

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Diseño

Espirometría Amigable

Dispositivo médico para el diagnóstico de la
función pulmonar de niños preescolares

Proyecto para optar a título de Diseñadora Industrial
Autora: Daniela Carvajal Leiva

Santiago, Octubre 2015

Agradecimientos

A los profesionales e instituciones que me recibieron:

Psic. Rodolfo Espinosa
Dra. Concetta Maisto
Dr. Humberto Netto
Dra. Genoveva Parra
Dr. Mauricio Ruiz
Klgo. José Luis Valenzuela
Hospital de Niños Roberto del Río
Colegio Lorenzo Sazie
Jardín Infantil Conejito Blanco
Jardín Infantil Osito Regalón
Escuela especial de lenguaje Nova Aurora
Fab Lab 851

A quienes apoyaron de distintas formas la realización del proyecto:

Daniel Campos
Romina Castillo
Nicolás Carvajal
Santiago Espinosa
Filipo Guzmán
Matías Gajardo
Bárbara Ibarra
Carla Ponzano
Paz Salcedo
Romina Vergara
En especial a Natalia Muñoz

A los niños(as) y sus familias parte de este estudio

Dedicatoria

A Inés y Adán por su apoyo durante todos estos años.

A Nicolás por quererme y sobre todo escucharme.

A Matías por su compañía, paciencia y ayuda en todo este proceso.

A mi familia y amigos.

Resumen

La espirometría es el método más utilizado para evaluar la función pulmonar. Estudios previos han demostrado la factibilidad de realizar estas pruebas en edad pre-escolar, el grupo más afectado por las enfermedades pulmonares. Sin embargo, actualmente existen numerosas limitaciones para realizar el examen para dicho rango etario. Este proyecto busca ampliar el rango etario de aplicabilidad del examen espirométrico y mejorar su eficiencia mediante el diseño de un dispositivo con características lúdicas y afín a la psicología del usuario preescolar.

La metodología utilizada comienza con la identificación de los aspectos relevantes del problema a través de la revisión bibliográfica y la observación de los principales ejes del proyecto; luego se realizó una proyección de diversas ideas buscando una solución afín a la naturaleza del usuario; finalmente, se construyó un prototipo funcional para comprobar que sí es posible aplicar espirometría en preescolares de manera exitosa. Los resultados obtenidos arrojaron que mediante el rediseño del espirómetro se amplía el rango etario de aplicabilidad del examen a niños pre-escolares, se facilita el soplido, se disminuye considerablemente el tiempo efectivo para realizar el examen, se aumenta la tasa de exámenes aceptables y disminuye el rechazo al examen de espirometría. Para esto fue necesario romper el paradigma de crear un dispositivo médico pensado para un ambiente clínico, para seguir un camino orientado al diseño centrado en las necesidades del usuario. En este caso, el dispositivo médico, el espirómetro, se adapta a las necesidades de los niños.

Palabras clave: Diseño, producto, dispositivo médico, espirometría, preescolares, niños, enfermedades respiratorias.

Abstract

The spirometry is the method used to assess lung function. Previous studies have demonstrated the feasibility of conducting these tests in pre-school age, the group most affected by lung disease. However, currently there are numerous limitations to take the exam for this age range. This project seeks to expand the age range of applicability of spirometric test and improve efficiency by designing a device with fun and related to the psychology of preschool user features.

The methodology begins with the identification of the relevant aspects of the problem through the literature review and observation of the cornerstones of the project; then a projection of various concepts searching a related solution to the nature of the user is performed; Finally, a functional prototype was built to prove that it is possible to apply spirometry in preschool successfully. The results showed that by redesigning the spirometer the age range of applicability of the examination to pre-school children is extended, the blowing is facilitated considerably reduces the effective time for the exam, the exams are acceptable rate increases and decreases the rejection of the spirometry test. For this it was necessary to break the paradigm of creating a medical device intended for clinical environment, oriented to follow an empathic design that is oriented around user needs road. In this case, the medical device, the spirometer, is tailored to the needs of children.

Keywords: Design, product, medical device, spirometry, preschool, children, respiratory diseases

Índice

Introducción

Problemática	12
Justificación	13
Objetivos	14
Metodología	15
Alcances y limitaciones	16

Fundamentos del proyecto

Dispositivos Médicos	18
Dispositivos de diagnóstico y tratamiento respiratorio	19
Preescolares	21
El juego	23
Proyectos Precedentes	25

Antecedentes proyectuales

Espirómetro	28
Tipologías	29
Procedimiento	32
Ambiente Clínico	36
Dificultades Preescolar	37
Usuario	38
Caracterización del usuario	40
Entorno Cotidiano	40
Requisitos y restricciones del proyecto	44

Proceso de Diseño

Principios de Diseño	46
Propuesta conceptual	48
Propuesta formal	49
Evaluación formal	55
Evaluación propuestas	56
Un error: La boquilla	57
Decisiones de diseño	59
Construcción de prototipo	64
Validación	71
Resultados	72

Producto

Visualización	74
Partes y piezas	75
Especificaciones técnicas	76
Modo de uso	77
Planimetrías	78
Plan de negocios	86
Costo	88

Conclusiones	91
--------------	----

Referencias	93
Anexos	95

Introducción

En el contexto de un medio ambiente cada vez más contaminado, cuestión directamente relacionada con enfermedades respiratorias, la aplicación de exámenes de diagnósticos se hace fundamental a la hora de prevenir o tratar de manera temprana dichas afecciones, evitando así agravar estos problemas. Dentro de estos exámenes, en las propias palabras del Doctor Mauricio Ruiz, especialista Broncopulmonar y Director del Departamento de Medicina del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, uno de los más importantes es la espirometría: “es un examen fundamental. Permite establecer un diagnóstico sintomático del paciente. Además da información sobre la respuesta al tratamiento y magnitud de trastorno, que se correlacionan con mayor riesgo de morir en años venideros de una determinada patología, lo que nos permite tomar decisiones específicas respecto del tratamiento a seguir. Entonces la espirometría es uno de los pilares de manejo de nuestros pacientes respiratorios.”

Sin embargo, a pesar de la importancia del examen espirométrico, y teniendo en cuenta que el grupo etario más afectado por las enfermedades pulmonares son los niños preescolares, estos dispositivos médicos no son aptos para estos ellos, obteniendo grandes limitaciones para la realización de un diagnóstico exitoso para estos pacientes. Esto se debe a que el diseño de los actuales espirómetros está plenamente basado en su funcionalidad y pensado desde el punto de vista del entorno clínico, mas no del usuario, los niños preescolares.

A lo largo de este documento se presentarán los principales ejes que sustentan el proyecto, dando paso a un trabajo de campo que determinará las principales dificultades de la espirometría en niños menores de 6 años. Luego, se determinarán los requisitos de diseño que generarán diversas alternativas acorde a la naturaleza lúdica de los infantes. Estas alternativas serán evaluadas para obtener una propuesta de solución a los problemas detectados en el procedimiento espirométrico. Finalmente, se construirá un prototipo funcional que será puesto a prueba por el usuario, con el fin de obtener la validación final del diseño del dispositivo presentado en este proyecto.

En general, el desarrollo de dispositivos médicos, y en particular los espirómetros, centran su diseño en un carácter funcional pensado para el ambiente clínico. Un propósito de este proyecto es incorporar la esencia del pensamiento de diseño al dispositivo médico llamado espirómetro, y que sirva de base para futuros proyectos relacionados. Para esto es necesario cambiar el paradigma de diseñar pensando únicamente en el operador clínico para sumar, como eje principal, al usuario; en este caso, el paciente preescolar, incorporando al diseño un carácter lúdico y amigable haciendo del examen una experiencia amena que se traducirá en un mayor alcance del examen y mayor eficiencia para realizar el diagnóstico.

La correcta validación de este proyecto pretende, también, ser un aporte de innovación y apertura de camino a nuevos campos para el diseño.

Problemática

El problema radica en que la aplicación de la espirometría es altamente deficiente en la población de mayor riesgo, los niños preescolares. De hecho, dada la naturaleza actual que tienen los espirómetros y la forma en que se aplica el tratamiento, es poco viable realizar este tratamiento a niños menores de 6 años, perdiendo la posibilidad de frenar o atacar las graves consecuencias que esto puede tener en la vida futura del paciente. Según diversos estudios el porcentaje de no aplicabilidad del examen a niños preescolares varía entre 54% y 35%

Actualmente se han hecho intentos de abordar este problema y dar alguna alternativa de solución. Por ejemplo, se ha implementado incentivo pediátrico, que consiste en juegos electrónicos integrados en el software de espirometría. Éstos enseñan conforme al soplo de velas, mover nubes, hacen estallar globos con flechas, y realizar otras operaciones. Pero dado los datos empíricos, estos no han tenido un efecto significativo en los pacientes preescolares (Burgos & Lara, 2004)

Las razones por las cuales no es posible realizar este examen a niños menores de 6 años, o al menos de por qué se hace de forma deficiente, se basan en los siguientes problemas de diseño:

- los aparatos no incitan la comprensión y cooperación del procedimiento
- los dispositivos y ambientes del procedimiento son inadecuados para un niño
- el espirómetro genera rechazo y temor al niño, lo que causa susto y tensión en el paciente en un examen que no es en absoluto agresivo (Ruiz, 2015)

Justificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa de que en 2012 unas 7 millones de personas murieron –una de cada ocho del total de muertes en el mundo- como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. Esta conclusión duplica con creces las estimaciones anteriores y confirma que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo. Esta situación es aún más grave si se considera que la población más afectada por esta cuestión son los niños: solo en Chile ocurren más de 10.000 muertes al año debido a enfermedades pulmonares (INE, 2014).

