el foco por hora (15) es la variable 6.

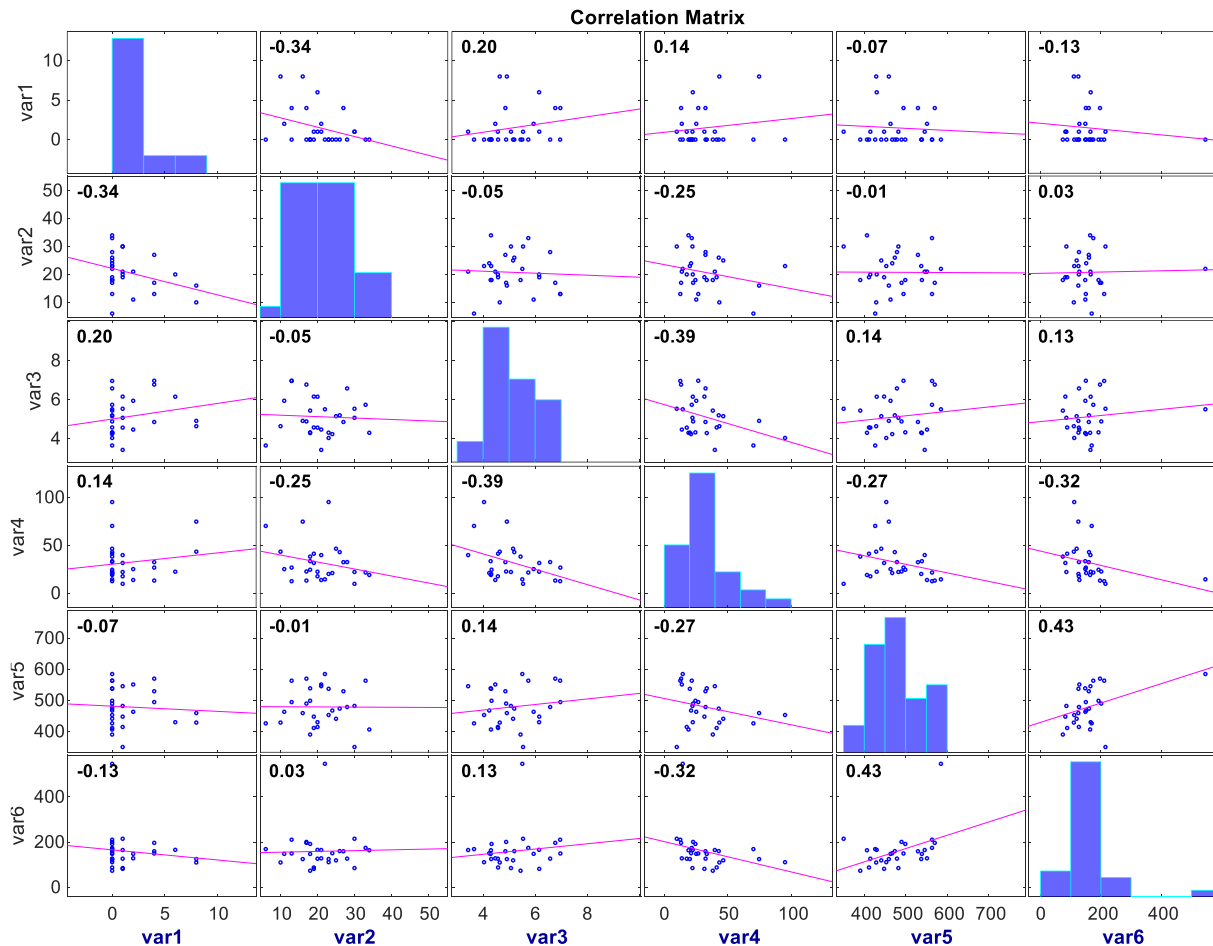


Imagen 4.2: Matriz de correlación de las medidas menos parecidas.

La transcripción de los coeficientes de correlación se tiene en la tabla 4.6, que incluye los nombres de cada variable. Nótese que las correlaciones de cada par se pueden considerar bajas, y en efecto,



ninguna resultó mayor a 0,5. Luego, este breve análisis indica que es razonable la agrupación propuesta para las variables.

Conjuntos de medidas de correlación							
2	Falsos positivos	1,00	-0,34	0,20	0,14	-0,07	-0,13
1	Verdaderos positivos	-0,34	1,00	-0,05	-0,25	-0,01	0,03
17	Amplitud sacádica antes del foco	0,20	-0,05	1,00	-0,39	0,14	0,13
13	Cantidad de fijaciones por lámina	0,14	-0,25	-0,39	1,00	-0,27	-0,32
10	Tiempo dentro del foco	-0,07	-0,01	0,14	-0,27	1,00	0,43
15	Velocidad: fijaciones en el foco por hora	-0,13	0,03	0,13	-0,32	0,43	1,00
		T Falsos positivos	Verdaderos positivos	Amplitud sacádica antes del foco	Cantidad de fijaciones por lámina	Tiempo dentro del foco	Velocidad: fijaciones en el foco por hora
		2	1	17	13	10	15

Tabla 4.7: Matriz de correlación de las medidas menos parecidas.

Para evaluar de otro modo el desempeño explicativo de cada variable se lleva a cabo un análisis de componentes principales, del cual se obtuvo que basta solo un vector para explicar el 99.04% de la varianza agregada, lo cual tiene un fuerte vínculo con las correlaciones encontradas, los resultados se adjuntan en el Anexo I.

Complementariamente, se toman sólo las seis variables con menos correlación y se lleva nuevamente a cabo un análisis de componentes principales. Aquí se obtiene que la primera componente principal explica el 72.9% de la varianza, la segunda el 23.5% y la tercera un 3.0%.

Esto permite entender, que quitado el efecto de variables similares en la ponderación del primer análisis de componentes principales, de todos modos se puede hallar una alta relación entre todas las medidas, dado que cerca del 97% se explica con las dos primeras componentes.

Finalmente, como último análisis exploratorio, se grafican las curvas ROC<sup>151</sup> de las respuestas promedio de cada grupo de participantes al momento de diagnosticar la presencia de focos de condensación, a partir de los datos ya calculados por las primeras ocho variables.

El resultado está en el gráfico 4.3, donde se puede apreciar que entre los expertos se alcanzó el mayor nivel de predicción, y el comportamiento de los becados de tercer año también resulta ser de un alto desempeño en la predicción.

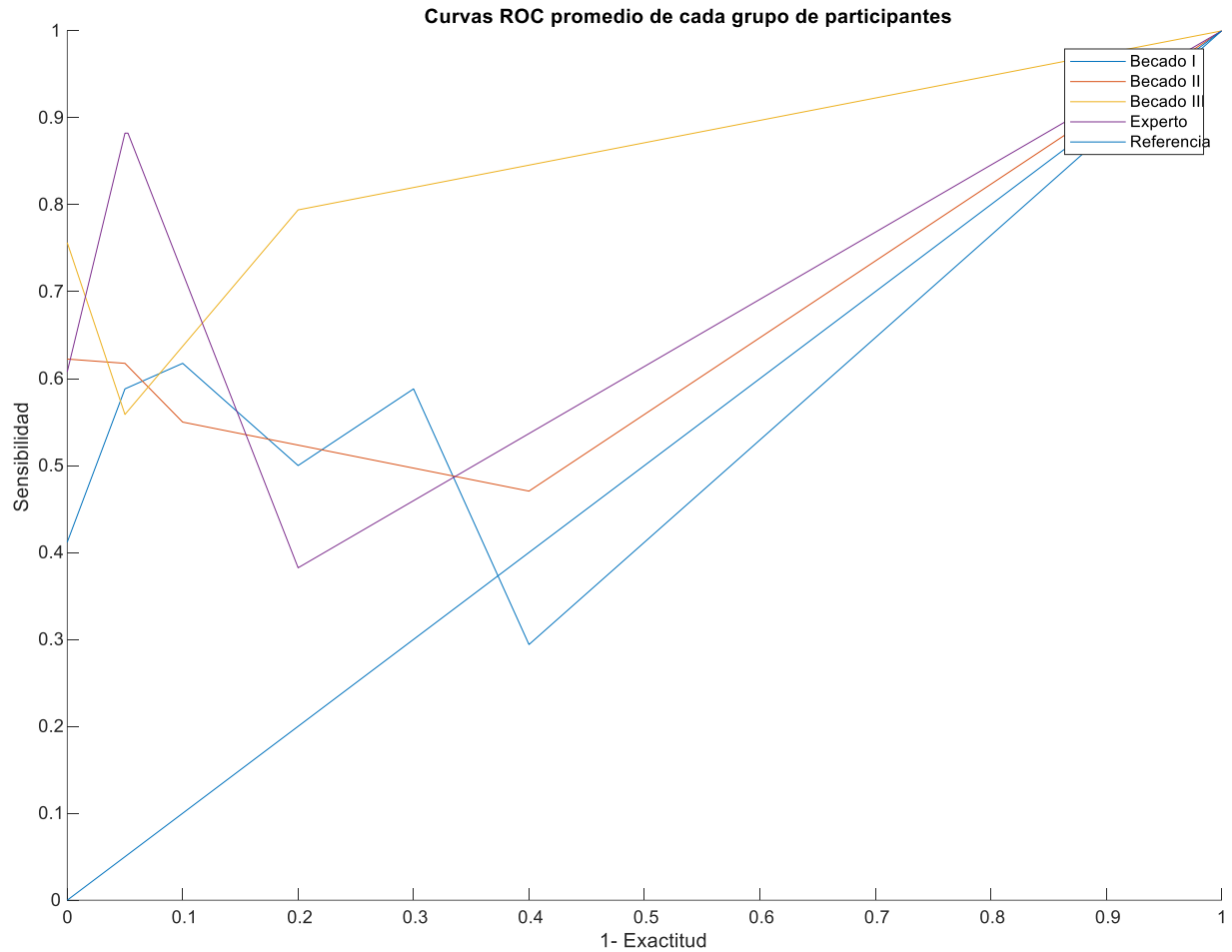


Gráfico 4.3: Curvas ROC de los grupos de experiencia.

### 4.3 Resultados por medida

Con las mediciones calculadas, se intenta hallar características que permitan diferenciar a los grupos, de manera tal que la retroalimentación pedagógica se pueda enfocar en disminuir tales diferencias. Para comparar los grupos, se supone que las medias entre ellos son iguales, lo que se prueba con un análisis de varianza, o con pruebas estadísticas complementarias que permiten igualmente concluir cuando los datos no cumplen los requisitos para la aplicación del análisis de varianza.

Por este motivo, para cada medida, se les aplicó previamente la prueba de Shapiro Wilk, para estudiar que tengan una distribución normal, y la prueba de Levene, para revisar la homocedasticidad de los valores. Cuando no se cumplió el requisito de normalidad, pero sí el de homocedasticidad, en lugar del análisis de varianza, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, y cuando no se tuvo ni normalidad ni homocedasticidad, se utilizó como estadístico la F de Welch.

Además, luego de tratar las medidas de desempeño, para el resto<sup>152</sup> también se las analizará separando los resultados según la dificultad de la radiografía (evidente y no evidente) y la proyección (lateral o frontal) para estas comparaciones. Como la segregación conlleva una pérdida de la independencia de los datos, se lleva a cabo una prueba de análisis de varianza mixto<sup>153</sup>.

### 4.3.1 Verdaderos positivos

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un p valor de 0,9692, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula. Luego se supone normalidad.

En cuanto a la prueba de Levene, el resultado se muestra en la tabla 4.7, donde se ve que nuevamente no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se considera a las mediciones homocedásticas.

Tabla de resultados Prueba de Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	194.444	466.667
Becado III	7	231.429	552.052
Becado I	8	16.25	599.404
Experto	5	27	812.404
Todos	29	207.586	590.789
Estadístico Levene (cuadrático)	0.6759		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.57495		

Tabla 4.8: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Cuando realizan las pruebas de hipótesis mediante la aplicación Matlab, se obtienen los datos de la manera que muestra la tabla 4.7 y las sucesivas de este capítulo referidas a resultados de pruebas. En cuanto a la prueba de Levene, se entrega el estadístico y los grados de libertad asociados que permiten calcular el *p-valor* para cada muestra.

Con estos resultados se realiza el análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.8.

<sup>152</sup> Éstas son las medidas 9 a 17, que respectivamente se tratan en las secciones 4.3.9 a 4.3.17.

<sup>153</sup> Entre los resultados se muestra inmediatamente todos los p-valores con el estadístico corregido, cuando alguno de los supuestos que exige la prueba no se cumple. Como en todos los casos, los resultados no mostraron cambios, se supone que o los requisitos se cumplen, o su trasgresión no afecta significativamente el resultado. De todos modos, se omitieron estas columnas adicionales por no redundar.

Análisis de varianza					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	412.73	3	137.577	3.94	0.0197
Error	872.58	25	34.903		
Total	1285.31	28			

Tabla 4.9: Resultado del análisis de varianza.

Obteniendo un p valor de 0,0197 se rechaza la hipótesis nula, y por lo tanto, se puede afirmar que existen diferencias significativas en las medias de verdaderos positivos entre los grupos. Revisando el gráfico de cajas generado con la prueba de hipótesis, claramente se puede ver que el grupo de expertos se ubica muy por sobre de los demás.

Realizando un estudio posterior<sup>154</sup> para averiguar entre qué grupos hay diferencias significativas, se halló que existe entre los grupos de Becado I y Expertos.

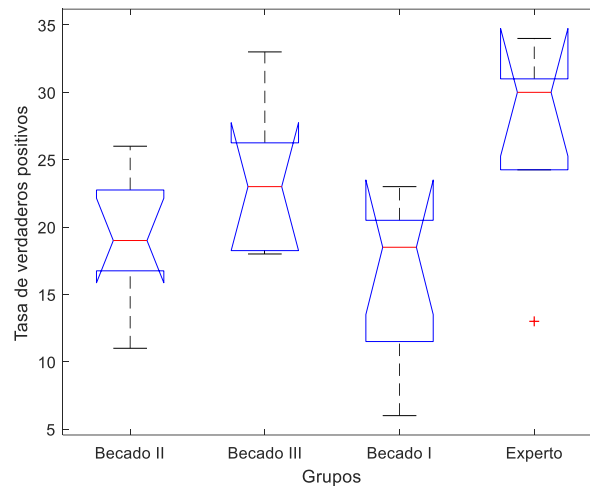


Gráfico 4.4: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Cabe mencionar, como se dijo para la prueba de Levene, que en el caso de los análisis de varianza, se entrega también los valores para las sumas de cuadrados (SS), grados de libertad (df), cuadrados medios (MS), el estadístico de la prueba (F), y el p-valor (Prob>F). Este último dato es el resultado final de los anteriores, y es el que interesa conocer para rechazar o no la hipótesis nula.

### 4.3.2 Falsos positivos

Por medio de una prueba Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,6751 y un p-valor de  $5,1 \times 10^{-06}$ , lo cual implica que se rechaza la hipótesis nula, y con ella el supuesto de normalidad.

<sup>154</sup> Se ha utilizado la aplicación «Matlab» que con este fin ofrece el comando «multcompare».

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	122.222	263.523
Becado III	7	0.71429	149.603
Becado I	8	2.625	306.769
Experto	5	1.2	164.317
Todos	29	148.276	241.379
Estadístico Levene (cuadrático)	0.67873		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.57329		

Tabla 4.10: Prueba de homocedasticidad de Levene.

En cuanto a la prueba de Levene, su resultado se muestra en la tabla 4.9, y se concluye que no es posible rechazar el supuesto de homocedasticidad.

Con esto, se realiza un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Su resultado se muestra en la tabla 4.10.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	170.2	3	56.734	2.84	0.4167
Error	1506.8	25	602.719		
Total	1.677	28			

Tabla 4.11: Resultados del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Con un p-valor de 0,4167 no se puede rechazar la hipótesis de que las medias sean iguales.

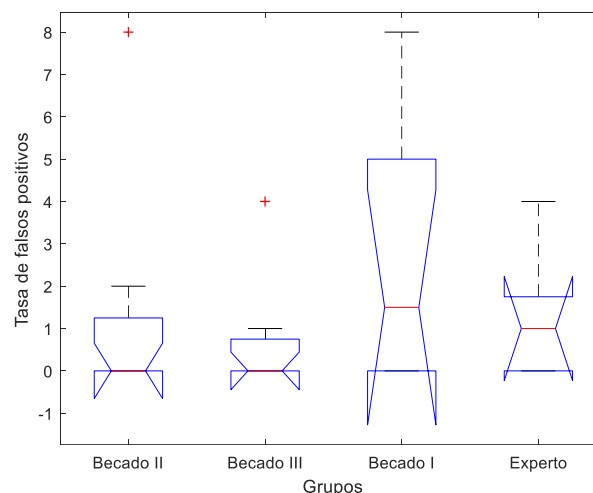


Gráfico 4.5: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Se puede observar que no hay diferencias significativas entre los grupos, en tanto que las alturas de las cajas de cada grupo están superpuestas.

Cuando se hacen análisis de varianzas de Kruskal-Wallis, el estadístico de la prueba se muestra bajo la columna *Chi-sq*; y el p-valor, bajo la columna *Prob>Chi-sq*.

### 4.3.3 Verdaderos negativos

Con la prueba de Shapiro-Wilk se obtiene un estadístico de 0,6887, lo cual implica un p-valor de  $7,3 \times 10^{-06}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos sean normales.

El estudio de la homocedasticidad se muestra en la tabla 4.11, con los resultados de la prueba de Levene.

<b>Tabla de resultados Levene</b>			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	187.778	263.523
Becado III	7	192.857	149.603
Becado I	8	17.375	306.769
Experto	5	18.6	167.332
Todos	29	184.828	24.171
Estadístico Levene (cuadrático)	0.67491		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.57554		

Tabla 4.12: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Nuevamente, no se puede rechazar la homocedasticidad con un p-valor de 0,57554, por lo que se puede hacer una prueba de Kruskal-Wallis.

<b>Kruskal-Wallis ANOVA</b>					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	175.6	3	585.342	2.93	0.4032
Error	1504.9	25	601.959		
Total	1680.5	28			

Tabla 4.13: Resultados del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Con un p-valor de 0,4032 no se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias son iguales.

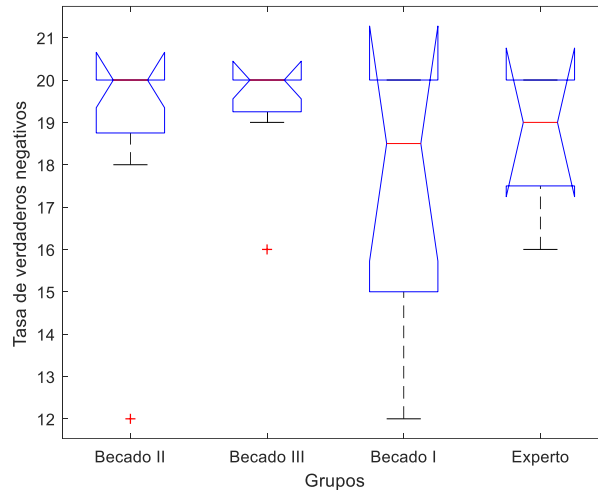


Gráfico 4.6: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

El gráfico de cajas correspondiente es el 4.6, nótese un resultado similar de las cajas de cada grupo, donde si bien los becados de I tienen una mayor dispersión, todas las cajas están a una misma altura.

#### 4.3.4 Falsos negativos

Con la prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,9852 y un p-valor de 0,9468, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula, y no se puede rechazar la normalidad.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	13	374.166
Becado III	7	88.571	587.164
Becado I	8	17.75	599.404
Experto	5	7	812.404
Todos	29	122.759	577.705
Estadístico Levene (cuadrático)	112.855		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.35651		

Tabla 4.14: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Nuevamente, con un p-valor de 0,35651 no se puede rechazar la homocedasticidad. Por lo tanto, se puede llevar a cabo un análisis de varianza de una vía, cuyo resultado se muestra en la tabla 4.14.

Análisis de varianza					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	465.44	3	155.145	4.65	0.0102
Error	834.36	25	33.374		
Total	1299.79	28			

Tabla 4.15: Resultado del análisis de varianza.

La hipótesis nula de la prueba se rechaza con un p-valor de 0,0102, con lo cual se puede afirmar que existen diferencias significativas entre los grupos.

Mediante un análisis a posteriori<sup>155</sup>, se encuentra que hay diferencias significativas entre Becados I y Becados III, y entre Becados I y Expertos. Nótese que en gráfico de cajas (4.7), precisamente los grupos de Expertos y Becados III son los más separados de Becados I.

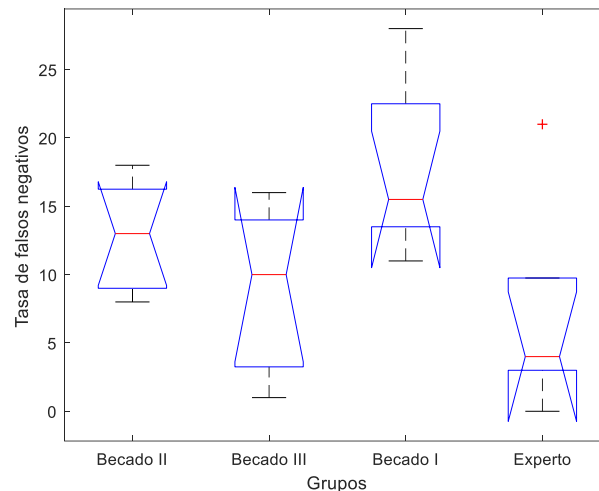


Gráfico 4.7: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

### 4.3.5 Precisión

Con la prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,6729, y un p-valor de  $4,8 \times 10^{-06}$ , lo cual implica que se rechaza la hipótesis nula, y con ella se rechaza la normalidad.

<sup>155</sup> Véase la nota anterior.



Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	0.94082	0.11474
Becado III	7	0.97442	0.04928
Becado I	8	0.87497	0.15667
Experto	5	0.94004	0.09933
Todos	29	0.93063	0.1151
Estadístico Levene (cuadrático)	0.95414		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.42964		

Tabla 4.16: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Nuevamente no se puede rechazar la homocedasticidad. Por lo que se sigue de una prueba de Kruskal-Wallis. La tabla 4.16 recoge sus resultados.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	165.4	3	55.134	2.74	0.4333
Error	1524.1	25	609.639		
Total	1689.5	28			

Tabla 4.17: Resultados del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

El p-valor de 0,43 indica que no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias. Y en efecto, si se mira el gráfico que se calculó (4.8) se podrá apreciar la similitud de los grupos.