Dentro de estas enfermedades encontramos, por ejemplo, el asma que, según la OMS, es la enfermedad crónica más frecuente en los niños, siendo el 80% de los casos entre los 3 y 4 años de edad y, por otra parte la mayor pérdida de función pulmonar ocurre antes de que los asmáticos cumplan 6 años (Castro, 2013). A menudo el asma no se diagnostica correctamente ni recibe el tratamiento adecuado, creando así una importante carga para los pacientes y sus familias, y pudiendo limitar la actividad del paciente durante toda su vida. La OMS estima que si no se toman medidas urgentes, las muertes por asma aumentarán en casi un 20% en los próximos 10 años, así como un 50% en su prevalencia (2014).

Además, se ha comprobado que los niños asmáticos que no son tratados adecuadamente en la etapa pre-escolar, corren el riesgo de sufrir episodios de bronquitis obstructivas recurrentes que, incluso, pueden terminar en hospitalización (Castro, 2003).

Por otra parte, se trata de un problema que no solo afecta el aspecto fisiológico de las personas que sufren enfermedades respiratorias, sino que también afecta el aspecto psicológico y social de estos, ya que provoca una limitación en las actividades cotidianas de los pacientes durante toda su vida.

Objetivos

Objetivo general

Aumentar la tasa de éxito del examen espirométrico a través de un dispositivo de carácter lúdico que facilite la comprensión por parte del paciente pediátrico.

Objetivos específicos

Facilitar la realización del soplido, a través de una interfaz de retribución.

Disminuir el tiempo total utilizado en la consulta, desde que el doctor explica el procedimiento al paciente hasta que este realiza el examen de manera satisfactoria.

Ampliar aplicabilidad del examen para un mayor rango etario.

Disminuir el costo de fabricación del aparato

Disminuir el “rechazo” que sienten los pacientes de temprana edad ante el ambiente clínico y los dispositivos utilizados para la consecución del examen.

Metodología

El desarrollo de este proyecto se realizó en etapas respondiendo a distintos objetivos, dependiendo del nivel de dominio del tema. Esta división no trabaja de forma lineal sino que de forma iterativa.

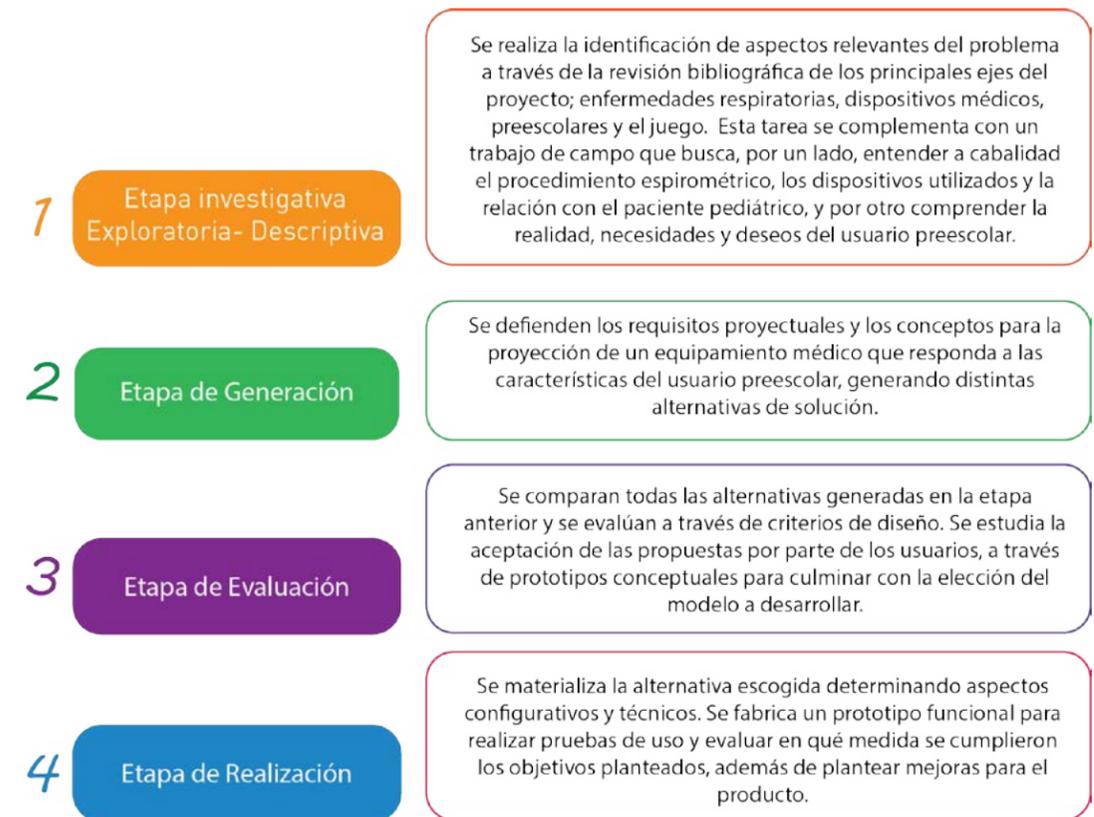


Figura 1: Metodología proyectiva. Fuente: Löbach, 2011.

Alcances

El proyecto busca brindar un sistema amigable de diagnóstico a los funcionarios de salud relacionados al área respiratoria para poder realizar espirometría a niños preescolares de 4 a 5 años, que permite mejorar la aceptabilidad de este examen para dicho rango de edad.

Limitaciones

Este proyecto solo se centra en diseño del dispositivo médico, siendo una limitante la intervención del entorno clínico, ya que la complejidad del dispositivo es lo suficientemente amplia como para agregar otra variable en el tiempo disponible para realizar este título.

Bajo esta misma condición, el proyecto garantiza la evaluación de un soplido óptimo, en sus variables de continuidad y tiempo, no así en la exactitud de la toma de datos necesarios para que el doctor establezca un diagnóstico ya que la complejidad técnica de esta arista sobrepasa el campo de acción del diseño. Sin embargo, esta condición no es restrictiva para demostrar el trabajo tras el desarrollo del dispositivo. De todos modos se espera que posterior a la entrega de este proyecto, la variable pueda ser integrada con el apoyo de un profesional de área.

Otra limitante es que el sistema de producción propuesto para este proyecto es de menor escala en comparación con los procesos industriales existentes, ya que estos, al producir en gran cantidad y menor tiempo, requieren de un presupuesto que está fuera del alcance de este proyecto; optando entonces por un proceso de producción, más lento pero mucho más barato que de todas maneras me permite abordar la demanda proyectada (ver anexos).



Dispositivos médicos

Según el Código Sanitario que rige en nuestro país, un dispositivo médico se define como:

"Cualquier instrumento, aparato, aplicación, material o artículo, incluyendo software, usados solos o en combinación y definidos por el fabricante para ser usados directamente en seres humanos, siempre que su acción principal prevista en el cuerpo humano no se alcance por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos, aunque puedan concurrir tales medios a su función; con el propósito de diagnóstico, prevención, seguimiento, tratamiento o alivio de una enfermedad, daño o discapacidad; de investigación o de reemplazo o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico, o de regulación de la concepción." (Ministerio de Salud, 1998, p.1)

El espectro de dispositivos se conforma por diversos productos que, según el nivel de riesgo y complejidad asociado al uso, son clasificados de acuerdo a: la duración de contacto con el organismo, de menos de 1 hora a más de 30 días; su penetración en el cuerpo, invasivo o no invasivo; activo o no activo. Los dispositivos médicos se agrupan en cuatro clases; Clase I corresponden a los aparatos que presentan un grado de riesgo muy bajo, hasta llegar a los Clase IV que incluye a los dispositivos considerados más críticos en materia de riesgo.

Desde el punto de vista del Diseño, se puede desprender que cuerpo y dispositivo se conectan, tal como lo sostiene Gui Bonsiepe (1998) al manifestar que todo diseño tiene como destinatario al cuerpo humano. Esta relación se entiende al recurrir al concepto de interfase, un espacio en el cual recae la interacción entre el cuerpo humano, la herramienta y la tarea a realizar. Entonces, los dispositivos médicos pertenecen a un esquema de relación recíproca donde median con el cuerpo humano, articulando el espacio de acción para el paciente.

Desde esta perspectiva, el dispositivo médico no es un simple objeto, sino la relación de este con el usuario. Al respecto, Bonsiepe (1998) limita esta relación a la eficiencia funcional que establecen las interfaces. El autor señala: "No tiene sentido hablar de la eficiencia en general, sin indicar al mismo tiempo los estándares implícitos, según los cuales un producto es evaluado como eficiente para una acción en determinado dominio." (p.23)

La eficiencia de un dispositivo médico esta dada por su eficacia, seguridad y estándares de calidad en los procedimientos médicos. Estas características se rigen por las normas sanitarias vigentes, transformándose en un aspecto crítico en el diseño y fabricación del producto médico. Según esta afirmación, podríamos decir que el diseño de dispositivos médicos se rige por su función y no necesariamente por la estética, pero los diseñadores y fabricantes son cada vez más conscientes de que el aspecto del equipo puede tener efectos psicológicos y por lo tanto pueden influir en el valor terapéutico de un producto, y posiblemente incrementarlo (Fiell & Fiell, 2001). Si bien esta afirmación se enmarca en los criterios tradicionales del diseño (forma, función, estructura y necesidades), no son los artefacto en sí los que cuentan, sino las acciones eficientes que ellos permiten a una comunidad de usuarios.

Bonsiepe, además, establece que el diseño, como productor de interfaces, debe centrar sus preocupaciones sobre el usuario. El equipamiento médico presenta una red de usuarios de distinto protagonismo: doctores, enfermeras, auxiliares, técnicos, pacientes, pero es solo desde la década del 50' que la perspectiva del paciente es integrada al objeto al menos en términos ergonómicos. Todo producto anterior fue concebido desde y para el doctor, quién poseía el conocimiento sobre el cuerpo y la enfermedad, donde el paciente fue relegado a ser un receptor inerte y donde el diseño de productos estaba orientado a los artefactos tecnológicos.

Dispositivo de diagnóstico y tratamiento respiratorio

La importancia del sistema respiratorio radica en llevar el aire oxigenado a los pulmones, donde se difunde a los tejidos al mismo tiempo que retira el anhídrido carbónico de la sangre. Esta es una actividad esencial de la supervivencia humana. Las alteraciones en cualquiera de los componentes del aparato respiratorio, merman en el funcionamiento tanto físico como psíquico de nuestro cuerpo.

Dentro de las enfermedades respiratorias más preocupantes están las enfermedades respiratorias crónicas (ERC). Las causas más comunes de las ERC son tabaquismo activo y pasivo, contaminación ambiental, exposición a alérgenos, exposición a sustancias nocivas (polvo y productos químicos), infecciones de las vías respiratorias, y en menor grado predisposición genética. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cientos de millones de personas en el mundo sufren ERC, en Chile las enfermedades respiratorias son la 4ª causa de muerte, solo el año 2012 mataron a 10.118 personas lo que corresponde al 10% de las defunciones de ese año (INE, 2014). Algunas de las ERC más frecuentes son: el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), las alergias respiratorias, las enfermedades pulmonares de origen laboral y la hipertensión pulmonar. Las primeras dos son las de mayor presencia.

El asma es una enfermedad crónica caracterizada por la contracción de las vías respiratorias. Si no se identifican y evitan los desencadenantes pueden producirse ataques de asma, disnea (falta de aire), o incluso la muerte. El asma no se cura, pero con un diagnóstico, tratamiento adecuados y la educación del paciente se puede lograr un buen control de la enfermedad. Esta patología afecta a unos 235 millones de personas en el mundo y es la enfermedad crónica de mayor incidencia en niños en todo el mundo. En nuestro país el asma, se encuentra en un 5% y un 10% de la población, según datos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (s.f.) La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica no es una sola enfermedad, sino un concepto general que designa diversas dolencias pulmonares crónicas (por ejemplo, bronquitis crónica y enfisema) que limitan el flujo de aire en los pulmones, la EPOC al igual que el asma se puede controlar, también prevenir, pero es incurable.

Tanto el asma, como la EPOC y otras ERC muchas veces no se evalúan correctamente ni reciben el tratamiento adecuado. Con un diagnóstico correcto y a tiempo todas estas enfermedades crónicas pueden prevenirse, controlarse y tratarse, evitando la pérdida de función pulmonar lo que permite una mejor calidad de vida para el paciente, así como también disminuye el gasto familiar y estatal, además de bajar las tasas de morbilidad a nivel global y nacional.

El desafío es, entonces, mejorar la prevención y control de estas enfermedades, para eso realizar diagnósticos correctos y oportunos se vuelve fundamental. Para la evaluación de ERC en la especialidad de Broncopulmonar se realiza una evaluación sencilla e inocua para el paciente, que mide por medio de un dispositivo médico llamado espirómetro, la capacidad que tiene el pulmón de dejar pasar el aire a través de los bronquios y así establecer un diagnóstico fisiopatológico del funcionamiento de los pulmones y bronquios, como también valorar la gravedad de una enfermedad, su evolución y la respuesta al tratamiento con altos porcentajes de certeza. La espirometría es uno de los pilares del manejo de pacientes respiratorios, importante para la prevención, evaluación, tratamiento y control de enfermedades pulmonares leves y crónicas, "es el examen de función pulmonar más utilizado y de fácil acceso a cualquier medico" (Pérez-Padilla, y otros, 2007, p.5)

El espirómetro evalúa la mecánica respiratoria, midiendo volúmenes y flujos pulmonares de aire, cuyos resultados son interpretados en relación a valores de referencia, según lo cual se

considera a cada sujeto como normal o anormal. La evaluación se realiza a través del registro de una inspiración máxima que culmina con una espiración forzada, es decir, el paciente a través de una boquilla tiene que tomar mucho aire de una sola vez, hasta llenar sus pulmones y luego botarlo sostenidamente en un cantidad de segundos, 6 segundos en personas de más de 6 años y 2 a 3 segundos en niños menores. El paciente tiene que realizar una serie de 3 a 8 maniobras, de las cuales 3 deben ser ejercicios aceptables (inspiración y espiración continua sin interferencias) en niños la serie va desde los 3 a 5 ejercicios y basta con una prueba admisible. La primera mitad del examen, depende de la voluntad y esfuerzo del paciente al tomar aire. La segunda mitad está supeditada a un “flujo independiente de esfuerzo”, impulsos involuntarios que dependen de la vía aérea, este esfuerzo es el de mayor importancia para los médicos, porque muestra si el sistema pulmonar presenta obstrucción.

La espirometría requiere comprensión y colaboración por parte de toda la gama de pacientes, pero en este procedimiento especializado, los niños preescolares (de 3 a 5 años de edad) representan un desafío en la medición y tratamiento de la función pulmonar, ya que tienen menor capacidad, en comparación a niños mayores, para comprender y coordinar varias instrucciones al mismo tiempo, se distraen con facilidad por lo que durante la maniobra de espiración presenta dificultad para espirar rápido, fuerte y sostener este esfuerzo por un período determinado de tiempo como lo requiere el test (Linares, y otros, 2006). Por lo anterior, en la práctica se evita tomar espirometría a pre-escolares. Sin embargo, la Dra. Genoveva Parra especialista Broncopulmonar del Hospital de Niños Roberto del Río, sostiene que se debería aplicar espirometría a todos los niños con tos de más de tres semanas de evolución, a los que hayan presentado un cuadro de bronquitis obstructiva y tengan antecedentes genéticos (2015). Esto es especialmente sensible si se considera que los niños en edad preescolar son los más afectados por las enfermedades respiratorias y todas las consecuencias que se tienen si no se realizan diagnósticos y tratamientos tempranos.

Si analizamos la espirometría desde el diseño y más específicamente del esquema ontológico[1] que propone Bonsiepe, podríamos decir que hay una deficiencia en la interfaz donde la relación pre-escolar-espirómetro no alcanza su eficiencia funcional: una inspiración máxima y una espiración forzada continua.

Al momento de realizar la evaluación, el paciente entra en contacto directo con el espirómetro a través de una boquilla que debe introducir en su boca, que canalizara el aire inspirado y espirado, el que será captado y procesado por diversos mecanismos (varía según el modelo del dispositivo) y que paralelamente entregará datos en pantalla al doctor, enfermero o técnico que esté tomando el diagnóstico. Mientras el paciente realiza la tarea es el evaluador quien le da indicaciones según la información que él recibe, es decir, el espacio de acción para el paciente se articula desde el especialista y no desde el objeto en sí, donde solo existe conexión física, es decir el enfoque está en la tarea y no en el usuario. El rol del diseñador se relaciona fundamentalmente con apoyar todas las etapas de la interacción de la persona con la actividad, dirigiendo y posibilitando que el usuario realice una tarea eficiente y que los factores negativos se puedan controlar mediante el diseño.