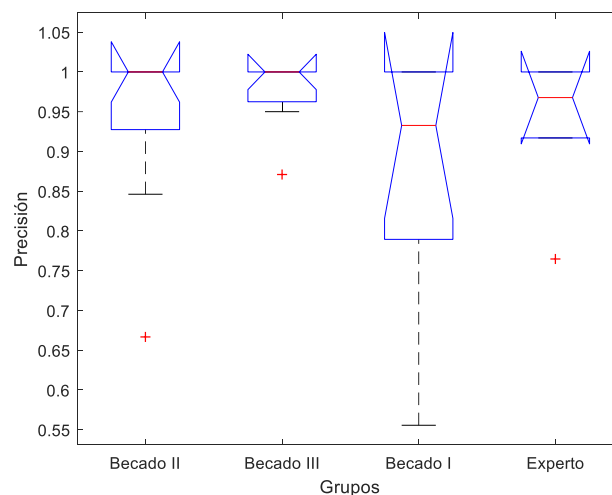


Gráfico 4.8: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

### 4.3.6 Exactitud

Mediante una prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,9669 y un p-valor de 0,4066, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula, ni la normalidad. En cuanto a la homocedasticidad, tampoco se puede rechazar, según los resultados de la tabla 4.17.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	0.76163	0.06011
Becado III	7	0.8209	0.10891
Becado I	8	0.62269	0.12904
Experto	5	0.81839	0.16189
Todos	29	0.74739	0.11339
Estadístico Levene (cuadrático)	1.38299		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.271		

Tabla 4.18: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Por lo tanto, se realiza una análisis de varianza cuyo resultado se muestra en la tabla 4.18. Donde se puede ver que con un p-valor de 0,0081 se rechaza la hipótesis nula, por lo cual existe al menos una diferencia significativa entre los grupos.

Análisis de varianza					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	0.18927	3	0.06309	4.91	0.0081
Error	0.32145	25	0.01286		
Total	0.51072	28			

Tabla 4.19: Resultados del análisis de varianza.

El respectivo gráfico de cajas es el 4.9, y se puede ver en él la separación pronunciada que tienen los grupos extremos. Y en efecto, si se realiza la revisión a posteriori, se puede comprobar que hay diferencias significativas entre los grupos de Becado I y Experto.

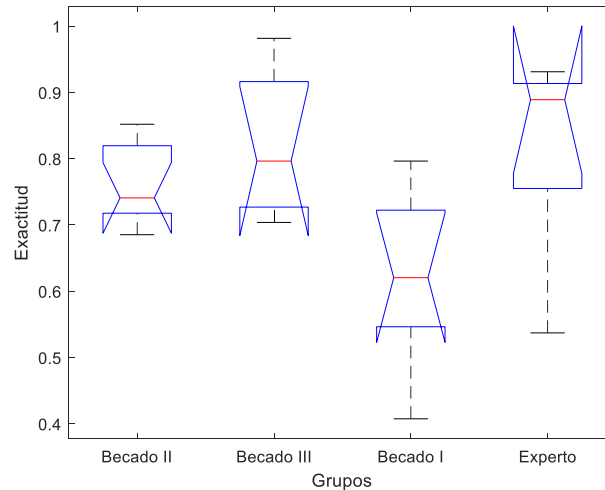


Gráfico 4.9: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

### 4.3.7 Sensibilidad

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,9800 y un p-valor de 0,8384, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula. Luego, según la prueba de Levene cuyo resultado se muestra en la tabla 4.19, los datos son homocedásticos, porque su p-valor de 0,36 es mayor a 0,05.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	0.6232	0.09585
Becado III	7	0.73361	0.16522
Becado I	8	0.47794	0.1763
Experto	5	0.75044	0.21178
Todos	29	0.63172	0.15928
Estadístico Levene (cuadrático)	112.305		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.35862		

Tabla 4.20: Prueba de Homocedasticidad de Levene.

De este modo, se calcula un análisis de varianza, cuyo resultado se muestra en la tabla 4.20.

Análisis de varianza					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	0.33299	3	0.111	4.38	0.0132
Error	0.63426	25	0.02537		
Total	0.96724	28			

Tabla 4.21: Resultado del análisis de varianza.

Se rechaza la hipótesis nula de la igualdad de medias con un p-valor de 0,0132, con ello existe al menos un par de variables con una diferencia significativa de medias. Que efectivamente se halla entre los grupos Becado I y Becado III, y entre Becado I y Experto. Esto es consistente con lo presentado en el gráfico de cajas correspondiente (4.10), donde la caja del grupo Becado I queda muy por debajo de las otras dos con las que acusó diferencias.

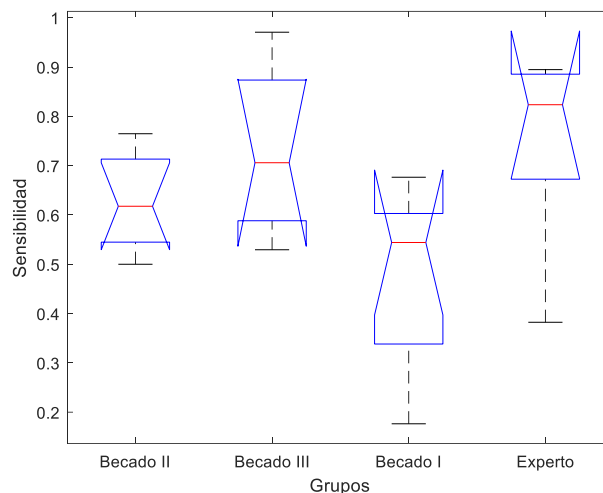


Gráfico 4.10: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

### 4.3.8 Especificidad

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,6525, lo cual implica un p-valor de  $2,8 \times 10^{-6}$ , luego, se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos. A continuación se realiza la prueba de Levene, cuyos resultados están en la tabla 4.21, y que arrojaron un p-valor de 0,035, que al ser menor que 0,05 invita a rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad de los datos.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	0.98333	0.03536
Becado III	7	0.96429	0.0748
Becado I	8	0.86875	0.15338
Experto	5	0.93947	0.08209
Todos	29	0.93956	0.097
Estadístico Levene (cuadrático)	335.631		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.03475		

Tabla 4.22: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Como no se cumplen los supuestos del análisis de varianza, se modifica el estadístico F por una F de Welch. El nuevo estadístico alcanza un valor de 1,594 que se corresponde con un p-valor de 0,2496, por lo que es rechazada la hipótesis nula de igualdad de medias. Si se mira el gráfico (4.11) se puede ver cómo las cajas de cada grupo, si bien distintas en amplitud se encuentran cercanas.

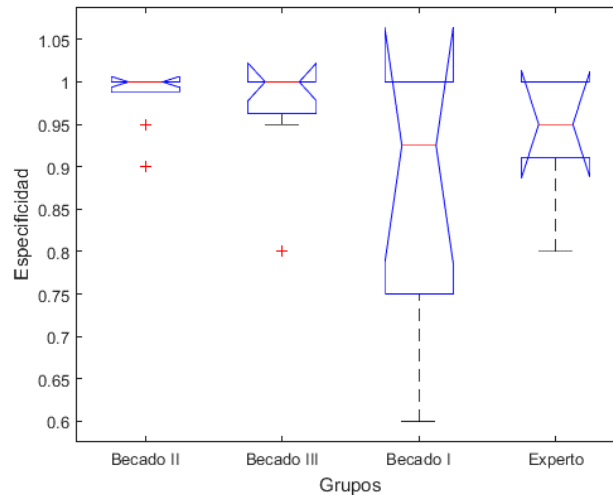


Gráfico 4.11: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

#### 4.3.9 Tiempo total en la lámina

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,8107, y un p-valor de  $3,0 \times 10^{-04}$ , lo cual implica que se rechaza la hipótesis nula, y con ella, la normalidad.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación estándar
Becado II	8	18460.6	7983.5
Becado III	7	16254.2	4493.0
Experto	4	13919.1	6938.9
Becado I	7	23890.2	19090.0
Todos	26	18629.7	11477.8
Estadístico Levene (cuadrático)		2.15758	
Grados de libertad		3,22	
p-valor		0.12188	

Tabla 4.23: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Realizada la prueba de Levene (tabla 4.22), se obtiene un p-valor de 0,12188 con el que no se puede rechazar la homocedasticidad, por lo que se sigue una prueba de Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	21.3	3	7.1012	0.36	0.9475
Error	1441.2	22	65.5089		
Total	1462.5	25			

Tabla 4.24: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

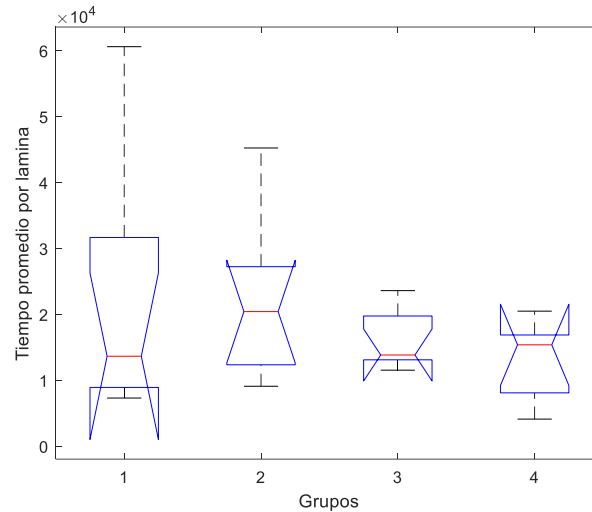


Gráfico 4.12: Gráfico de cajas del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Con un p-valor de 0,94475 no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Y si se observa le gráfico 4.11, se podrá notar lo cercano que quedaron las cajas de cada grupo.

Además, se lleva a cabo un análisis de varianza mixto considerando los nuevos factores de evidencia del foco de condensación y proyección de la radiografía.

Análisis de varianza mixto						
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue	
(Intercepto)	3,45E+14	1	3,45E+14	49.21	3,78E-04	
Grupos	1,83E+13	3	6,09E+12	0.86765	0.47203	
Error	1,61E+14	23	7,02E+12			
(Intercepto):Evidente_Noevidente	1,00E+12	1	1,00E+12	77.584	0.010517	
Grupos:Evidente_Noevidente	1,28E+10	3	4,26E+10	0.32949	0.80406	
Error(Evidente_Noevidente)	2,97E+12	23	1,29E+11			
(Intercepto):Frontal_Lateral	5,15E+13	1	5,15E+13	46.411	6,01E-04	
Grupos:Frontal_Lateral	5,26E+12	3	1,75E+12	15.808	0.22117	
Error(Frontal_Lateral)	2,55E+13	23	1,11E+12			
(Intercepto):Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	4,61E+10	1	4,61E+10	0.77964	0.38639	
Grupos:Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	8,10E+10	3	2,70E+10	0.45602	0.71561	
Error(Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral)	1,36E+11	23	5,92E+10			

Tabla 4.25: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa, de acuerdo a los p-valores que se entregan en la columna *pValue*. Las demás columnas son los datos propios que se reportan en cualquier análisis de varianza, sumas de cuadrados, grados de libertad, cuadrados medios, y el estadístico F.

#### 4.3.10 Tiempo dentro del foco de condensación

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,9700, y un p-valor de 0,5586, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula. El resultado de aplicar la prueba de Levene se muestra en la tabla 4.25.

<b>Tabla de resultados Levene</b>			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	473.356	61.2485
Becado III	7	511.999	42.0144
Becado I	8	479.782	68.7832
Experto	442.593	62.0762	
Todos	479.152	59.7106	
Estadístico Levene (cuadrático)	0.92747		
Grados de libertad	3,25		
p-valor	0.44199		

Tabla 4.26: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Dado que no se puede rechazar ninguno de los dos supuestos, se realiza un análisis de varianza cuyo resultado se muestra en la tabla 4.26.

<b>Análisis de varianza</b>					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	14540.8	3	4846.95	1.36	0.278
Error	89133.9	25	3565.36		
Total	103674.8	28			

Tabla 4.27: Resultado del análisis de varianza.

Con un p-valor de 0,2136 no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias. Y si se mira el gráfico de cajas (4.13), se podrá apreciar que los grupos se hallan todos más o menos en un mismo rango.

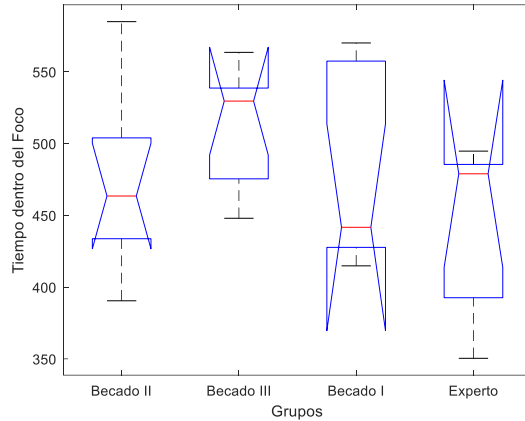


Gráfico 4.13: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

En cuanto al análisis de varianza mixto, separando la variable, el resultado lo muestra la tabla 4.27.

<b>Análisis de varianza mixto</b>					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	1,78E+11	1,00E+00	1,78E+11	1814.2	1,59E-15
Grupos	42577	3,00E+00	14192	14.471	0.26225
Error	1,77E+09	1,80E+01	9807.6		
(Intercepto):Evidente_Noevidente	375.05	1,00E+00	375.05	0.11944	0.73364
Grupos:Evidente_Noevidente	10191	3,00E+00	3397.1	10.819	0.38187
Error(Evidente_Noevidente)	56519	1,80E+01	3139.9		
(Intercepto):Frontal_Lateral	2,16E+09	1,00E+00	2.160.900.000	24.121	0.00011253
Grupos:Frontal_Lateral	37387	3,00E+00	12462	13.911	0.27774
Error(Frontal_Lateral)	1,61E+09	1,80E+01	8958.6		
(Intercepto):Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	71639	1,00E+00	71639	95.403	0.0063335
Grupos:Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	17099	3,00E+00	5699.6	0.75902	0.5316
Error(Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral)	1,35E+09	18	7509.1		

Tabla 4.28: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

#### 4.3.11 Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,8525 y un p-valor de 0.0015, lo cual implica que se puede rechazar la hipótesis nula, y no considerar los datos normales.



Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	9046.02	5599.31
Becado III	7	7542.45	2412.31
Becado I	8	9419.35	7507.41
Experto	5	5760.75	3260.68
Todos	29	8219.65	5376.95
Estadístico Levene (cuadrático)	1.27227		
Grados de libertad	3,25		
p-valor	0.30539		

Tabla 4.29: Prueba de homocedasticidad de Levene.

La prueba de homocedasticidad (tabla 4.28) entrega un p-valor de 0,305, con esto no se puede negar la homocedasticidad de la muestra, y por consiguiente, se sigue una prueba de Kruskal-Wallis, cuyo resultado está en la tabla 4.29.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	71.5	3	23.8321	0.99	0.8046
Error	1958.5	25	78.3401		
Total	2030	28			

Tabla 4.30: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Dado el p-valor de 0,805, mayor a 0,05, no se puede rechazar la igualdad de medias.

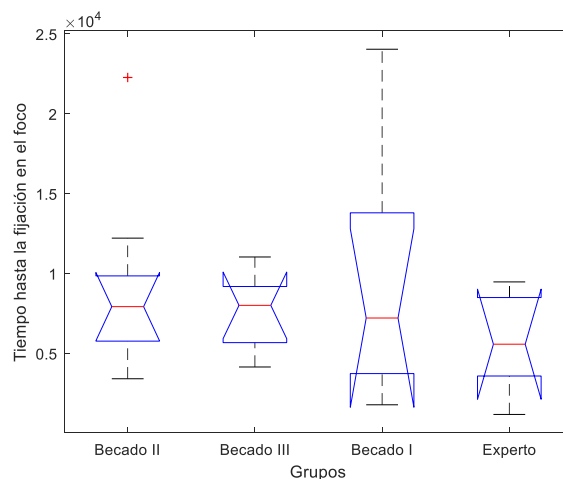


Gráfico 4.14: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

En el respectivo gráfico (4.14) se puede apreciar la cercanía que las cajas de cada grupo tienen entre ellas.

En cuanto al análisis de varianza mixto, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 4.30.

Análisis de varianza mixto					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	6,81E+13	1,00E+00	6,81E+13	59.698	4,01E-03
Grupos	2,38E+11	3	7,92E+07	0.69468	0.56723
Error	2,05E+13	18	1,14E+12		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente	1,86E+12	1	1,86E+12	10.153	0.0051141
Grupos:Evidente_Noeyvidente	4,85E+11	3	1,62E+11	0.88058	0.46969
Error(Evidente_Noeyvidente)	3,30E+12	1,80E+01	1,83E+11		
(Intercepto):Frontal_Lateral	7,29E+12	1	7,29E+12	24.123	0.00011249
Grupos:Frontal_Lateral	8,83E+11	3	2,94E+11	0.97393	0.42678
Error(Frontal_Lateral)	5,44E+12	18	3,02E+11		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	1894.3	1	1894.3	8,10E-01	0.99292
Grupos:Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	2,90E+11	3	9,66E+10	0.41313	0.74559
Error(Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral)	4,21E+12	18	2,34E+11		

Tabla 4.31: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

#### 4.3.12 Cantidad de fijaciones en el foco de condensación

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,7713 y un p-valor de  $8,1 \times 10^{-05}$ , lo cual implica que se rechaza la hipótesis nula. Los resultados de estudiar la homocedasticidad se muestran en la tabla 4.31.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	0.61515	0.27911
Becado III	7	0.53139	0.14667
Becado I	8	0.64205	0.63955
Experto	5	0.4697	0.24827
Todos	29	0.57727	0.39304
Estadístico Levene (cuadrático)	1.50389		
Grados de libertad	3.25		
p-valor	0.23785		

Tabla 4.32: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Dado el p-valor de 0,23785 no se puede rechazar la homocedasticidad de la muestra. Por lo tanto, se acude a una prueba de Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	106.07	3	35.3571	1.46	0.6906
Error	1922.43	25	76.8971		
Total	2028.5	28			

Tabla 4.33: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Con un p-valor de 0,6906 no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias.

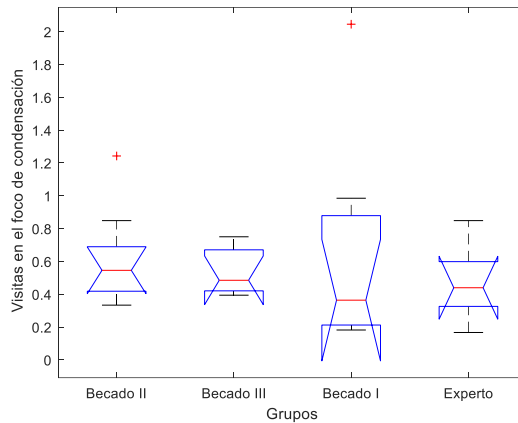


Gráfico 4.15: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Y si se observa el gráfico correspondiente (4.15), las cajas de cada grupo están bastante alineadas.

En cuanto al análisis mixto, sus resultados están en la tabla 4.33.

Análisis de varianza mixto					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	28.522	1,00E+00	28.522	46.98	0
Grupos	0.60979	3,00E+00	0.20326	0.3348	0.80028
Error	1,40E+04	2,30E+01	0.60711		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente	34.639	1,00E+00	34.639	5,64E+04	0
Grupos:Evidente_Noeyvidente	0.17664	3,00E+00	0.05888	0.95951	0.42855
Error(Evidente_Noeyvidente)	14.114	2,30E+01	0.061365		
(Intercepto):Frontal_Lateral	22.772	1	22.772	22.54	8,73E-01
Grupos:Frontal_Lateral	0.24995	3,00E+00	0.083316	0.82469	0.49371
Error(Frontal_Lateral)	23.236	2,30E+01	0.10103		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	15.349	1	15.349	25.242	4,39E-01
Grupos:Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	0.095461	3	0.03182	0.52328	0.67059
Error(Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral)	13.986	23	0.06081		

Tabla 4.34: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

### 4.3.13 Cantidad de fijaciones por lámina

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,8264 y un p-valor de  $5,4 \times 10^{-04}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula. En cuanto a la homocedasticidad, los resultados de la prueba de Levene están en la tabla 4.34.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	384.769	17.339
Becado III	7	264.693	58.788
Becado I	8	361.211	311.775
Experto	5	221.298	85.236
Todos	29	321.101	197.052
Estadístico Levene (cuadrático)	259769		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.07469		

Tabla 4.35: Prueba de homocedasticidad de Levene.

No se puede rechazar la hipótesis nula debido a un p-valor de 0,07469 porque es mayor a la confianza exigida de un 95%. En consecuencia se realiza un análisis de Kruskal-Wallis, cuyo resultado se entrega en la tabla 4.35.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	313.77	3	104.59	4.33	0.2282
Error	1716.23	25	68.649		
Total	2.030	28			

Tabla 4.36: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

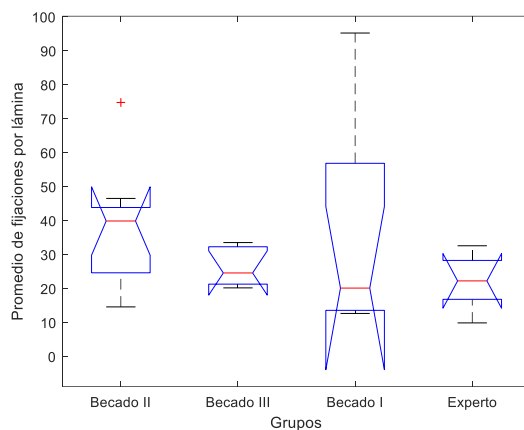


Gráfico 4.16: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Luego de efectuar la prueba no paramétrica se llega a un p-valor de 0,2282. Por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, no hay diferencias significativas entre los grupos. Y si se observa el gráfico 4.16, se podrá apreciar que las cajas de cada grupo se encuentran más o menos en un mismo rango.

En cuanto al análisis mixto, separando la variable entre radiografías evidentes y no evidentes, y entre las proyecciones laterales y frontales, se obtiene los resultados mostrados en la tabla 4.36, donde ninguna de las interacciones muestra un p-valor menor a 0,05.

Análisis de varianza mixto					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	94407	1	94407	104.74	4,93E-06
Grupos	4197.2	3	1399.1	1,55E+04	0.22801
Error	20731	23	901.36		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente	16.599	1	16.599	0.042027	0.83937
Grupos:Evidente_Noeyvidente	790.7	3,00E+00	263.57	0.66734	0.58068
Error(Evidente_Noeyvidente)	9083.9	23	394.95		
(Intercepto):Frontal_Lateral	17520	1	17520	7,24E+04	1,47E-04
Grupos:Frontal_Lateral	1640.9	3	546.98	2,26E+04	0.10851
Error(Frontal_Lateral)	5568	23	242.09		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	177.78	1	177.78	0.35993	0.55441
Grupos:Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	1049.3	3	349.77	0.70815	0.55697
Error(Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral)	11360	23	493.92		

Tabla 4.37: Análisis de varianza mixto.

#### 4.3.14 Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación

Se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,8632 y un p-valor de 0,0023, por lo cual se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos. Por su parte, el estudio de la homocedasticidad dado por la prueba de Levene arrojó el resultado mostrado en la tabla 4.37.

Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	184.846	99.174
Becado III	7	139.569	37.732
Becado I	8	162.946	128.327
Experto	5	11.142	48.757
Todos	29	155.216	92.089
Estadístico Levene (cuadrático)	179.785		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.17339		

Tabla 4.38: Prueba de Homocedasticidad de Levene.

No se puede rechazar la hipótesis nula de la homocedasticidad, por consiguiente se corre una prueba de Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	154.86	3	516.184	2.14	0.5447
Error	1875.14	25	750.058		
Total	2030	28			

Tabla 4.39: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Dado el p-valor de 0,5447 no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias.

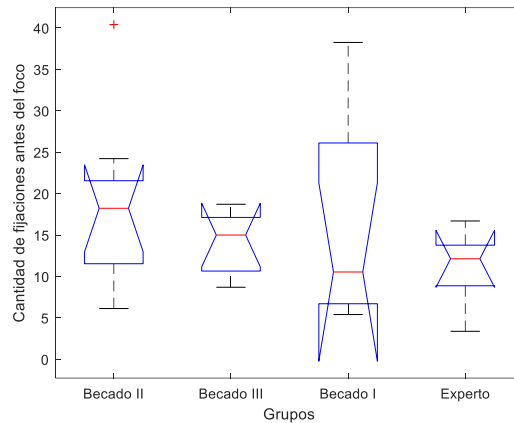


Gráfico 4.17: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Por consiguiente, no se puede afirmar que la cantidad de fijaciones antes de encontrar el área de interés sea significativamente menor a lo largo de la experiencia. El gráfico (4.17) muestra efectivamente una similitud en las posiciones de las cajas que representan a cada grupo.

En cuanto al análisis de varianza mixto para la separación de esta variable, el resultado está en la tabla 4.40.

Análisis de varianza mixto					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	2,40E+04	1	23966	65.527	3,11E-03
Grupos	571.88	3	190.63	0.52122	0.67342
Error	6217.5	17	365.74		
(Intercepto):Evidente_Noevidente	547.85	1	547.85	1,03E+04	0.0051569
Grupos:Evidente_Noevidente	3,74E+04	3	12.453	0.23393	0.87147
Error(Evidente_Noevidente)	904.93	17	53.231		
(Intercepto):Frontal_Lateral	3671.4	1	3671.4	23.783	0.00014193
Grupos:Frontal_Lateral	300.18	3	100.06	0.64816	0.59481
Error(Frontal_Lateral)	2624.4	17	154.37		
(Intercepto):Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	23.353	1	23.353	0.025774	0.87435
Grupos:Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	117.09	3	39.03	0.43075	0.73365
Error(Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral)	1540.4	17	90.609		

Tabla 4.40: Análisis de varianza mixto.

Nuevamente, en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

#### 4.3.15 Tasa de visualizaciones en el foco por lámina

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,5954 y un p-valor de  $7,4 \times 10^{-07}$ , lo cual implica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos.

La tabla 4.41 entrega los resultados de la prueba de Levene.

<b>Tabla de resultados Levene</b>			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	180.912	142.707
Becado III	7	147.575	35.755
Becado I	8	152.532	38.837
Experto	5	148.391	47.761
Todos	29	159.429	87.241
Estadístico Levene (cuadrático)	0.95243		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.43043		

Tabla 4.41: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Dado un p-valor de 0,43043 no se puede rechazar la hipótesis de que los datos sean homocedásticos. Por lo tanto se acude a una análisis de Kruskal-Wallis, cuyo resultado se entrega en la tabla 4.42.

<b>Kruskal-Wallis ANOVA</b>					
Fuente	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Grupos	15.45	3	51.513	0.21	0.9754
Error	2014.55	25	805.818		
Total	2030	28			

Tabla 4.42: Resultado del análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Aquí se obtuvo el p-valor de 0,9754, por lo que no se puede rechazar la nula de igualdad de medias. Y, en efecto, si se mira el gráfico correspondiente (4.18) se podrá notar la similitud de las cajas representativas de cada grupo.

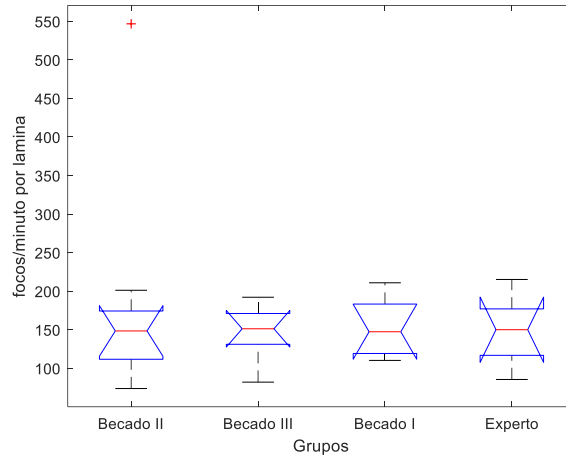


Gráfico 4.18: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

En cuanto al análisis mixto respectivo, los resultados están en la tabla 4.43.

Análisis de varianza mixto						
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue	
(Intercepto)	2,23E+10	1,00E+00	2,23E+10	5,89E+04	8,70E-04	
Grupos	3,86E+04	3	12.855	0.33903	0.79728	
Error	8,72E+09	23	37918			
(Intercepto):Evidente_Noevidente	2,27E+09	1	2,27E+09	8.896	0.0066563	
Grupos:Evidente_Noevidente	3,83E+04	3	12.761	0.50017	0.68586	
Error(Evidente_Noevidente)	5,87E+09	23	2,55E+04			
(Intercepto):Frontal_Lateral	1,41E+09	1	1,41E+09	39.225	0.059729	
Grupos:Frontal_Lateral	1,18E+09	3	39.221	10.901	0.37315	
Error(Frontal_Lateral)	8,28E+09	23	35979			
(Intercepto):Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	1,96E+04	1	19.616	0.78495	0.3848	
Grupos:Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	3,53E+04	3	11775	0.47117	0.70532	
Error(Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral)	5.747,7E+06	23	24.990			

Tabla 4.43: Análisis de varianza mixto.

Nuevamente, no hay diferencias significativas en las interacciones entre cada grupo.

#### 4.3.16 Amplitud sacádica

Se estudia la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, obteniendo un estadístico de 0,9790 y un p-valor de 0.8114, lo cual implica que no se rechaza la hipótesis nula. También se estudia la homocedasticidad con una prueba de hipótesis, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.44.



Tabla de resultados Levene			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	494.329	0.66747
Becado III	7	494.565	0.68366
Becado I	8	506.528	103.938
Experto	5	564.554	104.016
Todos	29	509.859	0.8546
Estadístico Levene (cuadrático)	132.219		
Grados de libertad	3, 25		
p-valor	0.28938		

Tabla 4.44: Prueba de homocedasticidad de Levene.

Con esto se concluye que no se puede rechazar la homocedasticidad. Así que se realiza un análisis de varianza cuyo resultado se ve en la tabla 4.45.

ANOVA					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	18.854	3	0.62848	0.86	0.4744
Error	182.584	25	0.73034		
Total	20.1439	28			

Tabla 4.45: Resultado del análisis de varianza.

Con este análisis no se puede rechaza la igualdad de medias al 95% de confianza. Nótese en el gráfico de cajas (4.19), la cercanía de las medianas de cada grupo, consistente con el resultado hallado.

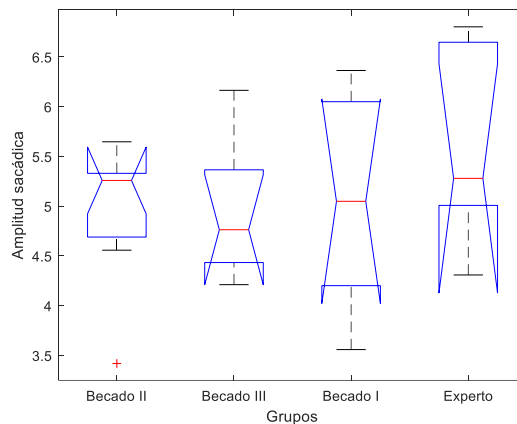


Gráfico 4.19: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

No se aprecia ninguna diferencia aparente en la amplitud entre fijaciones entre los grupos, es decir los saltos que da su vista entre fijaciones de mirada no presentan grandes diferencias a medida que se incrementa la experiencia.

En cuanto al análisis mixto de las variables disgregadas, se entregan los resultados en la tabla 4.46.

<b>Análisis de varianza mixto</b>					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	2354.3	1,00E+00	2354.3	947.13	3,41E-16
Grupos	10.663	3,00E+00	3,55E+04	1.43	0.25971
Error	57.171	2,30E+01	24.857		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente	0.050322	1,00E+00	0.050322	0.7866	0.38431
Grupos:Evidente_Noeyvidente	0.16605	3,00E+00	0.05535	0.8652	0.47324
Error(Evidente_Noeyvidente)	14.714	2,30E+01	0.063973		
(Intercepto):Frontal_Lateral	73.094	1,00E+00	7,31E+04	357.56	1,64E-11
Grupos:Frontal_Lateral	0.25707	3,00E+00	0.085691	0.41918	0.74095
Error(Frontal_Lateral)	47.018	23	0.20442		
(Intercepto):Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	0.13521	1,00E+00	0.13521	5,02E+04	0.034954
Grupos:Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral	0.18279	3,00E+00	0.060929	2,26E+04	0.10804
Error(Evidente_Noeyvidente:Frontal_Lateral)	0.61909	23	0.026917		

Tabla 4.46: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

#### 4.3.17 Amplitud sacádica con respecto al foco de condensación

Con una prueba de Shapiro-Wilk se evalúa la normalidad de los resultados, obteniendo un estadístico de 0,9570 y un p-valor de 0,2762, lo cual implica que no se rechaza la hipótesis nula. La homocedasticidad, por su parte se estudia con la prueba de Levene, cuyo resultado se muestra en la tabla 4.47.

<b>Tabla de resultados Levene</b>			
Grupo	Cantidad	Promedio	Desviación
Becado II	9	5.00527	0.71452
Becado III	7	4.84529	0.79118
Becado I	8	5.15698	1.28019
Experto	5	5.6917	1.09079
Todos	29	5.12686	0.98125
Estadístico Levene (cuadrático)	2.13514		
Grados de libertad	3,25		
p-valor	0.12109		

Tabla 4.47: Prueba de homocedasticidad de Levene.

De lo anterior, no se puede rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas, debido a un p-valor de 0,12109. Por lo que se realiza un análisis de varianza cuyo resultado se muestra en la tabla 4.48. Y como puede observarse, al obtener un p-valor de 0.51, no se puee rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias.

Análisis de varianza.					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob>F
Grupos	2.2905	3	0.7635	0.7929	0.5093
Error	24.0715	25	0.9629		
Total	26.3620	28			

Tabla 4.48: Resultado del análisis de varianza.

Si se observa el gráfico correspondiente (4.20), si bien hay cierta diversidad en la posición de las cajas representativas de cada grupo, igualmente todas se superponen en altura.

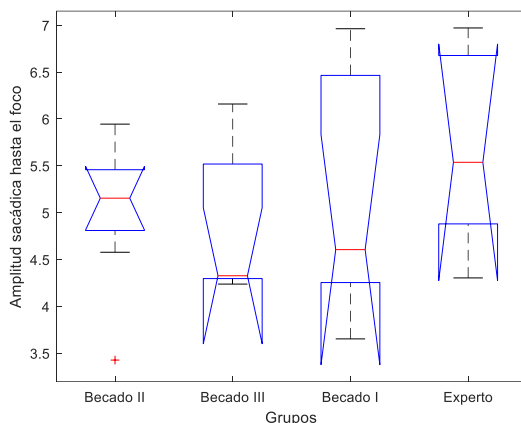


Gráfico 4.20: Gráfico de cajas del análisis de varianza.

Nuevamente no se puede hacer una afirmación de tendencia con respecto a la variación entre la experiencia y los saltos de vista hacia el área de interés.

En cuanto al análisis mixto, el resultado se puede ver en la tabla 4.49.

Análisis de varianza mixto					
	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
(Intercepto)	1749.8	1,00E+00	1749.8	533.54	2,81E-10
Grupos	1,63E+04	3,00E+00	0.54229	0.16535	0.91824
Error	55.754	1,70E+01	32.797		
(Intercepto):Evidente_Noevidente	0.057977	1,00E+00	0.057977	0.19175	0.66698
Grupos:Evidente_Noevidente	0.72548	3,00E+00	0.24183	0.79979	0.51095
Error(Evidente_Noevidente)	51.401	17	0.30236		
(Intercepto):Frontal_Lateral	40.91	1,00E+00	40.91	66.23	2,89E-03
Grupos:Frontal_Lateral	23.765	3,00E+00	0.79217	1,28E+04	0.31229
Error(Frontal_Lateral)	10.501	17	0.61769		
(Intercepto):Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	11.834	1	11.834	24.163	0.1385
Grupos:Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral	0.81309	3	0.27103	0.55341	0.65279
Error(Evidente_Noevidente:Frontal_Lateral)	83.257	17	0.48975		

Tabla 4.49: Análisis de varianza mixto.

Se puede ver que en ninguna de estas clasificaciones se tiene una diferencia estadísticamente significativa.

## 4.4 Análisis conjunto

Para el análisis conjunto se lleva a cabo una síntesis previa de los resultados, que se muestra en la tabla 4.50.

	Variable	Shapiro-Wilk	Levene	Anova	K-W	W-Anova	Conclusión
1	Verdaderos positivos	0.9692	0.57495	0.0197	-	-	Diferencia entre BI y exp
2	Falsos positivos	0.0000	0.57329	-	0.4167	-	No hay diferencias entre grupos
3	Verdaderos negativos	0.0000	0.57554	-	0.4032	-	No hay diferencias entre grupos
4	Falsos negativos	0.9468	0.35651	0.0102	-	-	Diferencia entre BI y exp, BI y BIII
5	Precisión	0.0000	0.42964	-	0.4333	-	No hay diferencias entre grupos
6	Exactitud	0.4066	0.271	0.0081	-	-	Diferencia entre BI y exp
7	Sensibilidad	0.8384	0.35862	0.0132	-	-	Diferencia entre BI y exp; BI y BIII
8	Especificidad	0.0000	0.03475	-	-	0.2496	No hay diferencias entre grupos
9	Tiempo total en la lámina	0.0003	0.12188	-	0.9475	-	No hay diferencias entre grupos
10	Tiempo dentro del foco de condensación	0.5586	0.44199	0.278	-	-	No hay diferencias entre grupos
11	Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación	0.0015	0.30539	-	0.8046	-	No hay diferencias entre grupos
12	Cantidad de fijaciones en el foco de condensación	0.0000	0.23785	0.6906	-	-	No hay diferencias entre grupos
13	Cantidad de fijaciones por lámina	0.0005	0.07469	-	0.2282	-	No hay diferencias entre grupos
14	Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación	0.0023	0.17339	-	0.5447	-	No hay diferencias entre grupos
15	Velocidad: fijaciones en el foco por tiempo en la lámina	0.0000	0.43043	-	0.9754	-	No hay diferencias entre grupos
16	Promedio de la amplitud sacádica	0.8114	0.28938	0.4744	-	-	No hay diferencias entre grupos
17	Amplitud sacádica antes del foco	0.2762	0.12109	0.5093	-	-	No hay diferencias entre grupos

Tabla 4.50: Resumen de resultados.

Se puede observar que las cuatro medidas que poseen diferencias significativas corresponden al conjunto II de las agrupaciones de medidas formadas en el análisis exploratorio, lo cual tiene sentido por la alta correlación interna entre ellos.

Sumado a esto, ninguna de las pruebas de análisis de varianza mixto rechazan la hipótesis nula de igualdad de medias.

Resumen ANOVA de medidas repetidas									
Numero de medida:	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Grupos	0.5	0.3	0.6	0.8	0.2	0.7	0.8	0.3	0.9
Grupos:Evidente	0.8	0.4	0.5	0.4	0.6	0.9	0.7	0.5	0.5
Grupos:Frontal	0.2	0.3	0.4	0.5	0.1	0.6	0.4	0.7	0.3
Grupos:Evidente:Frontal	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.1	0.6

Gráfico 4.21: P-valores de los análisis de varianza mixtos.

En la tabla se aprecia los p-valores de cada una de las pruebas de medias repetidas, en ella se puede apreciar que ninguno de ellos rechaza la hipótesis de medias iguales.

### 4.4.1 Análisis de varianza multivariado

Con respecto a todas estas pruebas, se corre un último análisis de varianza, el multivariado, que corresponde cuando hay muchas variables dependientes, en este caso serían cada medición con

respecto a los grupos de experiencia, es decir, este análisis evalúa todos los vectores de medidas según su grupo y los diferencia con la media vectorial. Sin embargo, esta prueba entrega un p-valor que no es suficiente para rechazar la hipótesis nula de que todas las medias sean iguales.

Análisis multivariado	
Dimensiones	P-valores
0	0.2811
1	0.4772
2	0.6762

Gráfico 4.22: P-valores del análisis de varianza multivariado.

Esto es la consecuencia de que ninguno de los p-valores obtenidos, llega a la significancia esperada. Hay tres p-valores porque se hace una prueba para cada dimensión en que podrían estar las medias, según la cantidad de grupos de la muestra<sup>156</sup> partiendo por un espacio de dimensión 0, y hasta la una dimensión menos que la cantidad de grupos<sup>157</sup>.

## 4.5 Discusión

En general, se pudo ver que sólo es rechazada la hipótesis nula en las medidas relacionadas con el desempeño, i.e. los verdaderos positivos, los falsos negativos, la exactitud y la sensibilidad. Con lo que se puede deducir que la diferencia en el desempeño de los grupos más extremos es significativa.

Ninguna prueba Kruskal-Wallis arrojó diferencias estadísticamente significativas, la más cercana al rechazo tiene un p-valor de 0,22, el cual es demasiado grande para poder ser considerado.

Las pruebas análisis de varianza mixtos, y el análisis multivariado tampoco señalan diferencias estadísticamente significativas para ninguna variable.

No obstante, evidentemente por lo dicho sobre las medidas de desempeño, cabe destacar que las curvas ROC calculadas, pueden respaldar una mejor predicción a los dos grupos de mayor experiencia.

---

<sup>156</sup> En este caso son cuatro grupos, que corresponden a los tres niveles de Becados más el de Expertos.

<sup>157</sup> Cf. [56]. De todos modos, al tener un resultado adverso, porque no se pudo determinar una diferencia significativa de los grupos en ninguna dimensión, no se hace necesario profundizar más en el concepto de dimensión.

## 5 Conclusiones

Los resultados obtenidos en el estudio, que se entregaron en el capítulo anterior, se interpretan directamente como que no hay diferencias significativas entre grupos de experiencia, al menos en su comportamiento ocular al revisar las radiografías de tórax.

En cuanto a su desempeño en el diagnóstico, se pudo hallar diferencias al evaluar los verdaderos positivos (con más experiencia aciertan más), los falsos negativos (con más experiencia se equivocan menos), la exactitud (con más experiencia aciertan más en general) y la sensibilidad (mayor experiencia reconoce o predice más positivos correctamente). Pero estas diferencias se pueden observar entre el grupo de menor experiencia y los de mayor.

Volviendo a las otras medidas, de acuerdo a la interpretación que les corresponde, se puede afirmar que tanto los estudiantes de radiología como los expertos tienen niveles similares de interés al revisar las radiografías y al revisar e interpretar un signo radiológico como foco de condensación. También se puede afirmar que presentan una dificultad similar al obtener información de un signo que manifiesta un foco de condensación, y que distintos niveles de experiencia, al menos los que presentan los participantes del experimento, no son significativos al momento de revisar una radiografía con la presencia de un foco de condensación. También se puede afirmar que para todos los grupos la revisión de estas radiografías les requiere un grado de atención similar.

Quizá valga la pena advertir que la mayoría de los becados de primer año aún no había aprobado ninguna rotación de tórax, mientras que todos los de segundo año ya habían aprobado las primeras dos. Quizá convenga separar los niveles de experiencia según las rotaciones aprobadas, y no sólo los años cursados. Quizá puede entregar resultados más marcados el considerar nuevos grupos con experiencias intermedias entre los becados de tercer año y los expertos del área de tórax.

Estos resultados, evidentemente, no era lo que se esperaba con el estudio, y le resta sentido a la proposición de reconocer diferencias con las que se pudiese asociar medidas a niveles de experiencia de los sujetos. De todos modos, la evidencia con la que se cuenta ahora invita a continuar la investigación bajo dos aspectos distintos.

El primer aspecto consiste en considerar que las presentes mediciones, pueden no ser concluyentes y que conviene ampliar las mediciones para encontrar aquellas que puedan efectivamente caracterizar las diferencias desarrolladas por la experiencia y que permiten distinguir a los cuatro grupos estudiados. De todos modos, los resultados son consistentes con lo mencionado por Van der Gijp et al. cuando afirman<sup>158</sup> que en general no se hallaron diferencias en los recorridos de las miradas, y cuando en los diversos estudios compilados, los grupos con distintos grados de experiencia presentan resultados similares, sin diferencias significativas. Al tomar este modo de continuar la investigación, convendrá realizar variaciones de las mediciones realizadas, ampliar los tipos de mediciones y, no será mala iniciativa, acudir a métodos de mayor elaboración o complejidad matemática, como los llamados de aprendizaje automático o de máquinas, que

---

<sup>158</sup> Cf. [15].

permiten bien predecir, bien hallar patrones subyacentes en los datos que no son posibles de hallar con herramientas estadísticas tradicionales o con análisis derivados de una inspección directamente realizada por personas.

El hallazgo de diferencias significativas entre los patrones que se puedan encontrar para los grupos caracterizados por distintos niveles de experiencia permitirá proponer modos cuantitativos de estudiar la experiencia y quizá, de esto, elaborar estrategias de retroalimentación orientadas en disminuir específicamente tales diferencias.

Por lo pronto, será interesante poder repetir en el tiempo este experimento, aumentando la base muestral. Cada año llegan nuevos becados que podrían volver a las muestras más representativas, y a los becados más antiguos, además se les podrá realizar un seguimiento a través de su paso por la especialidad. Y por lo demás, quedan muchas mediciones de otros sensores y de los formularios que pueden dar pie para innumerables investigaciones futuras. Este estudio sólo ha pretendido realizar un primer avance en el estudio de los resultados del experimento.