El espirómetro se centra en necesidades técnicas y no en las necesidades del usuario, la forma es el resultado de la función donde el diseño se ocupada de esconder su complejidad técnica con una envoltura dejando al usuario desconcertado (Bonsiepe, 1998), coartando una interacción eficiente. En los últimos años ha habido mejoras en el aspecto y forma del espirómetro, pero esta no progresa más allá de un embellecimiento.

Para un niño el espirómetro es un dispositivo desconocido, intimidante y poco familiar, ya que en su entorno cotidiano y objetual, donde se siente cómodo y seguro, no hay nada que se le parezca, no sabe como se ocupa, no lo puede tomar ni manipular, no tiene colores. El espirómetro esta

alejado de la realidad infantil por ello el rechazo y el temor. Sumado a esto el espacio médico ofrece un ambiente frío, de colores neutros, poco amigable lo que genera que muchas veces el niño se sienta en un espacio hostil.

Es necesaria la proyección de una interacción con la herramienta que sea cercana para los niños y les permita desarrollar la acción. El espirómetro debe adaptarse a la población infantil, e integrar en su diseño las necesidades físicas y cognitivas de los preescolares de forma que motive al niño a realizar el examen a través de un aparato amigable que no provoque rechazo ni temor. Es así como el producto generara una determinada interacción que trasciende en su propuesta la esfera material del mismo, lo que implica que el diseño final es muy relevante y significativo para el usuario. Un dispositivo acorde al imaginario infantil puede garantizar una interacción eficiente, que finalmente se traduce en un diagnóstico oportuno, que no está limitado por la edad.

Preescolares

Interesa, especialmente, comprender cómo los niños entienden y asimilan nuevas situaciones que se presentan en su cotidianidad, y cómo se relacionan con nuevos objetos, como sería el caso de un espirómetro. Esto tiene directa relación con la inteligencia de los niños que, según Piaget (como se cita en Arancibia, Herrera, & Strasser, 2007), consiste en la capacidad de mantener una constante adaptación entre los esquemas del sujeto y el mundo en que se desenvuelve. Esta adaptación requiere de dos factores:

- Asimilación: los niños asimilan lo que están aprendiendo, lo que están observando o lo que están viviendo.
- Acomodación : el conocimiento que los niños adquieren, lo miran a la luz de los conocimientos previos que tienen en sus estructuras cognitivas. Ello le permite de alguna manera recrear y entender lo que están recibiendo como conocimiento nuevo.

Este proceso permite 3 opciones:

- Mantener la estructura cognitiva creada porque el conocimiento que está recibiendo ya lo tiene.
- Modificar (ampliar) la estructura cognitiva que tiene porque el nuevo conocimiento amplía lo que ya sabía.
- Modificar la estructura cognitiva (modificarlo totalmente) porque descubre que lo que sabía no es necesariamente lo correcto o lo que quiere o necesita saber.

Si la experiencia física o social es nueva para el niño, este entra en conflicto con los conocimientos previos, las estructuras cognitivas se reacomodan para incorporar la nueva experiencia y es lo que se considera como aprendizaje.

Para el caso en que el niño que se enfrenta a una nueva experiencia como lo es el examen de espirometría, donde se encuentra con un objeto, instrucciones y todo un entorno desconocidos, tiene que reacomodar sus estructuras cognitivas con el fin de aprender y poder realizar de forma satisfactoria dicho examen. Mientras más estructuras tenga que acomodar, más difícil le será al niño asimilar los nuevos elementos, aumentando la brecha para alcanzar el aprendizaje. Por esto, mientras más cercano sea el objeto -el espirómetro- y el entorno a las estructuras cognitivas, más fácil será para el niño encontrar las asimilaciones que le permitan acomodar las nuevas estructuras y alcanzar el aprendizaje necesario para realizar de forma satisfactoria el examen espirométrico.

Desarrollo de la etapa preoperacional Abarcando desde los 3 a 6 años

Ya hemos señalado que los niños más afectados por las enfermedades respiratorias son los preescolares, siendo necesario un examen espirométrico para este grupo. Para esto, es necesario comprender el desarrollo preoperacional del infante de manera de crear un dispositivo acorde a estas capacidades. La siguiente tabla presenta e identifica el desarrollo evolutivo del niño preoperacional, que será considerado para el desarrollo de este proyecto:

Desarrollo Físico	Desarrollo Cognitivo	Desarrollo Psicosocial
Tienen un mejor control muscular	Desarrollan la capacidad de manejar el mundo de manera simbólica.	Desarrollo del Lenguaje permite un intercambio y una comunicación continua entre los individuos.
Pueden construir torres de hasta 9 bloques	Utilizan el juego simbólico (simulan hechos)	Su capacidad de cooperación aumenta
Poseen la capacidad de dibujar un círculo	Se entretiene con juegos imaginativos	Se desenvuelve con otros niños y participa con ellos en algunos juegos simbólicos
Comienzan a utilizar tijeras Se visten así mismos	Son ingeniosos y habladores pero su pensamiento aún es primitivo	El niño aprende copiando lo que los demás hacen y no lo que los demás dice que deben hacer
Poseen la capacidad de abotonar y desabotonar la ropa	El pensamiento es egocéntrico (asimila todas sus experiencias de mundo al modelo de su mundo interior)	Identifica que tipo de conducta es aceptable y cual no lo es
Capacidad de dibujar un cuadrado	Percibe las cosas como si tuvieran vida propia	
Untar con un cuchillo		

La mejor forma para entender el desarrollo cognitivo del niño es a través del juego ya que parte de su lenguaje es no verbal y se les facilita comunicarse con otros niños de esta forma. Se evidencia también su forma de pensar y su desarrollo moral

Figura 2: Desarrollo evolutivo del niño preoperacional. Fuente: Adaptado de Piaget, 1991.

Finalmente, es importante para la realización de este proyecto reconocer qué sentidos del niño son los más importantes a la hora de adquirir nuevas habilidades que le permitan llevar a cabo nuevas acciones, como es el caso de un examen de espirometría. Para este caso, consideramos el estudio del experto en técnicas de aprendizaje de alto impacto, Gary Phillips, que en "Ideas for High Impact Educational Techniques" postula que retenemos sólo un 10% de lo que oímos versus un 15% de lo que vemos, y un 80% de lo que experimentamos activamente.

10 % De lo que oímos
15 % De lo que vemos
20% De lo que vemos y oímos
80% De lo que experimentamos

Figura 3: Eficacia del aprendizaje a través de los sentidos. Fuente: Adaptado de Phillips, 1991.

Dado lo anterior, este proyecto pone especial énfasis en el aspecto visual del dispositivo y en la experiencia que el niño puede experimentar a través de la interacción lúdica que ofrece el dispositivo para la realización del examen, en un contexto más cercano al juego que permita al niño abstraerse del ambiente clínico, integrando el aprendizaje en la acción.

El juego

En la edad preescolar la actividad fundamental e inherente del niño es el juego. Esta actividad ayuda a su cerebro a desarrollar y comprender los pensamientos y los procesos más complejos a medida que crecen. Promueve el desarrollo saludable del cerebro y ayuda a los niños a construir la confianza, a empezar a resolver problemas y a trabajar con los demás. Una de las estrategias más importantes a la hora de potenciar el aprendizaje en los niños y niñas, es el juego infantil. Para el preescolar constituye una actividad realizada con suma seriedad. Es su medio de expresión y su modo de interactuar con el mundo que le rodea. El juego es la herramienta natural para aprender las habilidades básicas para la subsistencia.

De acuerdo a Caillios (1967), el juego posee dos aspectos fundamentales, contrapuestos y complementarios, los cuales dan sentido a la actividad lúdica. El primer aspecto habla del estado de euforia experimentado por quien juega. Este es el carácter recreativo del juego, que entrega placer y magia a la experiencia lúdica. El segundo aspecto constituye el carácter racional del juego como búsqueda de autosuperación. De esta manera el jugador se pone a prueba, en función de mejorar sus capacidades físicas y mentales.

Esto se relaciona con la necesidad de que el dispositivo médico sea capaz de conjugar los conceptos de diversión y aprendizaje. Es decir, que debe existir un estímulo inicial, que cautive el interés del párvulo, y que el material posea una simpleza que oculte su real complejidad. Esta complejidad se irá descubriendo a medida que se desarrolla el juego. De este modo el examen se asocia con una actividad lúdica siendo más fácil de asimilar.

Tipos de juego

Podemos encontrar muchos tipos de juego, los que se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios de ahí que no se pueda encontrar una única clasificación. Una de ellas es la del psicólogo Jean Piaget (1961) el cual realiza una descripción completa de los principales tipos de juego que van apareciendo en la infancia. Para ello, estableció 3 etapas evolutivas en las que predomina una forma determinada de actividad:

Etapas Sensorio-motora (0 a 2 años), predomina el juego funcional o de ejercicio que se caracteriza por repetir una y otra vez una acción por puro placer de obtener el resultado inmediato.