El segundo aspecto bajo el que se puede continuar la investigación consiste en asumir la igualdad de comportamiento entre los distintos grupos, abocándose en comprender el aprendizaje de la radiología de otra manera, para hallar un modo distinto de abordar el problema original de la falta de especialistas. En este sentido, se puede continuar la investigación buscando determinar exhaustivamente las condiciones según las cuales no hayan diferencias significativas en el desempeño de radiólogos en formación y expertos, de modo tal que la solución al problema vaya por justificar la aplicación de criterios bajo los cuales un médico de poca experiencia en radiología pueda ejercer satisfactoriamente el diagnóstico imagenológico. Esto podría llevar a instituir centros imagenológicos de alta especialización, donde se evalúen exámenes de mayor complejidad, que requieran profesionales de alta experiencia y especialización. Evidentemente, la menor experiencia para ejercer con satisfacción implica directamente una reducción de la malla de la especialidad, y esto ya representará una solución efectiva en la reducción de las brechas de imagenólogos que requiere el país.

En el sentido de este segundo aspecto, se podría revisar la pertinencia de afirmar que en el estudio de la radiología, los aprendices rápidamente alcanzan las habilidades necesarias para realizar un tipo de diagnóstico, porque esto puede quedar circunscrito únicamente a las radiografías de tórax con presencia de focos de condensación y no a los otros tipos de imágenes existentes. Por otra parte, en caso de ser cierto este supuesto, se podría proponer el concebir el estudio de la radiografía donde a diferencia del sistema actual, consista en un rápido entrenamiento en las necesidades clínicas más comunes o recurrentes, que habilite con prontitud a los médicos para abastecer la necesidad de imagenólogos del sistema de salud, y esto se complemente con un perfeccionamiento continuo en los aspectos más extraños en la práctica de la profesión, que se vaya extendiendo por más de tres años.

De todos modos, lo deducido y propuesto bajo este segundo aspecto puede ser considerado poco prudente, y no estará de más realizar algunos estudios más exhaustivos de las mediciones posibles, para tener mayores argumentos que defiendan esta interpretación de los datos.

## 6 Bibliografía

- [1] Real Academia Española de la Lengua, «Diccionario de la Lengua Española,» 2018. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es>.
- [2] R. Cruz-Coke Madrid, Historia de la Medicina Chilena, Santiago, Chile: Editorial Andrés Bello, 1995.
- [3] Strauszer F., Thomas, Comienzos de la Radiología en Chile, Santiago: Producciones Gótica Limitada, 1994.
- [4] Departamento de planificación y control de Gestión de RHS, División de Gestión y Desarrollo de las Personas, Subsecretaría de Redes Asistenciales, Ministerio de Salud, «Informe sobre brechas de personal de salud por servicio de salud,» Santiago, Chile, 31 de marzo de 2016.
- [5] Departamento de planificación y control de Gestión de RHS, División de Gestión y Desarrollo de las Personas, Subsecretaría de Redes Asistenciales, Ministerio de Salud, «Informe sobre brechas de personal de salud por servicio de salud,» Santiago, Chile, 30 de abril de 2017.
- [6] Departamento de planificación y control de Gestión de RHS, División de Gestión y Desarrollo de las Personas, Subsecretaría de Redes Asistenciales, Ministerio de Salud, «Informe sobre brechas de personal de salud por servicio de salud,» Santiago, Chile, 16 de mayo de 2018.
- [7] Ministerio de Salud, Chile, «Programa de Salud 2018-2022,» [En línea]. Available: <https://www.minsal.cl/programa-de-salud-2018-2022/>. [Último acceso: 12 abril 2019].
- [8] Sociedad Chilena de Radiología, «Programas de Residencia de Radiología,» 8 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.sochradi.cl/educacion/residencias/>.
- [9] Ganesan, A., Alakhras, M., Brennan, P. C., & Mello-Thoms, C., «A review of factors influencing radiologists' visual search behaviour.» *Journal of medical imaging and radiation oncology*, vol. 62(6), pp. 747-757, 2018.



- [10] Phillips, P. W., Manning, D. J., Donovan, T., Crawford, T., & Higham, S., «A software framework for diagnostic medical image perception with feedback, and a novel perception visualization technique,» *In Medical Imaging 2005: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment*, vol. 5749, pp. 572-581, abril 2005.
- [11] Pow, R. E., Mello-Thoms, C., & Brennan, P., «Evaluation of the effect of double reporting on test accuracy in screening and diagnostic imaging studies: a review of the evidence,» *Journal of medical imaging and radiation oncology*, vol. 60, n° 3, pp. 306-314, International Society for Optics and Photonics, 2016.
- [12] Lee, C. S., Nagy, P. G., Weaver, S. J., & Newman-Toker, D. E., «Cognitive and system factors contributing to diagnostic errors in radiology,» *American Journal of Roentgenology*, vol. 201, n° 3, pp. 611-617, 2013.
- [13] R. M. Wachter, «Why diagnostic errors don't get any respect — and what can be done about them,» *Health Affairs*, vol. 29, n° 9, pp. 1605-1610, 2010.
- [14] M. Graber, «Diagnostic errors in medicine: a case of neglect,» *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, vol. 31, n° 2, pp. 106-113, 2005.
- [15] Van der Gijp, A., Ravesloot, C. J., Jarodzka, H., Van der Schaaf, M. F., Van der Schaaf, I. C., van Schaik, J. P., & Ten Cate, T. J., «How visual search relates to visual diagnostic performance: a narrative systematic review of eye-tracking research in radiology,» *Advances in Health Sciences Education*, vol. 22, n° 3, pp. 765-787, 2017.
- [16] E. M. Kok, A. B. H. de Bruin, J. Leppink, J. J. G. van Merriënboer, y S. G. F. Robben, «Case Comparisons: An Efficient Way of Learning Radiology,» *Academic Radiology*, vol. 22, n° 10, p. 1226–1235, octubre 2015.
- [17] Escuela de Postgrado, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, «Programa de Título Profesional de Especialista en Radiología,» Santiago, 2014. [En línea]. Available: [http://www.medicina.uchile.cl/documentos/informacion-sobre-el-titulo-profesional-de-especialista-en-radiologia-pdf-602-mb\\_9999\\_0\\_5225.pdf](http://www.medicina.uchile.cl/documentos/informacion-sobre-el-titulo-profesional-de-especialista-en-radiologia-pdf-602-mb_9999_0_5225.pdf)
- [18] Taylor, F. W., Principios de la Administración Científica, México, Distrito Federal: Herrero Hermanos, Sucesores, S. A., 1961.

- [19] Real Academia Española de la Lengua, «Diccionario Panhispánico de Dudas,» 2005. [En línea]. Available: <http://lema.rae.es/dpd/>.
- [20] Holmqvist Kenneth et al., Eye Tracking, Oxford: Oxford University Press, Inglaterra, 2011.
- [21] A. Gutiérrez, Curso completo de filosofía elemental, vol. Tomo II: Lógica, Santander: Imprenta Litográfica y Librería de los sres. Hijos de Martínez, 1861.
- [22] Real Academia Española, Diccionario de la lengua castellana compuesto etc., Madrid: Imprenta de la viuda de Joaquín Ibarra, 1791.
- [23] Serra Añó, Pilar, et al. Universidad de Valencia, «Análisis de varianza de un factor (ANOVA) Parte 1/5,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=leHF2OKwT80>. [Último acceso: noviembre 2019].
- [24] Serra Añó, Pilar, et al. Universidad de Valencia, «Análisis de varianza de un factor (ANOVA) Parte 2/5,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=qaJapnh4nGI>. [Último acceso: noviembre 2019].
- [25] Gutiérrez Pulido, Humberto, y de la Vara Salazar, Román, Análisis y diseño de experimentos, tercera ed., Ciudad de México: Mc Graw Hill, 2012.
- [26] Serra Añó, Pilar. Universidad de Valencia, «Análisis de varianza de un factor (ANOVA) Parte 3/5,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=iKsvX6XbWYQ&list=PLpkfeDa4W-v\\_yhC4bReM5gh1Dpzc2JAgz&index=19](https://www.youtube.com/watch?v=iKsvX6XbWYQ&list=PLpkfeDa4W-v_yhC4bReM5gh1Dpzc2JAgz&index=19). [Último acceso: noviembre 2019].
- [27] Amat Rodrigo, Joaquín, «ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias,» enero 2016. [En línea]. Available: [https://rpubs.com/Joaquin\\_AR/219148](https://rpubs.com/Joaquin_AR/219148). [Último acceso: diciembre 2019].
- [28] Serra Añó, Pilar, et al. Universidad de Valencia, «Introducción - Análisis de varianza factorial diseño mixto (ANOVA) (1/5),» 2014. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=E546OOaD7S8>. [Último acceso: noviembre 2019].

- [29] Retamal Contreras, Cristian Felipe, «Estudio del comportamiento de la carga cognitiva de usuarios que navegan en un sitio Web,» Memoria para optar al título de ingeniero civil eléctrico, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 2017.
- [30] Tobii AB, *User's manual Tobii Studio*, versión 3.4.5, 2016. [En línea]. Available: <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/user-manuals/tobii-pro-studio-user-manual.pdf>
- [31] Shimmer. Realtime Technologies Ltd., *GSR+ User Guide*, Revisión 1.13, 2018. [En línea]. Available: [https://www.shimmersensing.com/images/uploads/docs/GSR\\_User\\_Guide\\_rev1.13.pdf](https://www.shimmersensing.com/images/uploads/docs/GSR_User_Guide_rev1.13.pdf)
- [32] The MathWorks Inc., «Análisis de componentes principales (PCA),» 2019. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/help/stats/principal-component-analysis-pca.html>. [Último acceso: diciembre 2019]. Documentación de MATLAB R2019a.
- [33] Riquelme Vicencio, Marcelo, «Estudio de validación de metofología para identificar fatiga en tareas laborales usando medidas fisiológicas, contextuales y de rendimiento,» Tesis para optar al grado de magíster en gestión de operaciones y memoria para optar al título de ingeniero civil industrial, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 2019.
- [34] Hart, Sandra; Staveland, Lowell, «Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research,» *Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Human Mental Workload, 139–183. doi:10.1016/s0166-4115(08)62386-9*, pp. 139-183, 1988.
- [35] Jiménez Molina, Ángel; Retamal, Cristian; Lira, Hernán, «Using psychophysiological sensors to assess mental workload during web browsing,» *Sensors*, vol. 18, n° 2, p. 458, 2018.
- [36] Instituto de Seguridad Laboral, *Método NASA-TLX*. [En línea]. Available: <https://ergomedia.isl.gob.cl/nasatlx/nasa-tlx.pdf>
- [37] Peña Peña, Leonardo, «Caracterización de música según emociones y complejidad, utilizando RNN-LSTM y teoría de la información, para analizar sus efectos sobre la empatía hacia el dolor,» Memoria para optar al título de ingeniero civil eléctrico, Departamento de

Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 2019.

- [38] Universidad de Chile, «Título de Profesional Especialista en Radiología,» [En línea]. Available: <https://www.uchile.cl/postgrados/9999/radiologia>. [Último acceso: diciembre 2019].
- [39] Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, «Nuestros programas (Postgrado y Postítulo),» [En línea]. Available: <http://www.medicina.uchile.cl/postgrado/quienes-somos/nuestros-programas>. [Último acceso: diciembre 2019].
- [40] Sociedad Europea de Radiología (ESR), «Currículo europeo de formación en radiología revisado,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.myesr.org/sites/default/files/ESR\\_2014\\_ESR-EuropeanTrainingCurriculum\\_LEVEL\\_I%2BII\\_ESPAa\\_OL\\_Final.pdf](https://www.myesr.org/sites/default/files/ESR_2014_ESR-EuropeanTrainingCurriculum_LEVEL_I%2BII_ESPAa_OL_Final.pdf)
- [41] Montenegro M., Angélica; Omstein L., Claudia; Rueda C., Laura, «Examen Clínico Objetivo Estructurado (OSCE) para la adquisición de habilidades y destrezas comunicacionales,» *Educación en Ciencias de la Salud*, vol. 11, n° 2, pp. 171-176, 2014.
- [42] Tobii Technology AB, *Tobii T60 & T120 Eye Tracker User Manual*, revisión 4.0, 2011.
- [43] Boxbyte. FayerWayer, «Emotiv EPOC: Práctico lector de ondas cerebrales,» 28 diciembre 2009. [En línea]. Available: <https://www.fayerwayer.com/2009/12/emotiv-epoc-practico-lector-de-ondas-cerebrales/>. [Último acceso: diciembre 2019].
- [44] Moreno Aracena, Luis Ignacio, «Nuevo sistema empírico de apoyo a la toma de decisiones de compraventa de acciones,» Memoria para optar al título de ingeniero civil eléctrico, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2014.
- [45] Nova Alarcón, Carla Francisca, «Estudio para el aumento en la efectividad de promociones personalizadas en un supermercado mayorista,» Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2014.

- [46] Cepeda García, Darío Esteban, «Detección de fraude en tarjetas de crédito,» Memoria para optar al título de ingeniero civil matemático, Departamento de Ingeniería Matemática, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2012.
- [47] Pérez Villanueva, Patricio Alfredo, «Modelo de predicción de fuga de clientes de telefonía móvil post pago,» Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2014.
- [48] Hernández Aranda, Moisés Javier, «Selección, implementación y validación de modelos de predicción de riesgo para enfermedades cardiovasculares en pacientes con problemas de sueño,» Memoria para optar a los títulos de ingeniero civil industrial e ingeniero civil en computación, Departamentos de Ingeniería Industrial y de Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2017.
- [49] Kelly, B. S., Rainford, L. A., Darcy, S. P., Kavanagh, E. C., & Toomey, R. J, «The development of expertise in radiology: in chest radiograph interpretation, “expert” search pattern may predate “expert” levels of diagnostic accuracy for pneumothorax identification.,» *Radiology*, vol. 280, n° 1, pp. 252-260, 2016.
- [50] Yankaskas, B. C., Klabunde, C. N., Ancelle-Park, R., Rennert, G., Wang, H., Fracheboud, J., Pou, G., Bulliard, J.-L., & International Breast Cancer Screening Network., «International comparison of performance measures for screening mammography: can it be done?,» *Journal of medical screening*, vol. 11, n° 4, pp. 187-193, 2004.
- [51] Gilbert, F. J., Astley, S. M., Gillan, M. G., Agbaje, O. F., Wallis, M. G., James, J., Boggis, C. R. M., F.R.C.R., & Duffy, S. W., «Single reading with computer-aided detection for screening mammography,» *New England Journal of Medicine*, vol. 359, n° 16, pp. 1675-1684, 2008.
- [52] Rosenkrantz, A. B., Ayoola, A., Hoffman, D., Khasgiwala, A., Prabhu, V., Smereka, P., Somberg, M., & Taneja, S. S., «The learning curve in prostate MRI interpretation: self-directed learning versus continual reader feedback,» *American Journal of Roentgenology*, vol. 208, n° 3, pp. W92-W100, 2017.
- [53] Núñez de Taboada, Melchor, Diccionario de la lengua castellana, etc., vol. II, Segunda Parte: H - Z, París: Librería de Seguin, 1825.

- [54] Larrañaga Recart, Antonia, «Evaluación de carga cognitiva y estado emocional mediante sensores psico-fisiológicos en tareas de redacción,» Memoria para optar al título de ingeniera civil eléctrica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 2018.
- [55] Minitab, LLC., «¿Qué es un estadístico de prueba?,» [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-test-statistic/>.
- [56] The MathWorks Inc., «manova1,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/help/stats/manova1.html?lang=en>. [Último acceso: enero 2020]. Documentación de MATLAB R2019a.
- [57] Ruiz Castro, Iván R., «MANOVA Aspectos teóricos,» agosto 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=3bsnCI2-GWo>. [Último acceso: enero 2020].

## Anexos

### Anexo A

Copia de la invitación a la firma del convenio entre el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería y el Hospital Clínico de la Universidad de Chile.



**INVITACIÓN**

**Andrés Weintraub**, Director del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería ISCI junto a **James McPhee** Vicedecano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, tienen el agrado de invitar a usted a la firma del convenio de colaboración entre ISCI y Hospital Clínico de la Universidad de Chile a realizarse el día **miércoles 3 de octubre** de **9:30 a 10:30** en el Departamento de Ingeniería Industrial, ubicado en Domeyko 2338, Santiago.

Esta actividad dará inicio a la alianza entre el Instituto de Sistemas Complejos, OpenBeauchef y el Hospital Clínico de la Universidad de Chile, que busca desarrollar en conjunto proyectos de I+D relativos al área de la ingeniería y medicina. Se espera, así complementar capacidades e incrementar el valor de las tecnologías mediante la colaboración científica, en el campo de Mejoras de Procesos en Teleradiología y Big Data, Data Science y Eye Tracking.

Ruego confirmar asistencia al **22 9780900** o al correo **comunicaciones@ob.uchile.cl**

 Estacionamientos disponibles en Domeyko 2369 (tocar citófono)

 **Andrés Weintraub**  
Director – Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería ISCI

 **James McPhee**  
Vicedecano de la FCFM – U. Chile  
Director Ingeniería y Ciencias 2030

## Anexo B

Tablas de resultados del formulario de datos de cada participante.

Participante	Marca temporal	Sexo	Fecha de nacimiento	Edad (años)	¿Cómo durmió anoche?
P1	2019-05-03T09:34:12.450	Mujer	xx/05/1992	26	Bien
P2	2019-05-03T14:30:59.121	Hombre	xx/12/1986	32	Regular
P3	2019-05-08T11:31:22.201	Hombre	xx/03/1986	27	Bien
P4	2019-05-08T14:28:16.108	Hombre	xx/03/1986	33	Bien
P5	2019-05-09T14:03:22.468	Hombre	xx/05/1990	33	Mal
P6	2019-05-10T12:20:30.682	Hombre	xx/04/1986	28	Bien
P7	2019-05-13T15:05:47.624	Hombre	xx/06/1986	33	Bien
P8	2019-05-14T14:21:07.164	Mujer	xx/05/1958	32	Bien
P9	2019-05-15T09:22:32.596	Hombre	xx/01/1985	60	Mal
P10	2019-05-16T14:32:37.536	Mujer	xx/07/1992	34	Bien
P11	2019-05-17T09:22:31.174	Hombre	xx/10/1985	26	Bien
P12	2019-05-17T13:08:37.164	Hombre	xx/09/1986	33	poco
P13	2019-05-20T14:00:21.064	Hombre	xx/04/1991	32	Bien
P14	2019-05-22T09:19:27.522	Mujer	xx/07/1986	28	Bien
P15	2019-05-22T14:18:41.828	Mujer	xx/08/1986	32	Bien
P16	2019-05-23T10:06:30.252	Mujer	xx/12/1993	32	Regular
P17	2019-05-23T14:08:59.975	Hombre	xx/09/1984	25	Bien
P18	2019-05-24T14:31:02.431	Mujer	xx/04/1993	34	Bien
P19	2019-05-27T14:20:06.546	Hombre	xx/11/1993	26	Mal
P20	2019-05-28T15:13:18.669	Hombre	xx/07/1985	25	Bien
P21	2019-05-29T09:36:40.482	Hombre	xx/05/1988	33	Bien
P22	2019-05-31T14:53:11.782	Hombre	xx/07/1986	31	Mal
P23	2019-06-03T15:19:54.244	Mujer	xx/09/1986	32	Bien
P24	2019-06-04T15:11:16.378	Hombre	xx/11/1991	32	Mal
P25	2019-06-05T09:42:10.489	Hombre	xx/01/1984	27	Bien
P26	2019-06-05T14:18:15.293	Hombre	xx/03/1986	35	Regular
P27	2019-06-07T13:27:27.921	Mujer	xx/06/1988	33	Bien
P28	2019-06-14T09:33:26.583	Hombre	xx/06/1990	30	Bien
P29	2019-06-28T14:09:34.476	Mujer	xx/04/1975	28	Bien
P30	2019-08-07T08:34:00.727	Hombre	xx/11/1974	44	Bien
P31	2019-12-05T07:07:34.728	Hombre	xx/05/1973	44	Mal



<b>Participante</b>	<b>¿A partir de qué hora durmió anoche?</b>	<b>¿Hasta qué hora durmió anoche?</b>	<b>¿Realiza actividad deportiva semanalmente?</b>
<b>P1</b>	11:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	Sí
<b>P2</b>	1:00:00 a. m.	6:30:00 a. m.	No
<b>P3</b>	12:00:00 a. m.	7:30:00 a. m.	No
<b>P4</b>	1:30:00 a. m.	6:00:00 a. m.	No
<b>P5</b>	9:00:00 p. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P6</b>	12:00:00 a. m.	6:30:00 a. m.	Sí
<b>P7</b>	11:30:00 a. m.	7:00:00 a. m.	Sí
<b>P8</b>	12:15:00 p. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P9</b>	1:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	No
<b>P10</b>	12:30:00 a. m.	5:30:00 a. m.	Sí
<b>P11</b>	12:20:00 a. m.	7:10:00 a. m.	No
<b>P12</b>	1:00:00 a. m.	6:30:00 a. m.	Sí
<b>P13</b>	11:30:00 p. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P14</b>	11:00:00 p. m.	7:15:00 a. m.	Sí
<b>P15</b>	12:15:00 a. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P16</b>	12:00:00 a. m.	7:30:00 a. m.	No
<b>P17</b>	10:00:00 p. m.	4:30:00 a. m.	No
<b>P18</b>	10:00:00 p. m.	6:00:00 a. m.	No
<b>P19</b>	2:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	No
<b>P20</b>	11:50:00 p. m.	6:30:00 a. m.	No
<b>P21</b>	11:45:00 p. m.	6:20:00 a. m.	No
<b>P22</b>	1:45:00 a. m.	6:50:00 a. m.	Sí
<b>P23</b>	12:30:00 a. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P24</b>	12:20:00 a. m.	4:30:00 a. m.	No
<b>P25</b>	11:59:00 p. m.	6:20:00 a. m.	Sí
<b>P26</b>	11:00:00 p. m.	5:30:00 a. m.	No
<b>P27</b>	10:00:00 p. m.	5:45:00 a. m.	Sí
<b>P28</b>	1:00:00 a. m.	7:30:00 a. m.	Sí
<b>P29</b>	11:00:00 p. m.	6:00:00 a. m.	No
<b>P30</b>	12:30:00 a. m.	6:00:00 a. m.	Sí
<b>P31</b>	1:40:00 a. m.	6:15:00 a. m.	Sí

Participante	Si realiza deporte semanalmente... ¿Qué actividades deportivas practica semanalmente y cuántas veces por semana?	¿Consume tabaco?	¿Consume alcohol?	¿Suele consumir alguna otra droga?
P1	<i>Polesport</i> 2 veces por semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P2		No	Sí, ocasionalmente	Sí
P3		No	Sí, semanalmente	No
P4		Sí, ocasionalmente	Rara vez	No
P5	Entrenamiento en gimnasio, 3 - 4 veces por semana, pero desde hace 3 semanas.	No	No	No
P6	Elíptica, 1 hora por 3 a 4 veces	No	No	No
P7	<i>Trekking</i> 1 semanal	No	Sí, ocasionalmente	No
P8	Gimnasio, trotadora y bicicleta 2 veces por semana	No	Sí, semanalmente	No
P9	No	No	Sí, ocasionalmente	No
P10	Gimnasio dos a 3 veces por semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P11		No	Sí, ocasionalmente	No
P12	2 veces, bicicleta	No	Sí, semanalmente	Sí
P13	Fútbol, 2 veces por semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P14	<i>Mountain bike</i> 2 veces por semana, <i>running</i> 2-3 veces por semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P15	<i>kickboxing</i> (2 horas por semana)	No	Rara vez	No
P16		No	Rara vez	No
P17		No	No	No
P18		Sí, semanalmente	Sí, semanalmente	Sí
P19		No	No	No
P20		No	Sí, ocasionalmente	No
P21		Rara vez	No	No
P22	Fútbol 1 vez a la semana	No	No	No
P23	Gimnasio 2-3	No	Rara vez	No
P24	No aplica	Rara vez	Sí, semanalmente	No
P25	Futbolito, 1 vez a la semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P26		Rara vez	Sí, ocasionalmente	No
P27	Gimnasio, 2 veces por semana	No	Rara vez	No
P28	Bicicleta, 2 veces a la semana	No	Sí, ocasionalmente	No
P29		No	Sí, ocasionalmente	No
P30	Gimnasio 3 veces	No	Sí, ocasionalmente	No

P31	Bicicleta, 2 por semana.	No	Rara vez	No
-----	--------------------------	----	----------	----

Participante	Si suele consumir otra droga... ¿Cuál y con qué regularidad?	¿Qué relación tiene usted con la Universidad de Chile?	¿Qué formación en Radiología ha tenido fuera del Programa de Especialista en Radiología?
P1	Zopiclona, ciclobenzaprina	Becado de segundo año	Ninguna
P2	Marihuana 1 vez al año	Becado de tercer año	Ninguna
P3		Becado de tercer año	Medichi
P4		Becado de tercer año	Ninguna
P5		Becado de tercer año	especialidad de medicina interna
P6	No consumo drogas	Becado de segundo año	Ninguna
P7		Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	
P8		Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	
P9		Becado de segundo año	Ninguna
P10		Becado de tercer año	Medichi
P11		Becado de segundo año	Medichi
P12	THC, una cada 2 semanas	Becado de tercer año	Ninguna
P13		Becado de primer año	Medichi
P14		Becado de primer año	Pasantías en servicios de radiología
P15		Becado de primer año	Ninguna
P16		Becado de segundo año	Curso-taller de interpretación de radiografías de tórax
P17		Becado de primer año	Ninguna
P18	Marihuana, ocasionalmente	Becado de primer año	internado de radiología durante el pregrado
P19		Becado de primer año	Medichi
P20		Becado de primer año	Medichi
P21		Becado de primer año	Ninguna
P22		Becado de segundo año	Medichi
P23		Becado de segundo año	Ninguna
P24	No aplica	Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	
P25	No	Becado de segundo año	Medichi
P26		Becado de segundo año	Diplomado de resonancia magnética, 2 pasantías de 1 mes.
P27		Becado de tercer año	Ninguna
P28		Profesor del Departamento de Radiología, de otra área	
P29		Becado de tercer año	Ninguna
P30		Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax	

<b>P31</b>		Profesor del Departamento de Radiología, del área de Tórax		
<b>Participante</b>	<b>¿En qué universidades estudió Medicina?</b>	<b>¿Qué rotaciones de Tórax ha aprobado?</b>	<b>¿Qué rotaciones de Tórax reprobó?</b>	<b>¿Qué rotación de Tórax está cursando?</b>
<b>P1</b>	Universidad de Concepción	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P2</b>	Universidad de Concepción	Tórax I, Tórax II, Tórax III, Tórax IV	Ninguna	Ninguna
<b>P3</b>	Universidad de Santiago de Chile	Tórax I, Tórax II, Tórax III	Ninguna	Ninguna
<b>P4</b>	Universidad Mayor	Tórax III	Ninguna	Ninguna
<b>P5</b>	Universidad Mayor	Tórax III	Tórax III	Ninguna
<b>P6</b>	Universidad Católica del Maule	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P7</b>	Universidad Austral de Chile			
<b>P8</b>	Universidad de Chile			
<b>P9</b>	Universidad San Sebastián	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P10</b>	Universidad San Sebastián	Tórax IV	Ninguna	Ninguna
<b>P11</b>	Universidad Austral de Chile	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Tórax III
<b>P12</b>	Universidad de Chile	Tórax I, Tórax II, Tórax III, Tórax IV	Ninguna	Ninguna
<b>P13</b>	Universidad Diego Portales	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P14</b>	Universidad de Santiago de Chile	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P15</b>	Universidad de Chile	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P16</b>	Universidad de Chile	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P17</b>	Universidad de Chile	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P18</b>	Universidad de Valparaíso	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P19</b>	Universidad de Chile	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P20</b>	Universidad de La Frontera	Ninguna	Ninguna	Ninguna
<b>P21</b>	Pontificia Universidad Católica	Ninguna	Ninguna	Tórax I
<b>P22</b>	Universidad de La Frontera	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P23</b>	Pontificia Universidad Católica	Tórax I, Tórax II, Tórax III	Ninguna	Ninguna
<b>P24</b>	Universidad de los Andes			
<b>P25</b>	Universidad de Chile	Tórax II	Ninguna	Tórax III
<b>P26</b>	Pontificia Universidad Católica	Tórax I, Tórax II	Ninguna	Ninguna
<b>P27</b>	Universidad de Chile	Tórax I, Tórax II, Tórax III, Tórax IV	Ninguna	Ninguna
<b>P28</b>	Universidad de Concepción			
<b>P29</b>	Universidad de Chile	Tórax I, Tórax II, Tórax III, Tórax IV	Ninguna	Ninguna
<b>P30</b>	Universidad de Chile			
<b>P31</b>	Universidad de Chile			

Participante	¿Cuántos años de experiencia tiene como radiólogo?	¿A qué área de la Radiología se dedica?	¿En qué universidades estudió la Especialidad de Radiología?	¿Qué otros estudios tiene en Radiología?
P1				
P2				
P3				
P4				
P5				
P6				
P7	34		Universidad de Chile	
P8	6		Universidad de Chile	<i>Fellow</i> de Tórax y Cardiovascular
P9				
P10				
P11				
P12				
P13				
P14				
P15				
P16				
P17				
P18				
P19				
P20				
P21				
P22				
P23				
P24	7	General	Universidad de Valparaíso	Me estoy capacitando en imágenes cardiovasculares
P25				
P26				
P27				
P28	10	Musculoesquelético	Universidad de Chile	
P29				
P30	12	Tórax	Universidad de Chile	<i>Fellow</i> Tórax

<b>P31</b>	2	Tórax y cardiovascular	Universidad de Chile	NINGUNO
------------	---	------------------------	----------------------	---------

<b>Participante</b>	<b>¿Suele consumir algún estimulante?</b>	<b>Si usted consume algún estimulante, ¿con qué frecuencia lo hace?</b>	<b>¿Cuántos y cuáles cursos o rotaciones ha reprobado?</b>
<b>P1</b>	Café, Té verde	Diariamente	0
<b>P2</b>	Café	Más de una vez al día	Ninguna
<b>P3</b>	Café, Bebidas energéticas	Más de una vez al día	Ninguna
<b>P4</b>	Café	Diariamente	Ninguna
<b>P5</b>	Café, Té verde, Mate, Bebidas energéticas	Diariamente	2
<b>P6</b>	Café	Más de una vez al día	Ninguna
<b>P7</b>	Café	Más de una vez al día	
<b>P8</b>	Café	Diariamente	
<b>P9</b>	Café, Bebidas energéticas	Más de una vez al día	Ninguna
<b>P10</b>	Café	Más de una vez al día	0
<b>P11</b>	Café	Diariamente	0
<b>P12</b>	Café	Diariamente	0
<b>P13</b>	Café, Té verde	Rara vez	
<b>P14</b>	Café, Mate, metilfenidato 1-2 veces por semana	Diariamente	Ninguna
<b>P15</b>	No		Ninguna
<b>P16</b>	Café	Más de una vez al día	1 (Neuroradiología I)
<b>P17</b>	No		0
<b>P18</b>	Café, Mate	Diariamente	Ninguna
<b>P19</b>	Café, Té verde	Diariamente	Ninguna
<b>P20</b>	Té verde	Ocasionalmente	Ninguna
<b>P21</b>	Café, Ritalin	Diariamente	0
<b>P22</b>	Café, Bebidas energéticas	Diariamente	Ninguna
<b>P23</b>	Café	Ocasionalmente	0
<b>P24</b>	Café	Más de una vez al día	
<b>P25</b>	Café	Diariamente	Ninguna
<b>P26</b>	Café	Diariamente	0
<b>P27</b>	Café	Ocasionalmente	Ninguna
<b>P28</b>	Café	Ocasionalmente	
<b>P29</b>	Café, Té verde	Más de una vez al día	Ninguna
<b>P30</b>	Café	Diariamente	
<b>P31</b>	Café	Más de una vez al día	



## Anexo C

Código de consultas SQL para la obtención de los datos para cada medición (que no se refieren al desempeño, es decir, las primeras 8) y segregados por tipo de lámina y dificultad.

--- 9. Tiempo promedio por lámina (métricas 3)

```
SELECT Nombre,
        AVG(Duracion) AS Tiempo_prom
FROM (SELECT T1."ParticipantName" AS Nombre,
          T1."Nombre Lamina" AS Lamina,
          (T2."UNIX" - T1."UNIX") AS Duracion
      FROM (SELECT "ParticipantName",
                  "Nombre Lamina",
                  "UNIX"
            FROM "Tiempos_Lamina"
            WHERE "StudioEvent" = 'ImageStart') AS T1
      JOIN
      (SELECT "ParticipantName",
              "Nombre Lamina",
              "UNIX"
        FROM "Tiempos_Lamina"
        WHERE "StudioEvent" = 'ImageEnd') AS T2
      ON T1."Nombre Lamina" = T2."Nombre Lamina"
      AND T1."ParticipantName" = T2."ParticipantName") AS T

GROUP BY Nombre
ORDER BY Nombre
```

```
-----

SELECT Nombre,
        AVG(Duracion) AS Tiempo_prom
FROM (SELECT T1."ParticipantName" AS Nombre,
          T1."Nombre Lamina" AS Lamina,
          (T2."UNIX" - T1."UNIX") AS Duracion
      FROM (SELECT "ParticipantName",
                  "Nombre Lamina",
                  "UNIX"
            FROM "Tiempos_Lamina"
            WHERE "StudioEvent" = 'ImageStart') AS T1
      JOIN
      (SELECT "ParticipantName",
              "Nombre Lamina",
              "UNIX"
        FROM "Tiempos_Lamina"
        WHERE "StudioEvent" = 'ImageEnd') AS T2
      ON T1."Nombre Lamina" = T2."Nombre Lamina"
      AND T1."ParticipantName" = T2."ParticipantName"
      --WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
      --WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
      --WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
      --WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
      ) AS T

GROUP BY Nombre
ORDER BY Nombre
```

-----

--- 10. Tiempo promedio dentro del foco (metricas)

```
SELECT "Participante" AS Participante,
        AVG("GazeEventDuration") AS Promedio_duracion
FROM tablafijaciones33
WHERE "fijEnFoco"=1
GROUP BY "Participante"
ORDER BY "Participante";
```



```

-----
SELECT "Participante" AS Participante,
      AVG("GazeEventDuration") AS Promedio_duracion
FROM tablafijaciones33
WHERE "fijEnFoco"=1
--AND "Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--AND "Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--AND "Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--AND "Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
GROUP BY "Participante"
ORDER BY "Participante";
-----

```

--- 11. Tiempo hasta la fijación en el foco (Métricas 3)

```

SELECT Participante,
      AVG(tiempo_hasta_fijacion) AS tiempo_prom_hasta_fij
FROM (SELECT T1."Participante" AS Participante,
            T1."Nombre_Lamina" AS Nombre_Lamina,
            (T2.Primer_Fijacion - T1.Inicio_Lamina) AS Tiempo_hasta_fijacion
      FROM (SELECT "Participante",
                  "Nombre_Lamina",
                  MIN("Instante_UNIX") AS Inicio_Lamina
            FROM tablafijaciones33
            GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T1
      JOIN (SELECT "Participante",
                  "Nombre_Lamina",
                  MIN("Instante_UNIX") AS Primer_Fijacion
            FROM tablafijaciones33
            WHERE "fijEnFoco"=1
            GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2
      ON T1."Participante"=T2."Participante"
      AND T1."Nombre_Lamina"=T2."Nombre_Lamina") AS T3

GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;

```

```

-----
SELECT Participante,
      AVG(tiempo_hasta_fijacion) AS tiempo_prom_hasta_fij
FROM (SELECT T1."Participante" AS Participante,
            T1."Nombre_Lamina" AS Nombre_Lamina,
            (T2.Primer_Fijacion - T1.Inicio_Lamina) AS Tiempo_hasta_fijacion
      FROM (SELECT "Participante",
                  "Nombre_Lamina",
                  MIN("Instante_UNIX") AS Inicio_Lamina
            FROM tablafijaciones33
            GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T1
      JOIN (SELECT "Participante",
                  "Nombre_Lamina",
                  MIN("Instante_UNIX") AS Primer_Fijacion
            FROM tablafijaciones33
            WHERE "fijEnFoco"=1
            GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2
      ON T1."Participante"=T2."Participante"
      AND T1."Nombre_Lamina"=T2."Nombre_Lamina") AS T3

```

```

--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales

```

```

GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;
-----

```

--- 12. Visitas en el foco de condensación

```
SELECT T.Participante AS Participante,
       AVG(visitas) AS Promedio_de_visitas
FROM   (SELECT "Participante" AS Participante,
              "Nombre_Lamina" AS Lamina,
              SUM("fijEnFoco") AS visitas
        FROM tablafijaciones33
        GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T
GROUP BY T.Participante
ORDER BY T.Participante;
```

```
-----
SELECT T.Participante AS Participante,
       AVG(visitas) AS Promedio_de_visitas
FROM   (SELECT "Participante" AS Participante,
              "Nombre_Lamina" AS Lamina,
              SUM("fijEnFoco") AS visitas
        FROM tablafijaciones33
        --WHERE "Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
        --WHERE "Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
        --WHERE "Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
        --WHERE "Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
        GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T
GROUP BY T.Participante
ORDER BY T.Participante;
```

--- 13. Promedio de la cantidad de fijaciones por lámina (Métricas 3)

```
SELECT T1.Participante,
       AVG(T1.Contador) AS "Promedio_Fijaciones_Lamina"
FROM   (SELECT Participante,
              "Nombre Lamina",
              COUNT(inicio_lamina) AS Contador
        FROM sacadas4
        GROUP BY Participante, "Nombre Lamina") AS T1
GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;
```

```
-----
SELECT T1.Participante,
       AVG(T1.Contador) AS "Promedio_Fijaciones_Lamina"
FROM   (SELECT Participante,
              "Nombre Lamina",
              COUNT(inicio_lamina) AS Contador
        FROM sacadas4
        GROUP BY Participante, "Nombre Lamina") AS T1
WHERE  T1."Nombre Lamina" LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--WHERE T1."Nombre Lamina" LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;
```

--- 14. Cantidad de fijaciones antes del foco (Métricas 3)

```
SELECT T3."Participante",
       AVG(T3.cant_fijaciones)
FROM   (SELECT T1."Participante",
              T1."Nombre_Lamina",
              COUNT("GazeEventType") AS cant_fijaciones
        FROM tablafijaciones33 AS T1)
```

```

LEFT JOIN      (SELECT "Participante",
                "Nombre_Lamina",
                MIN("Instante_UNIX") AS UNIXmin
                FROM tablafijaciones33
                WHERE "fijEnFoco" = 1
                GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2
ON T1."Participante"=T2."Participante"
AND T1."Nombre_Lamina" = T2."Nombre_Lamina"
WHERE "GazeEventType" = 'Fixation'
AND "Instante_UNIX"< UNIXmin
GROUP BY T1."Participante", T1."Nombre_Lamina") AS T3
ORDER BY "Participante";
-----
SELECT  T3."Participante",
        AVG(T3.cant_fijaciones)
FROM    (SELECT T1."Participante",
            T1."Nombre_Lamina" AS Nombre_Lamina,
            COUNT("GazeEventType") AS cant_fijaciones
        FROM tablafijaciones33 AS T1
        LEFT JOIN      (SELECT "Participante",
                            "Nombre_Lamina",
                            MIN("Instante_UNIX") AS UNIXmin
                            FROM tablafijaciones33
                            WHERE "fijEnFoco" = 1
                            GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2
        ON T1."Participante"=T2."Participante"
        AND T1."Nombre_Lamina" = T2."Nombre_Lamina"
        WHERE "GazeEventType" = 'Fixation'
        AND "Instante_UNIX" < UNIXmin
        GROUP BY T1."Participante", T1."Nombre_Lamina") AS T3
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--WHERE T3.Nombre_Lamina LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
GROUP BY "Participante"
ORDER BY "Participante";
-----
--- 15. Velocidad: visitas en el foco por hora
--Velocidad 15: Fijaciones en el foco partido por tiempo en la lámina

SELECT  "Participante",
        AVG(T.velocidad) AS velocidad_promedio
FROM    (SELECT "Participante",
                "Nombre_Lamina",
                (T0.fij / T0.dif)*3600000 AS velocidad
        FROM  (SELECT "Participante",
                    "Nombre_Lamina",
                    CAST(T1.diferencia AS float) AS dif,
                    CAST(T1.fijaciones AS float) AS fij
                FROM  (SELECT "Participante",
                            "Nombre_Lamina",
                            (tf - ti) AS diferencia,
                            fijaciones
                        FROM  (SELECT "Participante",
                                    "Nombre_Lamina",
                                    MIN("Instante_UNIX") AS ti,
                                    MAX("Instante_UNIX") AS tf,
                                    SUM ("fijEnFoco") AS fijaciones
                                FROM tablafijaciones33
                                GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2)
                        AS T1)
                WHERE T1.diferencia<>0) AS T0) AS T
GROUP BY "Participante"
ORDER BY "Participante";

```

```

-----
SELECT  "Participante",
        AVG(T.velocidad) AS velocidad_promedio
FROM    (SELECT  "Participante",
                "Nombre_Lamina",
                (T0.fij / T0.dif)*3600000 AS velocidad
        FROM    (SELECT  "Participante",
                        "Nombre_Lamina",
                        CAST(T1.diferencia AS float) AS dif,
                        CAST(T1.fijaciones AS float) AS fij
                FROM    (SELECT  "Participante",
                                "Nombre_Lamina",
                                (tf - ti) AS diferencia,
                                fijaciones
                        FROM    (SELECT  "Participante",
                                        "Nombre_Lamina",
                                        MIN("Instante_UNIX") AS ti,
                                        MAX("Instante_UNIX") AS tf,
                                        SUM ("fijEnFoco") AS fijaciones
                                FROM  tablafijaciones33
                                GROUP BY "Participante", "Nombre_Lamina") AS T2)
                        WHERE T1.diferencia<>0) AS T0
                --WHERE T0."Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%F__'  -- Caso Láminas Evidentes Frontales
                --WHERE T0."Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%L__'  -- Caso Láminas Evidentes Laterales
                --WHERE T0."Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%F__'  -- Caso Láminas No evidentes Frontales
                --WHERE T0."Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%L__'  -- Caso Láminas No evidentes Laterales
                ) AS T
        GROUP BY "Participante"
        ORDER BY "Participante";
-----

```

--- 16. Largo de sacadas por participante

```

SELECT  Participante,
        AVG("SaccadicAmplitud") AS Amp_Sac
FROM    Sacadas4
GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;
-----

```

```

SELECT  Participante,
        AVG("SaccadicAmplitud") AS Amp_Sac
FROM    Sacadas4
WHERE  "Nombre Lamina" LIKE 'Evi%F__'  -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--WHERE "Nombre Lamina" LIKE 'Evi%L__'  -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--WHERE "Nombre Lamina" LIKE 'Noe%F__'  -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--WHERE "Nombre Lamina" LIKE 'Noe%L__'  -- Caso Láminas No evidentes Laterales
GROUP BY Participante
ORDER BY Participante;
-----

```

--- 17. Amplitud sacádica antes del foco

```

SELECT  T3.Part,
        AVG(T4."SaccadicAmplitud") AS Amp_Sac
FROM    (SELECT  T1."Participante" AS Part,
                T1."Nombre_Lamina" AS Nom_Lam,
                T1."Instante_UNIX" AS Inst_UNIX,
                T1."GazeEventType",
                T2.Prim_Fij AS Prim_Fij
        FROM    tablafijaciones33 AS T1
        JOIN    (SELECT  "Participante",
                        "Nombre_Lamina",
                        MIN ("Instante_UNIX") AS Prim_Fij
                FROM    tablafijaciones33
                WHERE   "fijEnFoco" = 1
        ) AS T2
        ON     T1.Part = T2.Part AND T1.Nom_Lam = T2.Nom_Lam AND T1.Inst_UNIX = T2.Prim_Fij
        ) AS T3

```

```

        GROUP BY "Participante",
               "Nombre_Lamina") AS T2
    ON T1."Participante" = T2."Participante"
    AND T1."Nombre_Lamina" = T2."Nombre_Lamina"
WHERE Prim_Fij > "Instante_UNIX"
    AND "GazeEventType" = 'Fixation') AS T3
JOIN "Sacadas2" AS T4
ON T3.Inst_UNIX = T4."Instante_UNIX"
GROUP BY Part
ORDER BY Part;
-----
SELECT T3.Part,
       AVG(T4."SaccadicAmplitud") AS Amp_Sac
FROM   (SELECT T1."Participante" AS Part,
             T1."Nombre_Lamina" AS Nom_Lam,
             T1."Instante_UNIX" AS Inst_UNIX,
             T1."GazeEventType",
             T2.Prim_Fij AS Prim_Fij
        FROM   tablafijaciones33 AS T1
              JOIN(SELECT "Participante",
                         "Nombre_Lamina",
                         MIN("Instante_UNIX") AS Prim_Fij
                   FROM   tablafijaciones33
                   WHERE  "fijEnFoco" = 1
                   GROUP BY "Participante",
                            "Nombre_Lamina") AS T2
        ON T1."Participante" = T2."Participante"
        AND T1."Nombre_Lamina" = T2."Nombre_Lamina"
        WHERE Prim_Fij > "Instante_UNIX"
        AND "GazeEventType" = 'Fixation') AS T3
JOIN "Sacadas2" AS T4
ON T3.Inst_UNIX = T4."Instante_UNIX"
--WHERE T3."Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%F__' -- Caso Láminas Evidentes Frontales
--WHERE T3."Nombre_Lamina" LIKE 'Evi%L__' -- Caso Láminas Evidentes Laterales
--WHERE T3."Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%F__' -- Caso Láminas No evidentes Frontales
--WHERE T3."Nombre_Lamina" LIKE 'Noe%L__' -- Caso Láminas No evidentes Laterales
GROUP BY Part
ORDER BY Part;

```

## Anexo D

Tablas de datos para cada una de las 17 mediciones realizadas.