Etapas Preoperacional (2 a 6 años), predomina el juego simbólico que consiste en simular situaciones con objetos y personajes de su realidad cotidiana o de su mundo ficticio. Este tipo es considerado como el más típico y representativo de la infancia y también el que cumple con mayores posibilidades de socialización

Etapas Operacional (6 a 12 años), predomina el juego de reglas que se basa en que el jugador antes de iniciar la actividad sabe lo que tiene que hacer para alcanzar una meta.

Además, simultáneamente a los demás tipos de juego, va apareciendo el juego de construcción, el que va evolucionando a lo largo de los años y se mantiene al servicio del juego predominante de cada etapa. Este juego trata de un conjunto de piezas, de formas iguales o diferentes, con las que pueden hacerse múltiples combinaciones, creando distintas estructuras según como se manipulen. Hay que precisar que los diferentes tipos de juego no desaparecen cuando aparece uno nuevo, sino que el juego avanza y pasa a estar al servicio del nuevo



Figura 3: Clasificación de los juegos. Fuente: Adaptado de Piaget, 1961.

En base a la clasificación de Piaget se pueden realizar subclasificaciones, a partir de diversas variables como dónde se juega, con que se juega, participantes, el papel del adulto, las capacidades que desarrolla, si son juegos tradicionales o de nuevas tecnologías.

Al entender que el juego es la forma de asimilación más adecuada para el preescolar, debemos situar al espirómetro en este contexto lúdico y reconocer las variables de esta actividad infantil que pueden influir en él.

Proyectos precedentes



GE ADVENTURES SERIES

Este proyecto responde a la pregunta sobre cómo se podría crear una experiencia de examen de escáner que encante a los niños. Esto se logró a través del Design Thinking, a menudo descrito como un enfoque empático, lo que se tradujo finalmente en una transformación visual del equipo que estaba disponible antes, generando un ambiente en el que los pacientes viven una experiencia de fantasía, condicionada por el diseño del lugar y sustentada por una historia.

Entonces considera como proyecto precedente porque aborda la problemática del rechazo de los niños al enfrentarse al procedimiento médico, a través de la entrega del diseño de una experiencia lúdica análoga a su fantasía, cuestión que es eje importante de mi proyecto de título.



MONSTAS:

Es un juego interactivo para niños que sufren de artritis. Monstas, el personaje del juego, ayuda a los niños a curarse al enseñarles cómo ejercer correctamente los ejercicios del tratamiento utilizando una aplicación en el iPad con herramientas que son amigables y suaves. El dispositivo consta de tres herramientas. Cada herramienta se aprieta en la parte superior del iPad para crear diferentes movimientos de juego, el iPad es capaz de reconocer la herramienta a través de la conducción sencilla e indica cuando se logró el ejercicio de forma correcta.

Se distingue de este proyecto que a través de la creación de un personaje se transforma un dispositivo clínico en un juego de ejercicio, sin perder la funcionalidad médica.

Este set ganó el premio "core 77 design award", nominado por equipamiento comercial, además de un "IDEA" 2015.



MINI-SAURUS "C"

Aquí se transforman los objetos cambiando su estética, logrando un cambio en el significado que el paciente le otorga al producto, sin que se altere su funcionalidad ni estructura inicial. Estos cambios se producen agregando solamente algunos elementos específicos al objeto.

Se rescata cómo el uso de pequeños elementos pueden transformar la percepción hacia el objeto, mejorando la relación del usuario con este.

Figura 4: Yellow Submarine, Scanner MRI. Fuente: Childrensnational.org

Figura 5: Monsta, juego interactivo para niños con artritis. Fuente: Insider.pro

Figura 6: Mini Saurus, máscara pediátrica. Fuente: Justnebulizers.com

NOOSIBO

Aspirador nasal adaptado para niños que previene los tratamientos con medicamentos. Noosibo es un instrumento médico para eliminar las secreciones nasales estancadas en la nariz. Es interesante observar cómo la apariencia del producto tiene como consecuencia una mejor aceptación por parte del niño, facilitando a los padres el tratamiento de su hijo.

Se destaca la nominación de Noosibo al premio "german design award 2016" y la obtención del premio "reddot award 2014".



GREIF - PRINTED PROSTHESIS

Se trata de prótesis fabricadas en impresoras 3D para niños con pérdida de la extremidad superior o síndrome de banda amniótica, a precios muchos más asequibles que las prótesis tradicionales que son muy caras y con frecuencia incluyen la estética y la funcionalidad deficientes.

Estas prótesis están diseñadas para que los niños afectados sean capaces de hacer frente a la mayoría de las tareas cotidianas, así como también apoyar a los niños en situaciones específicas, como los deportes.

Para efecto de este proyecto de título, es destacable el uso de impresoras 3d para una fabricación de mucho menor costo del producto, incluso siendo posible la personalización del mismo, cuestión relevante en la edad preescolar donde comienza la construcción de su personalidad.

Esta prótesis ganó el premio "core 77 design award", nominado por impacto social.

SUPERFORMULA PARA PELEAR CONTRA EL CÁNCER

El Centro de Cáncer ACCamargo en Sao Paulo está diseñando algunos de sus objetos médicos con temáticas de superhéroes en un intento de ayudar a los pacientes jóvenes comprender y enfrentar de mejor manera la quimioterapia. Además, los niños también reciben historietas de su héroe favorito, completando la experiencia.

Se destaca de este proyecto que crea un relato a través del diseño de un producto que integra el imaginario de un super héroe, empoderando al niño en su tratamiento.



Figura 7: Noosibo, aspirador nasal. Fuente: Noosibo.com

Figura 8: Greif, prótesis impresión 3D. Fuente: Designawards.core77.com

Figura 9: Superfórmula, complemento bolsa quimioterapia. Fuente: Jwt.com



Antecedentes proyectuales

Espirómetro

Descripción

El Espirómetro mide la trayectoria de flujo de aire entre un paciente y una fuente de ventilación, en este caso una boquilla. El dispositivo está configurado para que mida detalles reales de la función pulmonar del paciente durante la ejecución de una espiración. Estos detalles son captados a través de sensores que captan la señal mecánica dada por el soplido, los datos recogidos por el sensor son enviados como señal eléctrica al procesador del aparato. Este procesador, analiza los datos y los comunica con la interfaz del doctor; una pantalla, la que muestra curvas respiratorias que permiten el diagnóstico del paciente.

Anatomía del espirometro

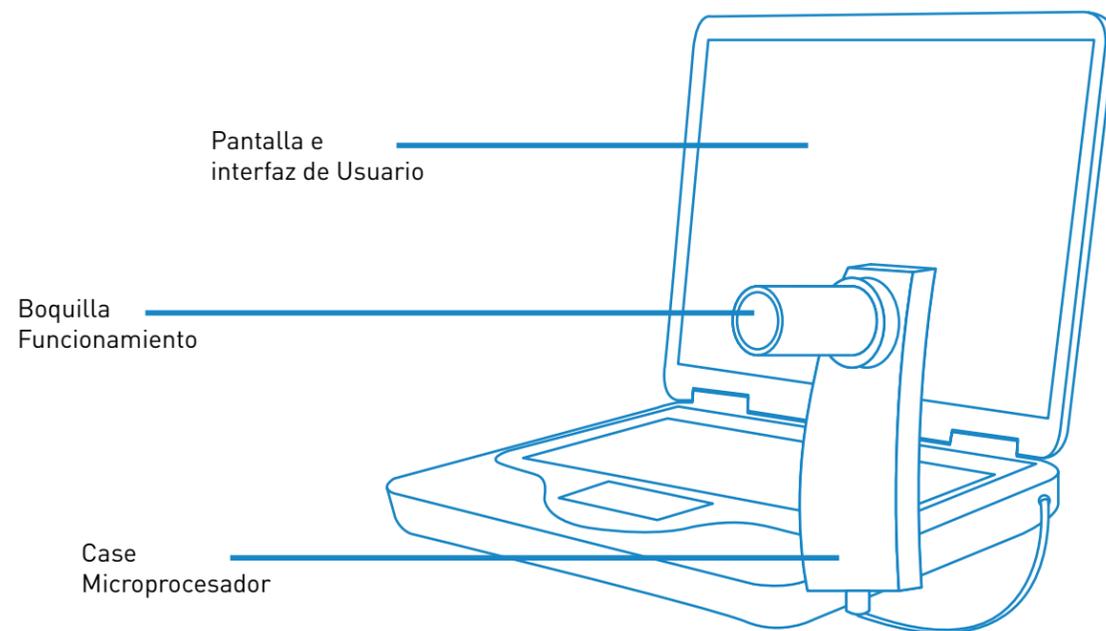


Figura 10: Principales componentes del espirómetro. Fuente: Elaboración propia.