Grupo	N Grupo	VP	FP	VN	FN	Precisión	Exactitud	Sensibilidad	Especificidad
Becado II	2	11	2	18	9	0.8461538462	0.725	0.55	0.9
Becado III	3	19	1	19	15	0.95	0.7037037037	0.5588235294	0.95
Becado II	2	16	8	12	18	0.6666666667	0.8148148148	0.7058823529	1
Becado III	3	18	0	20	16	1	0.7037037037	0.5294117647	1
Becado I	1	10	8	12	24	0.5555555556	0.4074074074	0.2941176471	0.6
Becado I	1	21	2	18	13	0.9130434783	0.7222222222	0.6176470588	0.9
Becado I	1	20	1	19	14	0.9523809524	0.7222222222	0.5882352941	0.95
Becado II	2	18	0	20	16	1	0.7037037037	0.5294117647	1
Becado I	1	6	0	20	28	1	0.4814814815	0.1764705882	1
Becado I	1	13	0	20	21	1	0.6111111111	0.3823529412	1
Becado I	1	17	4	16	17	0.8095238095	0.6111111111	0.5	0.8
Becado III	3	18	0	20	2	1	0.95	0.9	1
Becado I	1	20	6	14	14	0.7692307692	0.6296296296	0.5882352941	0.7
Becado I	1	23	0	20	11	1	0.7962962963	0.6764705882	1
Becado II	2	21	1	19	13	0.9545454545	0.7407407407	0.6176470588	0.95
Becado II	2	17	0	20	17	1	0.6851851852	0.5	1
Experto	4	28	0	20	6	1	0.8888888889	0.8235294118	1
Becado II	2	26	0	20	8	1	0.8518518519	0.7647058824	1
Becado II	2	19	0	20	15	1	0.7222222222	0.5588235294	1
Becado III	3	33	0	20	1	1	0.9814814815	0.9705882353	1
Becado III	3	23	0	20	11	1	0.7962962963	0.6764705882	1
Becado III	3	27	4	16	7	0.8709677419	0.7962962963	0.7941176471	0.8
Experto	4	30	1	19	4	0.9677419355	0.9074074074	0.8823529412	0.95
Experto	4	13	4	16	21	0.7647058824	0.537037037	0.3823529412	0.8
Becado III	3	24	0	20	10	1	0.8148148148	0.7058823529	1
Becado II	2	22	0	20	12	1	0.7777777778	0.6470588235	1
Experto	4	34	0	20	0	1	0.9310344828	0.8947368421	1
Experto	4	30	1	18	4	0.9677419355	0.8275862069	0.7692307692	0.9473684211
Becado II	2	25	0	20	9	1	0.8333333333	0.7352941176	1

Grupo	t9	t10	t11	v12	f13	f14	v15	As16	As17
Becado II	11559,350	463,438	4401,100	0,400	25,250	10,300	148,365	5,647	5,944
Becado III	20291,742	447,923	9354,111	0,394	31,667	18,714	81,976	6,164	6,158
Becado II	45244,983	459,378	22276,722	1,242	74,767	40,412	125,163	5,314	4,914
Becado III	11540,892	499,000	5583,909	0,500	24,575	12,000	192,078	4,763	4,326
Becado I	31093,975	428,863	13048,943	0,773	43,433	18,743	110,148	4,810	4,641
Becado I	8652,425	551,333	3917,455	0,182	13,867	7,100	128,563	5,288	4,469
Becado I	13787,767	414,786	9276,700	0,212	17,735	10,600	126,859	4,147	4,568
Becado II	32800,725	390,444	12219,682	0,545	38,292	18,227	73,666	5,259	5,440
Becado I	32247,592	426,431	14559,448	0,985	70,283	33,483	169,424	3,558	3,652
Becado I	7314,108	563,500	1785,917	0,212	12,655	5,400	210,813	6,364	6,962
Becado I	9196,450	570,059	3561,214	0,258	13,270	6,308	196,980	6,210	6,775
Becado III	18161,275	539,033	8011,571	0,750	33,525	15,385	147,857	4,544	4,290
Becado I	13525,258	430,097	5160,000	0,470	22,508	10,474	166,025	5,891	6,153
Becado I	60610,450	453,185	24045,143	2,045	95,217	38,250	111,441	4,255	4,037
Becado II	14830,092	545,811	7930,250	0,561	39,875	24,222	165,254	3,419	3,426
Becado II	12623,008	489,964	6228,000	0,424	22,742	11,944	201,110	4,890	4,886
Experto	20493,383	478,911	9479,000	0,848	32,583	16,696	127,171	6,803	6,578
Becado II	20954,358	473,722	8561,571	0,545	42,958	18,381	160,453	4,734	5,200
Becado II	20429,575	411,452	7313,778	0,636	41,308	20,667	88,021	4,557	4,576
Becado III	13844,225	563,500	8700,111	0,455	21,689	15,000	174,709	5,460	5,738
Becado III	13059,925	537,444	4152,533	0,409	20,183	10,200	125,461	4,397	4,311
Becado III	23607,583	529,563	11039,286	0,727	32,496	17,704	159,764	5,081	4,857
Experto	15386,792	482,345	8173,688	0,439	22,242	12,800	85,419	5,241	5,071
Experto	15674,408	494,706	5579,333	0,515	26,826	12,133	149,981	6,596	6,970
Becado III	13273,492	467,531	5955,652	0,485	21,150	8,696	151,179	4,211	4,237
Becado II	9102,092	584,909	3415,944	0,333	14,583	6,125	546,675	5,292	5,508
Experto	9426,250	406,640	4390,158	0,379	19,125	10,706	164,249	4,308	4,303
Experto	4121,797	350,364	1181,556	0,167	9,873	3,375	215,135	5,280	5,536
Becado II	25385,442	441,089	9067,167	0,848	46,517	16,083	119,501	5,379	5,154

## Anexo E

Código de *Matlab* con el que se hicieron las pruebas de análisis de varianza y otras.

```
%-----  
% 1. Verdaderos positivos  
[H1, pValue1, SWstatistic1] = swtest(VP)  
  
[pLev1,statsLev1]=vartestn(VP,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de verdaderos positivos')  
  
[pAn1,tblAn1,statsAn1] = anova1(VP,grupos)  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de verdaderos positivos')  
  
[c1,~,~,gnames1] = multcompare(statsAn1);  
  
%-----  
% 2. Falsos Positivos  
[H2, pValue2, SWstatistic2] = swtest(FP)  
  
[pLev2,statsLev2]=vartestn(FP,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de falsos positivos')  
  
[p_KW2,tbl_KW2,stats2] = kruskalwallis(FP,grupos)  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de falsos positivos')  
  
%-----  
% 3. Verdaderos Negativos  
[H3, pValue3, SWstatistic3] = swtest(VN)  
  
[pLev3,statsLev3]=vartestn(VN,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de verdaderos negativos')  
  
[p_KW3,tbl_KW3,stats3] = kruskalwallis(VN,grupos)  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de verdaderos negativos')  
  
%-----  
% 4. Falsos Negativos  
[H4, pValue4, SWstatistic4] = swtest(FN)  
  
[pLev4,statsLev4]=vartestn(FN,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de falsos negativos')  
  
[pAn4,tblAn4,statsAn4] = anova1(FN,grupos)  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Tasa de falsos negativos')  
  
[c4,~,~,gnames4] = multcompare(statsAn4);  
  
%-----  
% 5. Precisión  
[H5, pValue5, SWstatistic5] = swtest(Precision)  
  
[pLev5,statsLev5]=vartestn(Precision,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Precisión')  
  
[p_KW5,tbl_KW5,stats5] = kruskalwallis(Precision,grupos)  
xlabel('Grupos')  
ylabel('Precisión')
```



```

%-----
% 6. Exactitud («Accuracy»)

[H6, pValue6, SWstatistic6] = swtest(Exactitud)

[pLev6,statsLev6]=vartestn(Exactitud,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Exactitud')

[pAn6,tblAn6,statsAn6] = anova1(Exactitud,grupos)
xlabel('Grupos')
ylabel('Exactitud')

[c6,~,~,gnames6] = multcompare(statsAn6);

%-----
% 7. Sensibilidad

[H7, pValue7, SWstatistic7] = swtest(Sensibilidad)

[pLev7,statsLev7]=vartestn(Sensibilidad,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Sensibilidad')

[pAn7,tblAn7,statsAn7] = anova1(Sensibilidad,grupos)
xlabel('Grupos')
ylabel('Sensibilidad')

[c7,~,~,gnames7] = multcompare(statsAn7);

%-----
% 8. Especificidad

[H8, pValue8, SWstatistic8] = swtest(Especificidad)

[pLev8,statsLev8]=vartestn(Especificidad,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')

[pLev8,statsLev8]=vartestn(Especificidad,grupos,'TestType','BrownForsythe')

[pAn8,tblAn8,statsAn8] = wanova(Especificidad,grupos2)

xlabel('Grupos')
ylabel('Especificidad')

%-----
%9. Tiempo promedio por lámina

[H9, pValue9, SWstatistic9] = swtest(t9)

[pLev9,statsLev9]=vartestn(t9,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')

[p_KW9,tbl_KW9,stats9] = kruskalwallis(t9,grupos)
[p_KW9x,tbl_KW9x,stats9x] = kruskalwallis(t9,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('Tiempo promedio por lamina')

%-----
% 10. Tiempo promedio dentro del foco

[H10, pValue10, SWstatistic10] = swtest(t10)

[pLev10,statsLev10]=vartestn(t10,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')

[pAn10,tblAn10,statsAn10] = anova1(t10,grupos)
xlabel('Grupos')
ylabel('Tiempo dentro del Foco')

%-----
% 11. Tiempo hasta la fijación en el foco

[H11, pValue11, SWstatistic11] = swtest(t11)

[pLev11,statsLev11]=vartestn(t11,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')

```

```

[p_KW11,tbl_KW11,stats11] = kruskalwallis(t11,grupos)
[p_KW11x,tbl_KW11x,stats11x] = kruskalwallis(t11,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('Tiempo hasta la fijación en el foco')

%-----
% 12. Cantidad de fijaciones en el foco de condensación
[H12, pValue12, SWstatistic12] = swtest(v12)

[pLev12,statsLev12]=vartestn(v12,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')

[p_KW12,tbl_KW12,stats12] = kruskalwallis(v12,grupos)
xlabel('Grupos')
ylabel(' Visitas en el foco de condensación')

%-----
% 13. Promedio de fijaciones por lámina
[H13, pValue13, SWstatistic13] = swtest(f13)

[pLev13,statsLev13]=vartestn(f13,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Promedio de fijaciones por lámina')

[p_KW13,tbl_KW13,stats13] = kruskalwallis(f13,grupos)
[p_KW13x,tbl_KW13x,stats13x] = kruskalwallis(f13,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('Promedio de fijaciones por lámina')

%-----
% 14. Cantidad de fijaciones antes del foco
[H14, pValue14, SWstatistic14] = swtest(f14)

[pLev14,statsLev14]=vartestn(f14,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Cantidad de fijaciones antes del foco')

[p_KW14,tbl_KW14,stats14] = kruskalwallis(f14,grupos)
[p_KW14x,tbl_KW14x,stats14x] = kruskalwallis(f14,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('Cantidad de fijaciones antes del foco')

%-----
% 15. Velocidad: fijaciones en el foco por tiempo en la lámina
[H15, pValue15, SWstatistic15] = swtest(v15)

[pLev15,statsLev15]=vartestn(v15,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('focos/minuto por lamina')

[p_KW15,tbl_KW15,stats15] = kruskalwallis(v15,grupos)
[p_KW15x,tbl_KW15x,stats15x] = kruskalwallis(v15,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('focos/minuto por lamina')

%-----
% 16. Promedio de amplitud sacádica por participante
[H16, pValue16, SWstatistic16] = swtest(as16)

[pLev16,statsLev16]=vartestn(as16,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Amplitud sacádica')

[pAn16,tblAn16,statsAn16] = anova1(as16,grupos)
[p_KW16x,tbl_KW16x,stats16x] = kruskalwallis(v16,grupos2)
xlabel('Grupos')
ylabel('Amplitud sacádica')

%-----

```

```

% 17. Amplitud sacádica hasta el foco de condensación
[H17, pValue17, SWStatistic17] = swtest(as17)

[pLev17,statsLev17]=vartestn(as17,grupos,'TestType','LeveneQuadratic')
xlabel('Grupos')
ylabel('Amplitud sacádica hasta el foco')

[pAn17,tblAn17,statsAn17] = anova1(as17,grupos)
xlabel('Grupos')
ylabel('Amplitud sacádica hasta el foco')
aaa = [VP FP VN FN Precision Exactitud Sensibilidad Especificidad t9 t10 t11 v12 f13 f14 v15 a16 a17] %Se juntan las variables

%-----
% Análisis de correlación

qqq=corrcoef(aaa) % scatter(t9, t11)
corrplot(qqq) % Corplot en nueva carpeta

corrplot(corrcoef([FP VP a17 f13 t10 v15]))

% Anova multivariado
[ppp,ttt,stats] = manova1([VP FN Exactitud Sensibilidad t10 v12 a16 a17],grupos)
[ppp,ttt,stats] = manova1(aaa,grupos) % ANOVA multivariado

%-----

Sensitivity = VP./(FN+VP)

Specificity = 1 - VN./(FP+VN)

B1_se=[ 0.4118
0.5882
0.6176
0.5000
0.5882
0.2941
1]
B1_sp=[0
0.0500
0.1000
0.2000
0.3000
0.4000
1]

B2_se=[0.6225
0.6176
0.5500
0.4706
1]

B2_sp=[0
0.0500
0.1000
0.4000
1]

B3_se=[0.75648
0.5588
0.7941
1]

B3_sp=[0
0.0500

```

```

0.2000
    1]

e1_se=[ 0.6078
0.8824
0.8824
0.3824
    1]

e1_sp=[0
0.0500
0.0526
0.2000
    1]

%plot(Specificity,Sensitivity,'o')
plot(1-Exactitud ,Sensibilidad,'o')

hold on
plot(B1_sp,B1_se)
plot(B2_sp,B2_se)
plot(B3_sp,B3_se)
plot(e1_sp,e1_se)

xlim([0 1])
ylim([0 1])
refline(1,0)
xlabel('1- Exactitud')
ylabel('Sensibilidad')
title('Curvas ROC promedio de cada grupo de participantes')
legend('Becado I','Becado II','Becado III','Experto','Referencia')
hold off

%-----
% Análisis de componentes principales
[coeff,score,latent,tsquared,explained,mu]=pca(aaa)
[coeff,score,latent,tsquared,explained,mu]=pca([FP VP a17 f13 t10 v15])

%-----
[tbl9,rm9] = simple_mixed_anova(datamat9, entregrupos9,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl10,rm10] = simple_mixed_anova(datamat10, entregrupos10,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl11,rm11] = simple_mixed_anova(datamat11, entregrupos11,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl12,rm12] = simple_mixed_anova(datamat12, entregrupos12,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl13,rm13] = simple_mixed_anova(datamat13, entregrupos13,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl14,rm14] = simple_mixed_anova(datamat14, entregrupos14,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl15,rm15] = simple_mixed_anova(datamat15, entregrupos15,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl16,rm16] = simple_mixed_anova(datamat16, entregrupos16,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})
[tbl17,rm17] = simple_mixed_anova(datamat17, entregrupos17,{'Evidente_Noevidente','Frontal_Lateral'},{'Grupos'})

```

## Anexo F

Códigos de funciones de terceros que se utilizaron en los algoritmos del anexo E. Se incluyen los de Anova Mixto, Shapiro-Wilk, Welch-Anova y el algoritmo para reconocer los focos de condensación<sup>159</sup>.

```
function [tbl,rm] = simple_mixed_anova(datamat, varargin)
% tbl = simple_mixed_anova(datamat, between_factors, within_factor_names,
% between_factor_names)
%
% Repeated-measures or mixed ANOVA with any number of factors.
%
% Function built on top of existing MATLAB functions in an attempt to
% simplify user inputs and manipulations while still being able to perform
% all common ANOVA designs.
%
% DATAMAT is a numerical matrix containing the values associated with each
% level of each within-subject factor in each subject (responses). The
% subjects should always be the first dimension of the matrix. Each
% within-subject factor is another dimension.
%
% BETWEEN_FACTORS is a numerical matrix where each row represents a subject
% and each column represents a between-subjects factor. A given value
% represents the level of the column's factor associated with the row's
% subject. Optional.
%
% WITHIN_FACTOR_NAMES is a cell array of strings indicating the name of
% each within-subject factor (one for each dimension of the datamat
% variable except the first, in order). Optional.
%
% BETWEEN_FACTOR_NAMES is a cell array of strings indicating the name of
% each between-subjects factor (one for each column of the between_factors
% matrix, in order). These factors are assumed to be categorical (groups).
% Optional.
%
% TABLE is a table indicating the F statistics, p-values and other
% statistics associated with each term of the model. The "intercept" terms
% can be ignored (e.g. "(Intercept):WS01" indicates the main effect of
% WS01).
%
% RM is a structure with the repeated measures model parameters and
% statistics.
%
% Does not support covariates or partial models (without all interactions)
% for now.
%
% EXAMPLE
%
% A design with 24 subjects and 2 within-subject factors, the first one
% having 3 levels (time: pre-test, 1st post-test, 2nd post-test) and the
% second one 4 levels (experimental condition: A, B, C, D). The subjects
% are grouped in 4 groups: 2 variables with 2 levels each (gender: male or
% female; age group: young or old).
%
% The input datamat should be a 24 x 3 x 4 matrix with each row
```

---

<sup>159</sup> Si bien la aplicación Tobii Studio puede entregar la información de cuándo una fijación se realiza dentro de un área de interés, a causa de la gran cantidad de áreas que se definieron, resultó más rápido realizar este cálculo con el auxilio de la función «inpolygon» de Matlab.

```

% corresponding to a subject. So the element datamat(1,1,1) will correspond
% to the response of the subject #1 in the pre-test in experimental
% condition A, the element datamat(2,3,2) will correspond to the response
% of the subject #2 in the 2nd post-test in experimental condition B, and
% so on.
%
% The input between_factors will be a 24 x 2 matrix with each row
% corresponding to a subject and each column to a between-subjects factor
% (gender and age). Each column will be filled with 1s and 2s, or
% 0s and 1s, or other numbers, indicating the gender/age group of the
% respective subject.
%
% tbl = simple_mixed_anova(datamat, between_factors, {'Time', 'Exp_cond'},
% {'Gender', 'Age_group'})
%
% Copyright 2017, Laurent Caplette
% https://www.researchgate.net/profile/Laurent_Caplette
% Check if correct number of inputs
narginchk(1,4)
% Assign inputs to variables; if none, will be empty array
between_factors = [];
within_factor_names = [];
between_factor_names = [];
if nargin>1
    between_factors = varargin{1};
    if nargin>2
        within_factor_names = varargin{2};
        if nargin>3
            between_factor_names = varargin{3};
        end
    end
end
% Determine numbers of variables and measures
nWithin = ndims(datamat)-1;
nBetween = size(between_factors,2);
nVars = size(datamat);
nVars = nVars(2:end); % don't use the nb of subjects on the first dim
nMeas = prod(nVars);
% Check if dimensions of matrices are ok
if size(datamat,1)<2
    error('There must be more than one subject.')
end
if ~isempty(between_factors)
    if size(between_factors,1)~=size(datamat,1)
        error('Both input matrices must have the same nb of subjects.')
    end
end
% Check if there is more than one unique value
if length(unique(datamat))<2
    error('The data matrix must contain more than one unique value.')
end
for ii = 1:size(between_factors,2)
    if length(unique(between_factors(:,ii)))<2
        error('Each between-subjects factor must contain more than one unique value.')
    end
end
% Error if more variable names than variables as input
if length(between_factor_names)>nBetween
    error('Too many between-subject factor names or not enough between-subject variables as input.')
end
if length(within_factor_names)>nWithin
    error('Too many within-subject factor names or not enough within-subject variables as input.')
end
% Check validity of variable names
for ii = 1:length(between_factor_names)
    if ~isvarname(between_factor_names{ii})
        error('Variable names must be continuous strings starting with a letter and without symbols.')
    end
end
end

```

```

for ii = 1:length(within_factor_names)
    if ~isvarname(within_factor_names{ii})
        error('Variable names must be continuous strings starting with a letter and without symbols.')
    end
end
% Assign variable names if not enough or empty
if length(between_factor_names)<nBetween
    nMissing = nBetween - length(between_factor_names);
    BS = repmat('BS', [nMissing 1]); % list of 'BS'
    missing_factor_names = cellstr([BS num2str(1:nMissing)], '%02.0f');
    between_factor_names = [between_factor_names missing_factor_names];
end
if length(within_factor_names)<nWithin
    nMissing = nWithin - length(within_factor_names);
    WS = repmat('WS', [nMissing 1]); % list of 'WS'
    missing_factor_names = cellstr([WS num2str(1:nMissing)], '%02.0f');
    within_factor_names = [within_factor_names missing_factor_names];
end
% Create table detailing within-subject design
withinVarLevels = fullfact(nVars); % all level combinations
within_table = array2table(withinVarLevels, 'VariableNames', within_factor_names);
for ii = 1:nWithin % ensure that each within-subject factor is categorical (levels==discrete)
    evalc(sprintf('within_table.%s = categorical(within_table.%s)', within_factor_names{ii}, within_factor_names{ii}));
end
% Vectorize all dimensions after first one of the data matrix
y = datamat(:,:);
% Create data table
yList = repmat('Y', [nMeas 1]); % list of 'Y'
numList = num2str(1:nMeas), '%03.0f'; % support up to 999 measures
measureNames = cellstr([yList numList]); % create names for every measure
for ii = 1:nBetween % add between-subject factors
    measureNames{nMeas+ii} = between_factor_names{ii};
end
total_table = array2table([y between_factors], 'VariableNames', measureNames);
for ii = 1:nBetween % ensure that each between-subject factor is categorical (levels/groups==discrete)
    evalc(sprintf('total_table.%s = categorical(total_table.%s)', between_factor_names{ii}, between_factor_names{ii}));
end
% Create between-subjects model using Wilkinson notation
betweenModel = "";
for ii = 1:nBetween
    betweenModel = [betweenModel,measureNames{nMeas+ii},'*'];
end
betweenModel = betweenModel(1:end-1); % remove last star
if isempty(betweenModel)
    betweenModel = '1'; % if no between-subjects factor, put constant term (usually implicit)
end
% Create within-subject model using Wilkinson notation
withinModel = "";
for ii = 1:nWithin
    withinModel = [withinModel,within_factor_names{ii},'*']; % stars for full model (all interactions)
end
withinModel = withinModel(1:end-1); % remove last star
% Fit repeated measures model
rm = fitrm(total_table, sprintf('%s-%s~%s', measureNames{1}, measureNames{nMeas}, betweenModel),...
    'WithinDesign', within_table);
% Run ANOVA
tbl = ranova(rm, 'WithinModel', withinModel);

```

```

%% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %%
% function [H, pValue, W] = swtest(x, alpha, tail)
%SWTEST Shapiro-Wilk parametric hypothesis test of composite normality.
% [H, pValue, SWstatistic] = SWTEST(X, ALPHA, TAIL) performs
% the Shapiro-Wilk test to determine if the null hypothesis of
% composite normality is a reasonable assumption regarding the
% population distribution of a random sample X. The desired significance
% level, ALPHA, is an optional scalar input (default = 0.05).
% TAIL indicates the type of test (default = 1).
%
% The Shapiro-Wilk hypotheses are:
% Null Hypothesis: X is normal with unspecified mean and variance.
% For TAIL = 0 (2-sided test), alternative: X is not normal.
% For TAIL = 1 (1-sided test), alternative: X is upper the normal.
% For TAIL = -1 (1-sided test), alternative: X is lower the normal.
%
% This is an omnibus test, and is generally considered relatively
% powerful against a variety of alternatives.
% Shapiro-Wilk test is better than the Shapiro-Francia test for
% Platykurtic sample. Conversely, Shapiro-Francia test is better than the
% Shapiro-Wilk test for Leptokurtic samples.
%
% When the series 'X' is Leptokurtic, SWTEST performs the Shapiro-Francia
% test, else (series 'X' is Platykurtic) SWTEST performs the
% Shapiro-Wilk test.
%
% [H, pValue, SWstatistic] = SWTEST(X, ALPHA, TAIL)
%
% Inputs:
% X - a vector of deviates from an unknown distribution. The observation
% number must exceed 3 and less than 5000.
%
% Optional inputs:
% ALPHA - The significance level for the test (default = 0.05).
%
% TAIL - The type of the test (default = 1).
%
% Outputs:
% SWstatistic - The test statistic (non normalized).
%
% pValue - is the p-value, or the probability of observing the given
% result by chance given that the null hypothesis is true. Small values
% of pValue cast doubt on the validity of the null hypothesis.
%
% H = 0 => Do not reject the null hypothesis at significance level ALPHA.
% H = 1 => Reject the null hypothesis at significance level ALPHA.
%
%
%
% References: Royston P. "Algorithm AS R94", Applied Statistics (1995) Vol. 44, No. 4.
% AS R94 -- calculates Shapiro-Wilk normality test and P-value
% for sample sizes 3 <= n <= 5000. Handles censored or uncensored data.
% Corrects AS 181, which was found to be inaccurate for n > 50.
%
%
%
% Ensure the sample data is a VECTOR.
%
%
if numel(x) == length(x)
    x = x(:); % Ensure a column vector.
else
    error(' Input sample "X" must be a vector. ');
end
%
% Remove missing observations indicated by NaN's and check sample size.
%

```



```

x = x(~isnan(x));

if length(x) < 3
    error(' Sample vector "X" must have at least 3 valid observations. ');
end

if length(x) > 5000
    warning('Shapiro-Wilk test might be inaccurate due to large sample size (> 5000). ');
end

%
% Ensure the significance level, ALPHA, is a
% scalar, and set default if necessary.
%

if (nargin >= 2) && ~isempty(alpha)
    if numel(alpha) > 1
        error(' Significance level "Alpha" must be a scalar. ');
    end
    if (alpha <= 0 || alpha >= 1)
        error(' Significance level "Alpha" must be between 0 and 1. ');
    end
else
    alpha = 0.05;
end

%
% Ensure the type-of-test indicator, TAIL, is a scalar integer from
% the allowable set {-1, 0, 1}, and set default if necessary.
%

if (nargin >= 3) && ~isempty(tail)
    if numel(tail) > 1
        error('Type-of-test indicator "Tail" must be a scalar. ');
    end
    if (tail ~= -1) && (tail ~= 0) && (tail ~= 1)
        error('Type-of-test indicator "Tail" must be -1, 0, or 1. ');
    end
else
    tail = 1;
end

% First, calculate the a's for weights as a function of the m's
% See Royston (1995) for details in the approximation.

x = sort(x); % Sort the vector X in ascending order.
n = length(x);
mtilde = norminv(((1:n)' - 3/8) / (n + 0.25));
weights = zeros(n,1); % Preallocate the weights.

if kurtosis(x) > 3

    % The Shapiro-Francia test is better for leptokurtic samples.

    weights = 1/sqrt(mtilde*mtilde) * mtilde;

    %
    % The Shapiro-Francia statistic W is calculated to avoid excessive rounding
    % errors for W close to 1 (a potential problem in very large samples).
    %

    W = (weights' * x) ^2 / ((x - mean(x))' * (x - mean(x)));

    nu = log(n);
    u1 = log(nu) - nu;
    u2 = log(nu) + 2/nu;
    mu = -1.2725 + (1.0521 * u1);
    sigma = 1.0308 - (0.26758 * u2);

```

```

newSFstatistic = log(1 - W);

%
% Compute the normalized Shapiro-Francia statistic and its p-value.
%

NormalSFstatistic = (newSFstatistic - mu) / sigma;

% the next p-value is for the tail = 1 test.
pValue = 1 - normcdf(NormalSFstatistic, 0, 1);

else

% The Shapiro-Wilk test is better for platykurtic samples.

c = 1/sqrt(mtilde'*mtilde) * mtilde;
u = 1/sqrt(n);

PolyCoef_1 = [-2.706056 , 4.434685 , -2.071190 , -0.147981 , 0.221157 , c(n)];
PolyCoef_2 = [-3.582633 , 5.682633 , -1.752461 , -0.293762 , 0.042981 , c(n-1)];

PolyCoef_3 = [-0.0006714 , 0.0250540 , -0.39978 , 0.54400];
PolyCoef_4 = [-0.0020322 , 0.0627670 , -0.77857 , 1.38220];
PolyCoef_5 = [0.00389150 , -0.083751 , -0.31082 , -1.5861];
PolyCoef_6 = [0.00303020 , -0.082676 , -0.48030];

PolyCoef_7 = [0.459 , -2.273];

weights(n) = polyval(PolyCoef_1 , u);
weights(1) = -weights(n);

% Special attention when n=3 (this is a special case).
if n == 3
    weights(1) = 0.707106781;
    weights(n) = -weights(1);
end

if n >= 6
    weights(n-1) = polyval(PolyCoef_2 , u);
    weights(2) = -weights(n-1);

    count = 3;
    phi = (mtilde'*mtilde - 2 * mtilde(n)^2 - 2 * mtilde(n-1)^2) / ...
        (1 - 2 * weights(n)^2 - 2 * weights(n-1)^2);
else
    count = 2;
    phi = (mtilde'*mtilde - 2 * mtilde(n)^2) / ...
        (1 - 2 * weights(n)^2);
end

%
% The vector 'WEIGHTS' obtained next corresponds to the same coefficients
% listed by Shapiro-Wilk in their original test for small samples.
%

weights(count : n-count+1) = mtilde(count : n-count+1) / sqrt(phi);

%
% The Shapiro-Wilk statistic W is calculated to avoid excessive rounding
% errors for W close to 1 (a potential problem in very large samples).
%

W = (weights' * x)^2 / ((x - mean(x))' * (x - mean(x)));

%
% Calculate the significance level for W (exact for n=3).
%

newn = log(n);

```

```

if (n > 3) && (n <= 11)

    mu    = polyval(PolyCoef_3 , n);
    sigma = exp(polyval(PolyCoef_4 , n));
    gam   = polyval(PolyCoef_7 , n);

    newSWstatistic = -log(gam-log(1-W));

elseif n >= 12

    mu    = polyval(PolyCoef_5 , newn);
    sigma = exp(polyval(PolyCoef_6 , newn));

    newSWstatistic = log(1 - W);

elseif n == 3
    mu    = 0;
    sigma = 1;
    newSWstatistic = 0;
end

%
% Compute the normalized Shapiro-Wilk statistic and its p-value.
%

NormalSWstatistic    = (newSWstatistic - mu) / sigma;

% The next p-value is for the tail = 1 test.
pValue    = 1 - normcdf(NormalSWstatistic, 0, 1);

% Special attention when n=3 (this is a special case).
if n == 3
    pValue = 1.909859 * (asin(sqrt(W)) - 1.047198);
    NormalSWstatistic = norminv(pValue, 0, 1);
end

end

% The p-value just found is for the tail = 1 test.
if tail == 0
    pValue = 2 * min(pValue, 1-pValue);
elseif tail == -1
    pValue = 1 - pValue;
end

%
% To maintain consistency with existing Statistics Toolbox hypothesis
% tests, returning 'H = 0' implies that we 'Do not reject the null
% hypothesis at the significance level of alpha' and 'H = 1' implies
% that we 'Reject the null hypothesis at significance level of alpha.'
%

H = (alpha >= pValue);

```





## Anexo G

Matrices de datos según la clasificación de tipo de lamina y dificultad (evidente o no evidente). Aquí se entregan los valores para cada una de las mediciones donde se realizó un análisis mixto de varianzas.

El número de grupo indica, de 1 a 4, si es respectivamente Becado de I, de II, de III o experto. Las demás columnas son los promedios para cada combinación de láminas. La columna (:,1,1) corresponde al grupo de las láminas evidentes frontales, la columna (:,1,2) corresponde al grupo de las láminas evidentes laterales, la columna (:,2,1) corresponde a las láminas no evidentes frontales, y la columna (:,2,2) corresponde a las láminas no evidentes laterales.

Grupo	datamat9: Tiempo total en la lámina			
	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	32913,85	12312,85	29748,25	10384,25
2	57908,85	21997,65	77705,35	26989,30
3	15616,95	5003,65	18028,15	6000,55
1	41212,95	15028,55	44783,40	20150,70
1	8848,95	6212,65	11918,80	6834,95
1	20787,90	6885,65	20146,70	6550,40
2	46881,90	21312,95	42420,50	17898,25
1	50260,90	12001,50	49101,35	16223,30
1	10914,60	3797,60	10713,35	3620,65
1	10418,00	5077,30	15654,15	4911,50
1	15543,45	5103,60	19047,40	6927,50
1	82015,45	38047,10	87545,85	51729,70
2	24574,25	8222,25	16987,05	9103,05
2	16409,60	9090,30	18140,80	8739,65
4	26100,70	15315,30	26677,10	15035,10
2	24745,90	10861,75	31583,65	15661,50
2	27847,45	10443,75	27553,40	15412,10
3	15730,50	11346,95	19754,15	9625,00
3	18456,15	8503,85	17779,25	7823,45
3	25039,90	12724,60	28230,75	15951,20
4	18642,30	7729,70	22491,65	10298,15
4	20020,45	7873,30	22171,10	9719,10
3	12710,00	10032,90	18902,15	9202,45
2	11372,90	4228,35	12084,30	4609,35
4	10081,85	5810,80	12959,65	7824,40
4	3754,35	2747,75	4806,90	4052,20
2	34924,45	12319,45	42915,90	14020,50

datamat10: Tiempo dentro del foco de condensación				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	423,50	441,20	497,00	505,00
2	376,79	539,81	509,50	563,13
3	469,00	595,67	349,00	679,00
1	395,00	479,58	461,78	413,50
2	359,55	502,00	394,83	371,00
1	402,54	452,63	344,25	491,50
1	647,71	561,00	353,00	499,75
1	404,58	511,00	327,80	597,00
1	426,26	476,73	430,83	523,65
2	514,67	620,82	243,00	771,00
2	478,80	518,40	391,50	545,25
4	476,79	544,29	413,17	613,33
2	462,82	534,18	402,33	420,60
2	424,69	357,67	382,40	453,50
3	570,62	534,18	611,67	592,00
3	541,60	516,33	523,00	560,75
3	553,10	512,83	522,40	502,80
4	469,67	451,00	222,00	699,67
3	397,20	479,25	446,33	559,63
2	555,00	575,86	450,00	735,50
4	371,33	458,33	340,75	495,33
2	411,18	511,80	217,00	661,40

datamat11: Tiempo hasta la fijación en el foco de condensación				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	12887,13	1921,25	16657,50	6069,25
2	29753,38	6073,30	32868,13	18298,00
3	6057,00	2344,71	11066,67	6606,00
1	18105,62	5255,30	14295,14	13744,20
2	8308,67	8474,80	27244,40	5153,00
1	24418,90	5142,91	24086,50	6279,25
1	3719,00	1796,00	15157,00	1734,00
1	5906,90	1866,50	8693,00	1406,50
1	29250,94	8652,22	27172,88	27403,11
2	9661,18	5262,71	4398,00	11095,00
2	8850,20	4420,43	7274,00	4680,67
4	8242,09	7771,75	12947,33	9354,00
2	12960,88	4560,71	8692,50	6699,00
2	6794,92	11242,00	8191,50	0,00

3	8016,29	2135,40	21303,00	8634,00
3	2256,40	4815,40	4843,00	5747,67
3	15862,27	5706,88	14837,00	5922,40
4	6737,78	4295,33	21506,00	11915,67
3	7528,57	2889,80	5881,20	6737,50
2	5141,00	2667,33	3820,00	1749,25
4	5723,63	2828,00	5279,25	2005,75
2	11041,58	7009,00	6653,50	7438,00

datamat12: Cantidad de fijaciones en el foco de condensación				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	0,70	0,25	0,25	0,29
2	1,95	1,05	1,17	0,57
3	1,00	0,45	0,25	0,07
1	1,20	0,60	0,75	0,43
1	0,25	0,25	0,00	0,14
1	0,50	0,15	0,08	0,00
2	1,00	0,30	0,50	0,29
1	1,30	0,95	0,67	0,86
1	0,35	0,25	0,00	0,14
1	0,35	0,25	0,08	0,29
1	0,95	0,10	0,42	0,36
1	3,40	1,30	1,50	1,64
2	1,20	0,55	0,08	0,07
2	0,50	0,50	0,33	0,29
4	1,70	0,35	1,00	0,21
2	0,85	0,55	0,25	0,36
2	1,45	0,30	0,42	0,14
3	0,65	0,55	0,25	0,21
3	0,75	0,30	0,17	0,29
3	1,00	0,90	0,42	0,36
4	1,05	0,20	0,08	0,21
4	1,05	0,50	0,25	0,00
3	0,50	0,40	0,50	0,57
2	0,45	0,35	0,17	0,29
4	0,60	0,15	0,33	0,43
4	0,30	0,20	0,00	0,07
2	1,90	0,50	0,25	0,36

datamat13: Fijaciones por lamina				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
2	50,75	14,05	135,05	12,10



3	101,65	32,55	39,55	42,45
1	34,00	9,85	63,80	12,05
1	60,70	20,85	22,20	23,50
1	15,90	7,65	22,90	8,95
2	28,45	9,00	53,75	7,80
1	55,35	22,65	109,30	18,55
1	112,75	23,05	18,50	32,60
1	19,50	5,85	24,45	6,00
1	15,95	4,95	33,70	6,17
2	29,55	8,95	46,70	10,35
2	136,50	61,90	33,40	66,35
4	64,25	21,00	47,30	25,25
2	28,65	13,35	63,45	12,70
2	45,00	18,35	56,05	17,25
3	57,25	21,70	30,79	24,20
3	61,60	19,05	27,00	23,10
3	24,65	16,20	42,80	14,10
4	30,00	12,10	31,50	9,80
4	38,89	14,74	37,90	18,90
3	28,10	11,95	30,40	13,85
2	36,30	14,45	21,50	15,68
4	23,35	14,50	26,70	13,75
4	18,60	5,25	11,65	5,80
2	21,95	11,10	77,55	13,95
4	9,85	6,30	10,92	8,65
2	69,90	20,65	74,33	22,95

	datamat14: Cantidad de fijaciones antes del foco de condensación			
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
2	21,71	5,50	65,00	8,50
3	47,15	14,75	61,13	30,80
1	12,60	6,86	22,00	12,00
1	26,46	9,20	19,14	17,20
1	13,67	11,00	39,60	8,33
1	57,50	10,18	60,00	11,00
2	7,00	2,25	25,00	3,00
4	11,30	4,50	15,75	4,67
2	49,73	13,88	42,50	37,00
2	33,44	12,57	14,00	33,00
3	18,40	7,00	15,00	7,00

3	15,60	10,50	24,67	12,67
3	29,63	7,57	18,00	15,00
4	15,50	4,40	33,33	13,33
3	9,50	10,75	15,00	8,33
2	25,09	8,13	23,25	11,00
4	10,78	10,00	29,00	15,33
3	10,86	4,40	9,20	9,33
2	8,00	5,60	4,50	4,33
4	12,38	5,33	12,75	8,00
2	21,50	8,17	10,50	14,50

datamat15: Velocidad calculada entre (visualizaciones en el foco/minutos por lamina)				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	71,02	113,83	25,43	100,60
2	137,78	184,80	66,61	72,13
3	249,28	339,54	57,34	15,19
1	107,06	157,60	69,58	81,54
1	131,51	163,38	0,00	184,82
1	78,08	332,16	14,00	0,00
2	76,26	94,84	39,90	68,66
1	116,19	343,77	47,17	101,19
1	163,26	413,68	0,00	169,63
1	212,85	294,08	18,24	188,16
1	301,29	85,79	98,87	144,97
1	143,33	127,26	51,70	94,49
2	185,24	342,47	16,40	11,12
2	96,07	444,14	62,06	123,17
4	204,30	70,76	187,37	45,97
2	158,69	252,44	22,82	149,53
2	173,02	61,21	36,86	48,75
3	140,63	359,72	38,30	76,02
3	153,68	121,95	35,20	167,53
3	167,38	250,47	53,62	110,28
4	176,63	69,67	13,52	39,25
4	230,97	220,76	47,01	0,00
3	125,99	197,23	92,26	171,87
2	170,07	411,93	49,84	1703,03
4	237,88	88,66	101,92	220,47
4	277,76	328,38	0,00	148,29
2	184,52	131,71	20,43	94,10

datamat16: Promedio Amplitud sacádica				
---------------------------------------	--	--	--	--

Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	6,50	4,49	6,58	4,22
2	5,40	3,58	5,56	3,86
3	5,29	3,05	5,10	3,32
1	4,98	3,27	5,59	3,49
1	5,50	4,34	5,57	3,91
1	4,32	3,29	4,88	3,45
2	5,36	4,14	6,13	4,09
1	3,69	2,70	3,92	2,50
1	6,97	4,98	6,94	4,74
1	6,68	4,60	6,85	4,54
1	6,65	5,36	6,34	4,80
1	4,37	3,05	4,63	3,37
2	3,62	2,87	3,68	2,65
2	5,53	3,55	5,63	3,50
4	7,08	5,49	7,45	5,11
2	5,20	3,08	5,08	3,38
2	4,82	3,31	5,04	3,79
3	6,19	4,10	5,81	4,16
3	4,58	3,68	4,78	3,81
3	5,53	3,91	5,53	3,87
4	5,80	4,19	5,90	3,47
4	7,63	5,00	7,04	4,52
3	4,55	3,02	4,75	3,32
2	5,47	4,11	5,53	4,25
4	4,33	3,50	4,80	3,94
4	6,22	4,45	6,34	4,46
2	5,64	3,92	5,91	4,13

datamat17: Amplitud sacádica antes del foco				
Grupo	(:,1,1)	(:,1,2)	(:,2,1)	(:,2,2)
3	6,39	4,91	6,66	4,66
2	5,16	3,42	5,29	3,88
3	4,78	3,82	4,17	2,46
1	4,70	3,63	5,47	4,24
2	5,46	4,52	5,78	4,66
1	3,71	3,15	3,82	3,27
1	6,50	6,80	7,98	3,63
1	6,30	6,76	5,88	5,82
1	4,18	3,60	4,57	3,32
2	3,68	3,14	3,55	1,83

2	5,15	3,69	5,80	3,51
4	7,51	4,20	6,82	4,46
2	5,68	3,93	6,81	3,45
3	6,48	4,55	5,82	4,47
3	4,84	3,89	5,85	3,73
3	5,18	4,36	4,43	4,44
4	5,41	4,70	6,55	3,59
3	4,97	2,58	5,83	2,63
2	6,46	3,69	6,36	5,34
4	4,19	3,35	4,66	4,84
2	5,55	3,97	6,55	3,88

## Anexo H

A continuación se transcribe el algoritmo en lenguaje Java que se utilizó para guardar los datos después de cada experimentación (Ver sección 3.6).

```
import java.io.*;
import java.nio.file.Files;
import java.util.Scanner;
```

```
/* Clase para procesar archivos de la biopulsera, del Contextín, del EEG y del CONTEC.
```

```
Al principio pregunta qué nombre debe tener la carpeta con los datos del participante
```

```
A los archivos de la biopulsera:
```

1. Respalda la carpeta «raw\_data»  
(En la línea 27 se debe ingresar la dirección de la carpeta «docking\_station»  
y en la línea 32 se debe ingresar la dirección de la carpeta de respaldo)
2. Elimina los que no tengan datos.
3. Les agrega el encabezado que corresponde.
4. Les pone el nombre de su sensor (ACC, EDA, GYRO, PPG, TEMP).  
Si son más de uno, les agrega a continuación un número correlativo.
5. Los copia de la carpeta «raw\_data»
6. Los pega en la carpeta que corresponda  
(En la línea 36 se debe ingresar la dirección de la carpeta de datos)
7. Limpia la carpeta «raw\_data» para la próxima toma de datos

```
A los archivos del Contextín:
```

8. Los copia de la carpeta «Por Transferir» que está en el escritorio
2. Los nombra como «CONTEXTIN» seguido de un número correlativo cuando son más de uno
3. Borra la carpeta «Por Transferir» del escritorio

```
Al archivo CONTEC:
```