Tipologías

Para comprender el espirómetro, en específico el desarrollo y variaciones, es necesario analizar y visualizar las distintas tipologías existentes. Los criterios que definen los distintos tipos de espirómetro son:

Interfaz de usuario: la interfaz de usuario está determinada por la utilización de pantallas que entregan la información de diagnóstico. Se podría decir que una pantalla es una componente común, pero en este caso varía según el tipo de espirómetro. El espirómetro de incentivo es el único caso que no utiliza pantalla, este comunica el desempeño de la acción utilizando tres esferas. Los dispositivos portátiles utilizan, en su mayoría una pantalla alfanumérica, por lo que los datos que puede mostrar son bien limitados, se puede ver la imagen de un gráfico flujo-volumén. Tanto los espirómetros de sobremesa como los de pc utilizan una pantalla de ordenador, ya que el procesador del dispositivo es más potente, procesa y muestra una gran cantidad de datos, la ventaja de esta interfaz es que puede integrar, un juego de incentivo pediátrico, que se muestra junto con el gráfico de curva espiratoria.

Boquilla: la boquilla es el dispositivo de entrada de aire y tiene contacto directo con el paciente. Esta canaliza el flujo de aire para que sea captado por los sensores. La variación observada en las boquillas responde a criterios etarios, ergonómicos y biológicos. Respecto al criterio etario, se aplica una modificación en las dimensiones de la boquilla, la de adultos posee un diámetro estándar de 30mm y las pediátricas 20 mm. Los de criterios ergonómicos se evidencian con una variación formal, en la entrada del canal, más cercana a la apertura natural de la boca. Finalmente las boquillas con factores biológicos posee un filtro que retiene los microorganismos dispersados en el soplido

Case del procesador: Se denomina case al conjunto de carcasas que protegen un sistema interior, en este caso el procesador del espirómetro. Este case es también la zona de agarre del aparato, al existir diversas configuraciones la forma de tomar el dispositivo también varía, lo que posibilita el agarre con una o las dos manos, una menor o mayor superficie de agarre, por ejemplo los espirómetros de forma cilíndrica ofrecen mayor superficie para asir el dispositivo.

Funcionamiento (toma de datos): el funcionamiento está dado por el mecanismo para captar las señales mecánicas del soplido y transformarlas en señales eléctricas que puedan ser procesadas. Existen dos tipologías de espirómetro según su funcionamiento: el neumotacómetro y el de turbina.

El neumotacómetro incorpora en la boquilla una resistencia que hace que la presión antes y después de la misma sea diferente. Esta diferencia de presiones es analizada por un microprocesador, que a partir de ella genera una curva de flujo-volumen y/o de volumen-tiempo. El de turbina incorpora en la boquilla del aparato una pequeña hélice, cuyo movimiento es detectado por un sensor de infrarrojos. Esta información es analizada por un microprocesador, que da como resultado tanto una gráfica de flujo-volumen como de volumen -tiempo. Al igual que en el caso anterior, el propio aparato nos da los resultados y los valores teóricos de cada paciente.

Criterios descartados

Periféricos: al decir periféricos nos referimos al aparato electrónico conocido como computador, el cual se conecta vía USB con el espirómetro. Su relación con el dispositivo médico se define por la utilización de su procesador, en este sentido el computador corresponde a un objeto fuera del campo de estudio.

Matriz Tipológica de casos

En esta matriz se contemplan los cuatro tipos de espirómetros identificados, lo que resulta de especial importancia cuando la solución del problema tiene como objetivo mejorar un producto ya existente y distinguirse de la competencia. Esta comparación facilita la obtención de puntos de partida para la mejora del espirómetro.

Los espirómetros escogidos se encuentran actualmente en el mercado y son los modelos utilizados en los centros de salud.

ESPIROMETRO	RESPIRON	SPIROTEL	KOKO LEGENT	MINISPIR
				
TIPO	Incentivo	Portatil	Sobremesa	Para PC
INFORMACIÓN DE MERCADO				
Fabricante	NCS	MIR	Spire Health	MIR
País	Brasil	Italia	USA	Italia
Valor US	US\$ 17,8	US\$ 736	US\$ 1800	US\$ 1025
INFORMACIÓN TECNICA				
Dimensiones	135x69x142mm	127x88x38mm	235 x 254 x 70 mm	142x49.7x26 mm
Peso	155 grs	124 grs	1600 grs	65 grs
Componentes	Cuerpo	Cuerpo	Cuerpo	Cuerpo
	Boquilla	Boquilla	Boquilla	Boquilla
	Soporte boquilla	Pantalla	Soporte boquilla	Cable Conexión
	Manguera	Botones	Cable conexión	
	Indicador de flujo		Pantalla touch	
Materialidad principal	Poliestireno cristal	Policarbonato	Policarbonato	Policarbonato
				
Proceso de fabricación	Inyección	Inyección	Inyección	Inyección
Fuente de Energía	Mecánica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Accesorios adicionales	No	No	Si	Si
FUNCIONALIDAD				
Función principal	Medir flujo	Medir flujo-volumen	Medir flujo-volumen	Flujo - volumen
Mecanismo	Desplazamiento por volumen de aire	Turbina	Presión	Turbina
Detección de datos	Retorno Visual	Sensor	Sensor	Sensor
Procesamiento de datos	Calculo manual	Software	Software	Software

ERGONOMIA				
Interfaz paciente				
Asa	No	No	No	No
Forma Boquilla	Ergonómica	Cilindrica	Cilindrica	Cilindrica
Uso Boquilla	Reutilizable	Reutilizable	Desechable - Reutilizable	Desechable - Reutilizable
Indicador de ejecución	Si	No	Si	No
Interfaz funcionario salud				
Indicador de flujo	Esferas	Pantalla integrada	Pantalla integrada	Pantalla externa
Indicador de volumen	No	Pantalla integrada	Pantalla integrada	Pantalla externa
Ambiente	Domiciliario	Domiciliario	Clínico	Clínico
ASPECTOS CONFIGURATIVOS				
Gama de colores cuerpo				
Gama de colores elementos complementarios	 		 	
Acabamiento Superficial	Brillante - Liso	Brillante - Liso	Brillante - Liso	Mate - Liso

Figura 11: Matriz tipológica espirómetros. Fuente: Elaboración propia.

Los datos analizados nos llevan a establecer pisos mínimos y mejoras posibles para el espirómetro.

El mercado carece de un espirómetro que se ubique en un termino medio en relación a su precio. El nivel de avance tecnológico entre un modelo y otro es considerable, lo que se ve reflejado en las prestaciones del producto, y por ello su costo comercial. También podemos apreciar que el modelo Respiron es el más accesible del mercado, pero es el modelo más impreciso, ya que su uso es de entrenamiento y no de diagnóstico.

En términos técnicos hay similitudes dimensionales, de peso, y proceso productivo. Se integra una mejora en el material de los modelos con sistemas electrónicos que al ser de policarbonato presentan una mejor resistencia al uso. Se aprecia también una disminución de partes y piezas externas al evolucionar a un aparato electrónico.

Funcionalmente el espirómetro está dotado de un mecanismo sencillo, son los componentes de detección los que ofrecen resultados altamente fidedignos e inmediatos, requisito indispensable para un buen diagnóstico.

La configuración de los espirómetros no ofrece un producto enfocado a niños, ni siquiera en su concepción cromática. Estos aparatos están centrados solo en la medición del volumen y flujo, orientado al usuario médico y no al usuario paciente cuando es él quien ejecuta el examen al respecto no se aprecia una evolución en los equipamientos electrónicos por lo que es imperativo considerar lo anteriormente expuesto con un foco en paciente preescolar.

Secuencia aplicación Espirometría de Diagnóstico

El examen espirométrico aplicado en niños de más de 6 años, requiere que estos mantengan el flujo constante de soplido durante 6 segundos. Para los preescolares se exige que este flujo sea continuo por entre 2 y 3 segundos.

Figura 12: Secuencia aplicación espirometría de diagnóstico. Fuente: Archivo del autor.



El doctor explica la maniobra al paciente



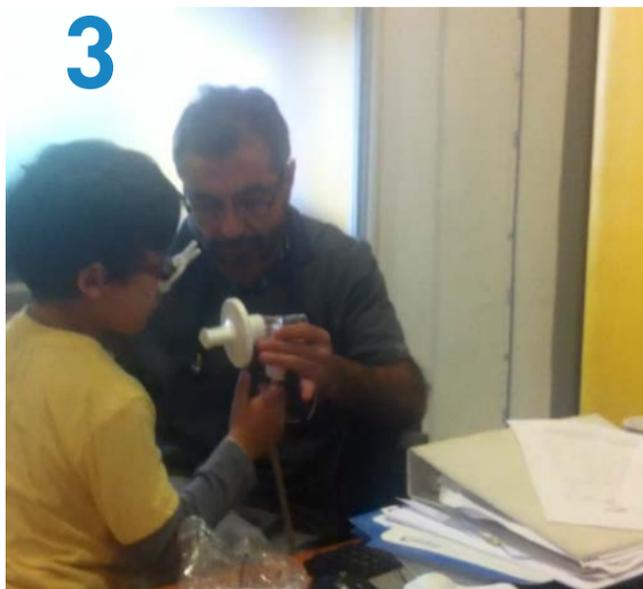
Se pone la pinza nasal



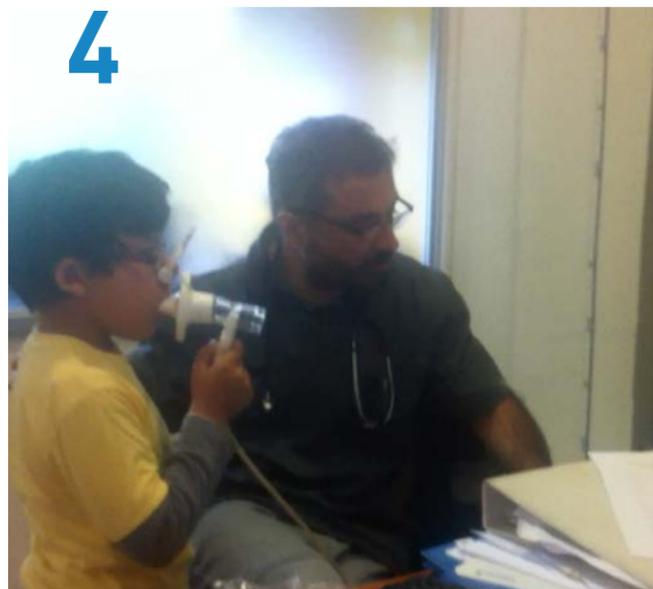
El paciente toma aire / el doctor ve la pantalla



El paciente bota aire/ el doctor ve la pantalla



Se entrega la boquilla al paciente



El paciente introduce la boquilla en su boca



El paciente saca la boquilla de su boca



El paciente se saca la pinza nasal

Secuencia aplicación Espirometría de Incentivo

El espirómetro de incentivo, se utiliza en el tratamiento de enfermedades respiratorias determinada por una disminución de la capacidad pulmonar. El dispositivo ayuda a respirar lenta y profundamente para expandir y llenar los pulmones de aire. Observamos esta maniobra para analizar la relación del usuario con un dispositivo que puede manipular

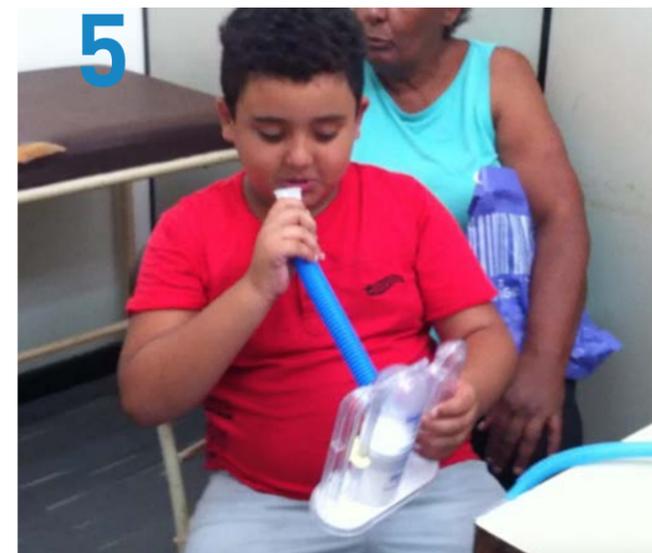
Figura 13: Secuencia aplicación espirometría de incentivo. Fuente: Archivo del autor.



El doctor coloca la manguera



El doctor explica la maniobra



El paciente introduce la boquilla en su boca



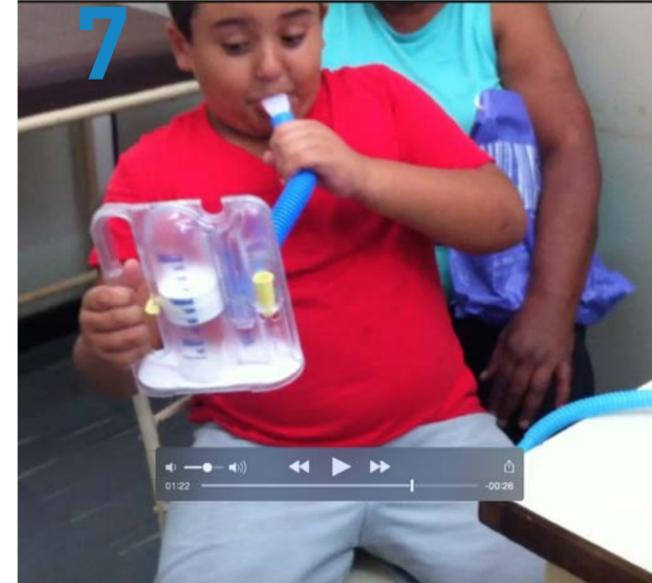
El paciente toma aire



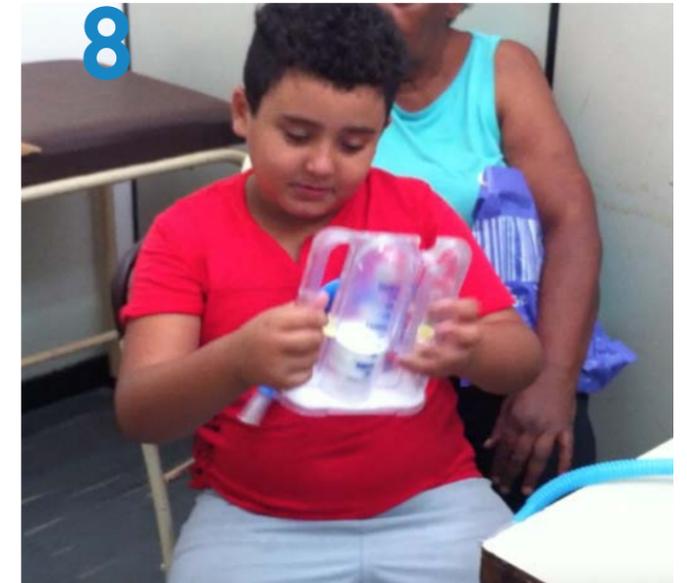
El doctor entrega el espirómetro al paciente



El paciente agarra la manguera



El paciente sopla



El paciente termina la maniobra

Ambiente Clínico

En una visita al Hospital de Niños Roberto del Río se pudo observar el ambiente en el que se realiza la espirometría, constatando lo poco amigables que resultan. Algunos laboratorios al realizar espirometría a niños tiene disponible un incentivador pediátrico que se basa en un juego de computador pero tanto el personal como estudios médicos han indicado que no mejoran de forma relevante las tasas de exámenes admisibles (Burgos & Lara, 2004)



Figura 14: Sala espera, Hospital de niños Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.

Figura 15: Pasillo, Hospital Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.

Figura 16: Laboratorio de función pulmonar, Hospital Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.



Figura 17: Equipos médicos laboratorio de función pulmonar, Hospital Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.

Figura 18: Box atención, Hospital Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.

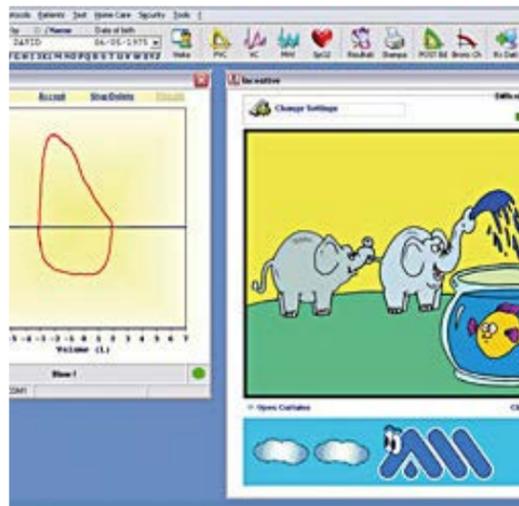


Figura 19: Incentivador pediátrico digital, Hospital Roberto del Río. Fuente: Archivo del autor.

Dificultades del preescolar

Las espirometrías observadas fueron realizadas por niños que ya habían ejecutado el examen anteriormente, es por ello que se hicieron una serie de entrevistas individuales a especialistas relacionados con el tema, además de un diálogo abierto con niños de pre kinder. Lo anterior, para entender de mejor manera las causas del problema.

Entre los principales obstáculos se encuentran emociones como el temor y el rechazo al dispositivo, sumado a la poca comprensión y colaboración que ofrecen los preescolares. Un hallazgo interesante es la constatación, tanto por especialistas como de niños, de que el espirómetro es inadecuado a la realidad infantil.