1. Lo mueve a la carpeta de los datos del participante

```
A los archivos del EEG:
```

1. Si son más de uno, les cambia el nombre a «EEG» seguido de un número correlativo
2. Los mueve a la carpeta que corresponda

```
*/
```

```
class Proc{
    static public void main(String[] args) throws IOException{
        String DS=
        //A continuación va la dirección de la carpeta «docking_station»
        "C:/Users/docking_station"
        ;
        File carpOrigen = new File(DS + "/raw_data");
        File carpRespaldo = new File(
        //A continuación va la carpeta donde se respalda la carpeta «raw_data»
        "C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/Datos/Respaldo Biopulsera"
        );
        File carpDatos = new File(
        //A continuación va la carpeta donde se guardan los datos
        "C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/Datos"
        );
        Scanner entrada = new Scanner(System.in);
        System.out.println("Indique el nombre de la carpeta del participante");
        String part = entrada.nextLine();

        //1. Respaldo de la carpeta «raw_data» con el nombre de la carpeta del participante
        File carpPart = new File(carpRespaldo.getAbsolutePath() + "/" + part);
        carpPart.mkdir();
        copiarCarpeta(carpOrigen,carpPart,false);
        System.out.println("Se respaldó la carpeta «raw_data»");

        File carpACC = new File(carpOrigen.getPath() + "/accelerometer");
        File carpEDA = new File(carpOrigen.getPath() + "/eda");
        File carpGYRO = new File(carpOrigen.getPath() + "/gyroscope");
        File carpPPG = new File(carpOrigen.getPath() + "/ppg");
        File carpTEMP = new File(carpOrigen.getPath() + "/temperature");
```

```

File carpDatosPart = new File(carpDatos.getAbsolutePath() + "/" + part);
carpDatosPart.mkdir();

String[] listaACC = carpACC.list();
String[] listaEDA = carpEDA.list();
String[] listaGYRO = carpGYRO.list();
String[] listaPPG = carpPPG.list();
String[] listaTEMP = carpTEMP.list();

//Procesamiento de carpeta «accelerometer»
for(String i : listaACC){
    File a = new File(carpACC.getPath() + "/" + i);

//2. Eliminación de los archivos vacíos (de la carpeta «accelerometer»)
    if(Files.size(a.toPath()) == 0){
        a.delete();
    }
//3. Adición del encabezado de los archivos ACC
    else{
        insertar(a,"UNIXTIME      ACC1      ACC2      ACC3");
    }
}
//Se vuelve a crear el archivo, ahora sin los eliminados
listaACC = carpACC.list();

//4. Se les cambia el nombre por «ACC»
if(listaACC.length == 1){
    File origACC = new File(carpACC.getPath() + "/" + listaACC[0]);
    File destACC = new File(carpACC.getPath() + "/ACC.txt");
    origACC.renameTo(destACC);
    //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
    copiarCarpeta(carpACC,carpDatosPart,false);
    destACC.delete();
}
else {
    for(int i = 0; i < listaACC.length; i++){
        File origACC = new File(carpACC.getPath() + "/" + listaACC[i]);
        File destACC = new File(carpACC.getPath() + "/ACC" + (i+1) + ".txt");
        File destACC2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/ACC" + (i+1) + ".txt");
        origACC.renameTo(destACC);
        //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
        Files.copy(origACC.toPath(),destACC2.toPath());
        destACC.delete();
    }
}
// Fin del procesamiento de la carpeta «accelerometer»

//Procesamiento de carpeta «eda»
for(String i : listaEDA){
    File a = new File(carpEDA.getPath() + "/" + i);

//2. Eliminación de los archivos vacíos (de la carpeta «eda»)
    if(Files.size(a.toPath()) == 0){
        a.delete();
    }
//3. Adición del encabezado de los archivos EDA
    else{
        insertar(a,"UNIXTIME      Vo      Vb");
    }
}
//Se vuelve a crear el archivo, ahora sin los eliminados
listaEDA = carpEDA.list();

//4. Se les cambia el nombre por «EDA»
if(listaEDA.length == 1){
    File origEDA = new File(carpEDA.getPath() + "/" + listaEDA[0]);
    File destEDA = new File(carpEDA.getPath() + "/EDA.txt");
    origEDA.renameTo(destEDA);
    //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original

```

```

        copiarCarpeta(carpEDA,carpDatosPart,false);
        destEDA.delete();
    }
    else {
        for(int i = 0; i < listaEDA.length; i++){
            File origEDA = new File(carpEDA.getPath() + "/" + listaEDA[i]);
            File destEDA = new File(carpEDA.getPath() + "/EDA" + (i+1) + ".txt");
            File destEDA2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/EDA" + (i+1) + ".txt");
            origEDA.renameTo(destEDA);
            //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
            Files.copy(origEDA.toPath(),destEDA2.toPath());
            destEDA.delete();
        }
    }
    // Fin del procesamiento de la carpeta «eda»

    //Procesamiento de carpeta «gyroscope»
    for(String i : listaGYRO){
        File a = new File(carpGYRO.getPath() + "/" + i);

//2. Eliminación de los archivos vacíos (de la carpeta «gyroscope»)
        if(Files.size(a.toPath()) == 0){
            a.delete();
        }
//3. Adición del encabezado de los archivos GYRO
        else{
            insertar(a,"UNIXTIME          GYRO1  GYRO2  GYRO3");
        }
    }
    //Se vuelve a crear el archivo, ahora sin los eliminados
    listaGYRO = carpGYRO.list();

//4. Se les cambia el nombre por «GYRO»
    if(listaGYRO.length == 1){
        File origGYRO = new File(carpGYRO.getPath() + "/" + listaGYRO[0]);
        File destGYRO = new File(carpGYRO.getPath() + "/GYRO.txt");
        origGYRO.renameTo(destGYRO);
        //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
        copiarCarpeta(carpGYRO,carpDatosPart,false);
        destGYRO.delete();
    }
    else {
        for(int i = 0; i < listaGYRO.length; i++){
            File origGYRO = new File(carpGYRO.getPath() + "/" + listaGYRO[i]);
            File destGYRO = new File(carpGYRO.getPath() + "/GYRO" + (i+1) + ".txt");
            File destGYRO2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/GYRO" + (i+1) + ".txt");
            origGYRO.renameTo(destGYRO);
            //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
            Files.copy(origGYRO.toPath(),destGYRO2.toPath());
            destGYRO.delete();
        }
    }
    // Fin del procesamiento de la carpeta «gyroscope»

    //Procesamiento de carpeta «ppg»
    for(String i : listaPPG){
        File a = new File(carpPPG.getPath() + "/" + i);

//2. Eliminación de los archivos vacíos (de la carpeta «ppg»)
        if(Files.size(a.toPath()) == 0){
            a.delete();
        }
//3. Adición del encabezado de los archivos PPG
        else{
            insertar(a,"UNIXTIME          PPG1   PPG2");
        }
    }
    //Se vuelve a crear el archivo, ahora sin los eliminados
    listaPPG = carpPPG.list();

```

```

//4. Se les cambia el nombre por «PPG»
if(listaPPG.length == 1){
    File origPPG = new File(carpPPG.getPath() + "/" + listaPPG[0]);
    File destPPG = new File(carpPPG.getPath() + "/PPG.txt");
    origPPG.renameTo(destPPG);
    //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
    copiarCarpeta(carpPPG,carpDatosPart,false);
    destPPG.delete();
}
else {
    for(int i = 0; i < listaPPG.length; i++){
        File origPPG = new File(carpPPG.getPath() + "/" + listaPPG[i]);
        File destPPG = new File(carpPPG.getPath() + "/PPG" + (i+1) + ".txt");
        File destPPG2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/PPG" + (i+1) + ".txt");
        origPPG.renameTo(destPPG);
        //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
        Files.copy(origPPG.toPath(),destPPG2.toPath());
        destPPG.delete();
    }
}
// Fin del procesamiento de la carpeta «ppg»

//Procesamiento de carpeta «temperature»
for(String i : listaTEMP){
    File a = new File(carpTEMP.getPath() + "/" + i);

//2. Eliminación de los archivos vacíos (de la carpeta «temperature»)
    if(Files.size(a.toPath()) == 0){
        a.delete();
    }
}
//3. Adición del encabezado de los archivos TEMP
else{
    insertar(a,"UNIXTIME      TEMP");
}
}
//Se vuelve a crear el archivo, ahora sin los eliminados
listaTEMP = carpTEMP.list();

//4. Se les cambia el nombre por «TEMP»
if(listaTEMP.length == 1){
    File origTEMP = new File(carpTEMP.getPath() + "/" + listaTEMP[0]);
    File destTEMP = new File(carpTEMP.getPath() + "/TEMP.txt");
    origTEMP.renameTo(destTEMP);
    //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
    copiarCarpeta(carpTEMP,carpDatosPart,false);
    destTEMP.delete();
}
else {
    for(int i = 0; i < listaTEMP.length; i++){
        File origTEMP = new File(carpTEMP.getPath() + "/" + listaTEMP[i]);
        File destTEMP = new File(carpTEMP.getPath() + "/TEMP" + (i+1) + ".txt");
        File destTEMP2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/TEMP" + (i+1) + ".txt");
        origTEMP.renameTo(destTEMP);
        //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
        Files.copy(origTEMP.toPath(),destTEMP2.toPath());
        destTEMP.delete();
    }
}
// Fin del procesamiento de la carpeta «temperature»

System.out.println("Se traspasaron los archivos de la carpeta «raw_data»");

// Archivos del Contextin

File contextin = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/Por Transferir/");
String[] listaContextin = contextin.list();
if (listaContextin.length == 1){
    //5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original

```



```

File contextin1 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/Por Transferir/" + listaContextin[0]);
File contextin2 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/Por Transferir/CONTEXTIN.txt" );
File contextin3 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/CONTEXTIN.txt");
contextin1.renameTo(contextin2);
Files.copy(contextin2.toPath(),contextin3.toPath());
contextin2.delete();
System.out.println("Se traspasó el archivo del Contextín");
}
else {
for(int i = 0; i < listaContextin.length; i++){
File contextin1 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/Por Transferir/" +
listaContextin[i]);
File contextin2 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/Por Transferir/CONTEXTIN" +
(i+1) + ".txt");
File contextin3 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/CONTEXTIN" + (i+1) + ".txt");
contextin1.renameTo(contextin2);
//5,6,7. Se copia el archivo en el destino, se limpia la carpeta original y se elimina
Files.copy(contextin2.toPath(),contextin3.toPath());
contextin2.delete();
contextin.delete();
}
System.out.println("Se traspasaron los archivos del Contextín");
}

//Archivos EEG
File eeg = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/EEG");
String[] listaEeg = eeg.list();
if (listaEeg.length == 2){ //Ojo, que en la carpeta EEG hay otra carpeta con los resultados de las pruebas
//5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
File eeg1 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/EEG/EEg.edf");
File eeg2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/EEG.edf");
Files.copy(eeg1.toPath(),eeg2.toPath());
eeg1.delete();
System.out.println("Se traspasó el archivo del EEG");
}
else {
for(int i = 0; i < listaEeg.length; i++){
if(listaEeg[i]=="Pruebas") continue;
File eeg1 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/EEG/" +
listaContextin[i]);
File eeg2 = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Documents/Experimento Radiologos/EEG/EEG"
+ (i+1) + ".edf");
File eeg3 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/EEG" + (i+1) + ".edf");
eeg1.renameTo(eeg2);
//5,6,7. Se copia el archivo en el destino y se limpia la carpeta original
Files.copy(eeg2.toPath(),eeg3.toPath());
eeg2.delete();
}
System.out.println("Se traspasaron los archivos del EEG");
}

//Archivo CONTEC
File contec = new File("C:/Users/Consumer Analytics/Desktop/sensor
CONTEC/E_health_ReadAndStore/E_health_ReadAndStore/CONTEC.txt");
File contec2 = new File(carpDatosPart.getPath() + "/CONTEC.txt");
Files.copy(contec.toPath(),contec2.toPath());
contec.delete();
System.out.println("Se traspasó el archivo del pulso-oxímetro");
}

static void copiarCarpeta(File orig, File dest, boolean Carp )throws IOException{
/*
Crea una copia de la carpeta «orig» en la carpeta «dest».
Si el parámetro «Carp» es verdadero, en la carpeta «dest» se copia
la carpeta «orig» con todo su contenido.
Si el parámetro «Carp» es falso, en la carpeta «dest» sólo se
copia el contenido de la carpeta «orig».
*/
if(Carp){
dest= new File(dest.getPath() + "/" + orig.getName());
dest.mkdir();
}
}

```

```

String[] lista= orig.list();
if (lista == null){
    System.out.println("La carpeta de origen está vacía");
    System.out.println("No se copió nada");
}
else{
    for(String i : lista){
        File dirO = new File (orig.getAbsolutePath() + "/" + i);

        File dirD = new File (dest.getAbsolutePath() + "/" + i);
        if(dirO.isDirectory()){
            dirD.mkdir();
            copiarCarpeta(dirO,dirD,false);
        }
        else if(dirO.isFile()){
            Files.copy(dirO.toPath(), dirD.toPath());
        }
    }
}
}

static public void insertar (File archivo, String lin) throws IOException{
    // Inserta el parámetro «lin» como primera línea del archivo
    BufferedReader a = new BufferedReader(new FileReader(archivo));
    //Se crea un archivo auxiliar
    File aux = new File(archivo.getPath().substring(0,archivo.getPath().length() - 5) + "g.txt");
    PrintWriter b = new PrintWriter(new FileWriter(aux));

    //Se imprime en el archivo auxiliar la línea «lin»
    b.println(lin);

    //Se copia el texto del archivo original
    while(true){
        String linea=a.readLine();
        if(linea==null) break;
        b.println(linea);
    }
    b.close();
    a.close();

    // Se borra el archivo original y se le cambia el nombre al archivo auxiliar
    File aux2 = new File(archivo.getAbsolutePath());
    archivo.delete();
    aux.renameTo(aux2);
}
}

```

# Anexo I

## 1.- Análisis de componentes principales a todas las variables

coeff =

Columns 1 through 13

-0.0001	0.0009	-0.0046	-0.0082	0.6742	0.1556	-0.0617	0.7025	-0.1530	0.0174	-0.0049	0.0040	-0.0011
0.0000	0.0003	-0.0011	0.0003	-0.0815	-0.1493	-0.6719	0.0363	-0.0630	-0.0787	-0.0255	0.7009	-0.0490
-0.0000	-0.0003	0.0014	0.0017	0.0777	0.1476	0.6834	-0.0383	0.0682	0.0719	-0.0082	0.6990	-0.0342
0.0001	-0.0007	0.0065	-0.0018	-0.6600	-0.2421	0.1810	0.6677	-0.1613	0.0171	0.0067	-0.0023	-0.0004
-0.0000	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0048	0.0073	0.0304	0.0018	0.0055	0.0023	0.0153	-0.0581	-0.0132
-0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0124	0.0063	0.0034	-0.0087	0.0104	0.0060	0.0485	-0.0292	-0.1890
-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0003	0.0182	0.0056	-0.0079	-0.0087	0.0075	0.0023	0.0443	-0.0009	-0.1529
0.0000	0.0000	0.0001	-0.0001	0.0030	0.0071	0.0234	-0.0008	0.0135	0.0102	0.0626	-0.1188	-0.2374
0.9208	-0.3901	0.0023	0.0025	0.0009	-0.0010	-0.0000	0.0001	0.0006	-0.0002	-0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.0013	0.0051	0.4305	0.9025	0.0058	0.0050	-0.0023	0.0049	-0.0071	-0.0018	-0.0011	-0.0013	-0.0005
0.3901	0.9208	0.0015	-0.0054	-0.0005	-0.0011	0.0008	-0.0005	-0.0011	0.0004	0.0000	-0.0000	-0.0000
0.0000	-0.0000	0.0005	0.0004	0.0033	0.0115	-0.0063	-0.0089	-0.0278	0.0118	0.1579	0.0293	0.9302
0.0014	-0.0003	0.0056	-0.0089	-0.2696	0.8405	-0.1245	-0.0363	-0.4366	0.1130	-0.0026	0.0023	-0.0234
0.0006	0.0014	-0.0001	0.0037	-0.1543	0.4007	-0.1285	0.2370	0.8554	-0.1032	0.0041	0.0001	0.0249
-0.0023	-0.0030	0.9025	-0.4304	0.0068	-0.0054	-0.0016	-0.0032	0.0063	-0.0005	0.0006	0.0005	-0.0001
-0.0000	-0.0001	0.0001	0.0028	0.0044	-0.0517	-0.0792	0.0077	0.0864	0.6378	0.7448	0.0262	-0.0931
-0.0000	-0.0002	0.0005	0.0015	-0.0012	-0.0561	-0.0709	0.0078	0.1047	0.7467	-0.6411	-0.0145	0.0752

Columns 14 through 17

-0.0034	-0.0057	0.0026	0.0010
0.0828	-0.0040	0.0821	-0.0156
0.0481	-0.0163	0.0347	-0.0126
0.0208	0.0096	-0.0152	0.0039
0.1136	0.7168	0.6845	-0.0048
0.5017	0.0389	-0.1257	0.8316
0.4441	0.4939	-0.5977	-0.4192
0.6345	-0.4896	0.3875	-0.3636
0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
-0.0004	-0.0002	0.0002	-0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
0.3270	-0.0265	-0.0092	0.0058
-0.0038	0.0012	0.0008	-0.0002
-0.0049	-0.0006	-0.0028	0.0004
-0.0002	0.0000	-0.0001	0.0000
-0.1122	0.0018	0.0017	-0.0008
0.0798	0.0024	-0.0008	-0.0003

score =

1.0e+04 \*

Columns 1 through 13

-0.8253	-0.0651	-0.0039	-0.0007	-0.0007	0.0003	-0.0002	-0.0009	0.0001	0.0001	-0.0000	0.0000	-0.0000
0.1720	0.0504	-0.0079	0.0003	-0.0003	-0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0000
2.9737	0.2669	0.0041	-0.0013	-0.0006	-0.0001	-0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.7809	0.0446	0.0018	-0.0000	-0.0007	0.0002	0.0002	0.0001	-0.0001	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.3108	-0.0308	-0.0031	-0.0020	-0.0011	-0.0014	-0.0004	-0.0000	-0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
-1.1118	0.0038	-0.0026	0.0076	-0.0001	-0.0003	-0.0000	0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.4299	0.2969	-0.0067	-0.0062	-0.0003	-0.0010	0.0005	-0.0001	-0.0002	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
1.4356	-0.1737	-0.0078	-0.0030	0.0004	-0.0014	0.0005	0.0000	0.0003	-0.0001	-0.0000	-0.0000	-0.0000
1.4759	0.0633	0.0026	-0.0053	-0.0024	0.0012	0.0004	0.0001	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
-1.3182	-0.1403	0.0047	0.0060	-0.0011	-0.0004	0.0003	0.0001	0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0000	0.0000
-1.0757	-0.0502	0.0044	0.0067	-0.0005	-0.0007	-0.0003	0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.0766	0.0099	0.0013	0.0058	0.0004	0.0005	0.0000	-0.0009	0.0001	-0.0001	0.0000	-0.0000	0.0000
-0.6147	-0.0719	-0.0032	-0.0044	-0.0003	-0.0003	-0.0006	0.0001	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
4.4575	-0.1697	0.0063	0.0016	0.0012	0.0002	0.0002	-0.0000	-0.0002	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
-0.3865	0.1323	0.0024	0.0049	-0.0007	0.0015	-0.0001	0.0002	0.0001	-0.0002	-0.0000	-0.0000	0.0000



tsquared =

27.0345  
10.3007  
27.0345  
7.3948  
21.5087  
17.7362  
17.6374  
19.0979  
18.2651  
14.4309  
9.8637  
27.0345  
19.4400  
22.1843  
14.8151  
4.0266  
14.8423  
15.4155  
11.6744  
12.5359  
11.8643  
14.1232  
4.7497  
10.6857  
9.1129  
25.7827  
27.0345  
27.0345  
13.3396

explained =

99.0441  
0.9504  
0.0039  
0.0015  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000  
0.0000

mu =

1.0e+04 \*

Columns 1 through 13

0.0021 0.0001 0.0018 0.0012 0.0001 0.0001 0.0001 0.0001 1.8905 0.0479 0.8220 0.0001 0.0032

Columns 14 through 17

0.0016 0.0159 0.0005 0.0005

## 2.- Análisis de componentes principales a todas las variables

coeff =

-0.0034	0.0011	0.0155	-0.1290	0.9853	-0.1109
0.0019	-0.0033	-0.1092	0.9852	0.1319	0.0098
0.0017	0.0011	-0.0183	-0.0265	0.1087	0.9936
-0.0791	-0.0273	0.9902	0.1095	0.0009	0.0213
0.4437	0.8942	0.0592	0.0086	0.0007	-0.0005
0.8927	-0.4469	0.0586	0.0029	0.0030	-0.0002

score =

-16.3260	-8.8869	-7.3131	-10.6201	-0.7392	0.5228
-82.9610	6.7052	-6.6636	-2.2365	-0.8508	1.0861
-42.7677	-3.5132	39.6845	-1.1201	5.6937	-0.0565
38.5455	3.3699	-4.0792	-3.0664	-1.8065	-0.8366
-67.2441	-23.2140	6.6312	-10.7598	4.7765	-1.0341
5.9141	78.8333	-15.6096	-1.2797	0.4122	-1.1247
-56.4977	-42.6064	-19.8684	-2.8896	-0.7940	-0.7750
-116.4062	-41.1570	-3.8856	-2.8644	-2.1061	0.6449
-17.5154	-52.6074	36.8821	-10.5521	-3.5394	-0.6114
84.8261	53.0171	-10.4685	-8.7610	-2.0877	1.4436
75.3331	65.0376	-10.6549	-5.2478	2.3242	0.8664
16.1264	58.6828	4.5602	-1.8696	-1.9059	-0.6903
-15.1344	-46.5409	-11.8906	-2.8102	4.4377	0.3294
-59.3423	-3.5101	57.8912	8.9786	-1.3874	0.4696
34.1614	56.7859	11.9731	1.7833	-0.5560	-1.5036
42.7425	-8.6916	-5.8008	-4.3186	-1.8586	-0.3263
-28.9188	14.1624	-2.2778	7.2439	-0.4450	1.6959
-2.3383	-5.6282	9.8841	6.4975	-0.7526	0.5213
-94.5089	-28.8736	1.0933	-1.3047	-2.0071	-0.1534
51.9191	68.8374	-5.8023	11.8604	0.3164	0.6255
-3.5062	67.6187	-10.6050	1.5167	-1.3253	-0.8981
22.6391	44.8969	2.7472	6.3063	3.3115	-0.5026
-63.8497	36.1662	-14.9389	7.9019	0.5077	-0.1039
-1.1348	18.3037	-4.0133	-8.4899	1.6355	1.3581
-11.6445	-6.4181	-12.3853	2.0847	-1.1737	-0.9133
394.0005	-78.0094	11.4467	1.5048	-0.0338	0.0359
-26.8152	-66.6835	-18.3213	11.2289	0.1454	-0.7656
-5.6390	-139.4752	-27.4000	5.7776	0.8409	0.1285
-53.6576	-16.6016	9.1849	5.5058	-1.0326	0.5675

latent =

1.0e+03 \*

8.1435
2.6242
0.3433
0.0429
0.0050
0.0007

tsquared =

3.3356
2.8941
11.3325
2.0807
9.6356
4.9142
3.3898
4.0101
10.6733
7.8330

5.4054  
2.8755  
5.5382  
12.7684  
5.0709  
1.6245  
5.4576  
1.7721  
2.2960  
6.0762  
3.5984  
4.3237  
3.1702  
4.9548  
2.0164  
21.8179  
6.5176  
10.5456  
2.0718

explained =

72.9724  
23.5152  
3.0765  
0.3847  
0.0448  
0.0064

mu =

1.4828 20.7586 5.1269 32.1101 479.1525 159.4289