Dr. Mauricio Ruiz, especialista broncopulmonar y Director del Departamento de Medicina del Hospital Clínico Universidad de Chile.

“Los niños llegan tensionados, algunos asustados, al borde del llanto, pensando que van a sufrir un trauma, una agresión, en un examen que es totalmente inofensivo”



Dra. Genoveva Parra, Pediatra broncopulmonar, Unidad de Enfermedades Respiratorias y Radiología Hospital Roberto del Río.

“El niño tiene que sentirse bien para hacer el examen tienen que soplar con ganas, muchas veces se siente intimidados o les da miedo”



Psicólogo Clínico Infanto Juvenil del Centro de la Clínica de Atención Psicológica UCH

“Los niños están habituados a sus espacios de mundo, su casa y el jardín. Donde hay cosas para él, que las ocupa y saben como se ocupan, que puede tomar y manipular, el ambiente clínico es lejano y desconocido para su realidad habitual”



Niños del Prekinder "B" Colegio Lorenzo Sazie, Fundación Belén Educa

Al mostrar la imagen de un espirómetro usado en la consulta broncopulmonar, todos los niños lo reconocieron como un objeto para adultos, que no saben para que se usa y que "no es divertido"

TEMAS COMUNES

Miedo
Tensión
Rechazo
Confusión

Los dispositivos son inadecuados para niños

Poca comprensión y colaboración

TEMAS COMUNES

Es para adultos
No es divertido

Figura 20: Síntesis entrevistas. Fuente: Elaboración propia.

Usuario

El aumento sustancial de las enfermedades respiratorias es preocupante. Según datos de la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, en Chile a nivel pediátrico un 18% de la población preescolar tiene asma y esta cifra aumenta si tomáramos en cuenta otras afecciones. Por ello el grupo objetivo está caracterizado por niños preescolares de 4 y 5 años.

En el capítulo de "fundamentos del proyecto" ya se declararon características relevantes de los preescolares, en este punto y evitando redundar se realiza una caracterización más profunda del usuario.

Características físicas

Antropometría

A partir de estos valores antropométricos de la mano del preescolar, considerando a la población 5% percentil Mujer y el 95% percentil Hombre, es posible establecer las dimensiones del objeto, en relación a la escala del cuerpo que se busca involucrar.

Dimensiones Antropométricas	Mujer		
	P5'	P50'	P95'
A Ancho Palma	5,3	5,8	6,4
B Agarre máximo	3,6	5,7	7
C Largo mano	10,9	12	13,1
D Largo pulgar	4,1	4,6	5,2
E Largo índice	4,1	4,6	5,3
F Largo medio	4,5	5,1	5,7
G Diestro pulgar	12	12,6	15
H Diámetro índice	11,5	13	14
I Diámetro medio	12	13	14
J Agarre cilindro	33	34	41

Dimensiones Antropométricas	Hombres		
	P5'	P50'	P95'
A Ancho Palma	5,5	6,1	6,6
B Agarre máximo	4,5	5,6	7,3
C Largo mano	11,4	12,5	13,6
D Largo pulgar	4,3	4,8	5,2
E Largo índice	4,2	4,7	5,3
F Largo medio	4,7	5,2	5,8
G Diestro pulgar	13	15	16
H Diámetro índice	12	13,5	14
I Diámetro medio	12,5	13,5	15
J Agarre cilindro	33	36	40

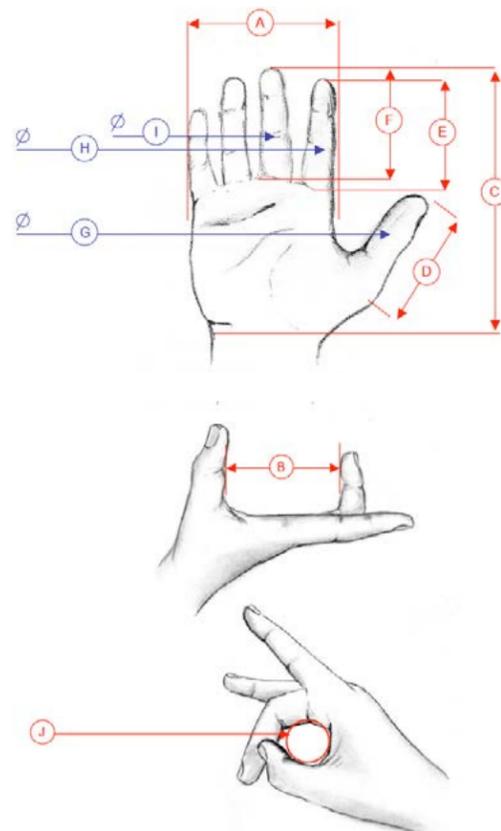


Figura 21: Antropometría mano preescolar. Fuente: Adaptado de "Medidas antropométricas. Manos de 203 niños de 4 a 5 años", Universidad Andres Bello, 2006

Biomecánica

En el tema biomecánico, se considera el esfuerzo de L evantamiento. No existen datos obtenidos a partir de la población chilena, por lo que se deberá analizar información extranjera. Es importante considerar las capacidades de levantamiento de carga por parte de usuarios infantiles:

- La carga debe pesar entre 10% y 15% del peso del párvulo.
- El párvulo debe transportar la carga un máximo de 3m a 5m.

A partir del peso aproximado de los usuarios, se calcula el peso máximo del objeto.

	25%	3%	75%	Peso máx.
Hombre EEUU 3 años	13 kg	11,9	15,5 kg	1,1 kg
Mujer EEUU 3 años	12,8 kg	11,2 kg	15 kg	1,1 kg
Hombre EEUU 5 años	16,2 kg	14,8 kg	20,1 kg	1,4 kg
Mujer EEUU 5 años	16 kg	14 kg	19,9 kg	1,4 kg

Figura 22: Peso máximo de un objeto para niños de 3-5 años. Fuente: "Strength Characteristics of U.S.Children for Product Safety Design" University of Michigan, 1975.

Características psicológicas

Las características psicológicas de nuestro usuario, según el programa Chile Crece Contigo, están fuertemente influenciadas por la experiencia de su entorno más cercano, como es la familia, amigos, jardín y primeros años del colegio. Este entorno es el que, en gran parte, forma el carácter del niño y alimenta sus ganas de aprender.

Es una etapa en que buscan explicaciones lógicas y comienzan su desarrollo emocional, logrando una mayor conexión con la actividad que realicen y concientización del por qué lo hacen. Esto hace que los niños tengan mayor afinidad y ganas de querer explorar situaciones y/o objetos que estén cercanos a su contexto infantil.

Por otra parte, su mundo psicológico gira en gran medida en torno a los juegos y sus relaciones con los amigos de edades semejantes. Son curiosos, están formados por sus criterios y tienen un gran interés por su entorno.

Caracterización del usuario

Martín Sanchez:

Es un niño por sobre todo curioso y receptivo a su entorno. Hace muchas preguntas sobre el qué, para qué y por qué de las cosas. Esta curiosidad le hace tener afinidad por los objetos llamativos desde el punto de vista estético y que impliquen una acción, como es el caso de los juegos del celular y del tablet de sus hermanos mayores, pudiendo él jugar y manejar sin problemas estas aplicaciones. Martín también posee mucha capacidad imaginativa. Le gusta jugar con legos y hacer "ciudades, plazas, autos y calles", manipulando de buena manera estos objetos e imaginando historias en torno a ellos. Estas historias no están exentas de la participación de superhéroes y otros personajes que sigue y reconoce de canales de televisión que, dicho sea de paso, forman parte importante de su entretención (entre 1 y 2 horas diarias), como el "Nick Junior" y "Disney Junior".

A pesar de que él prefiere estar jugando a estudiar, le gusta ir al colegio. Pues es un niño muy sociable y es en ese lugar donde tiene la mayoría de sus compañeros de clases, y de juegos. El colegio es fundamental en el desarrollo de Martín, ya que es ahí donde obtiene la mayor parte del aprendizaje que luego incorpora a su vida cotidiana.

Por otra parte, su relación familiar es muy buena. Si bien, la mayoría de las veces se entretiene solo, disfruta mucho cuando sale con sus hermanos mayores o sus padres a jugar a la plaza a la pelota o al refalín. Le gusta la comida que le da su madre, pero Martín no es la excepción sobre la afinidad que existe entre la comida chatarra y los niños, pidiendo cada vez que puede una "cajita feliz" de Mcdonald's.

En general es un niño relativamente sano, aunque se resfría frecuentemente en invierno. No le gusta ir al dentista, dice que le da miedo.

Entorno cotidiano

Se realizaron diversas observaciones de tipo participante, para poder analizar el entorno cotidiano de juego de los preescolares. Se observaron espacios de niñas como de niños (Ver fig. 24).



Figura 23: Usuario objetivo. Fuente: Archivo del autor.

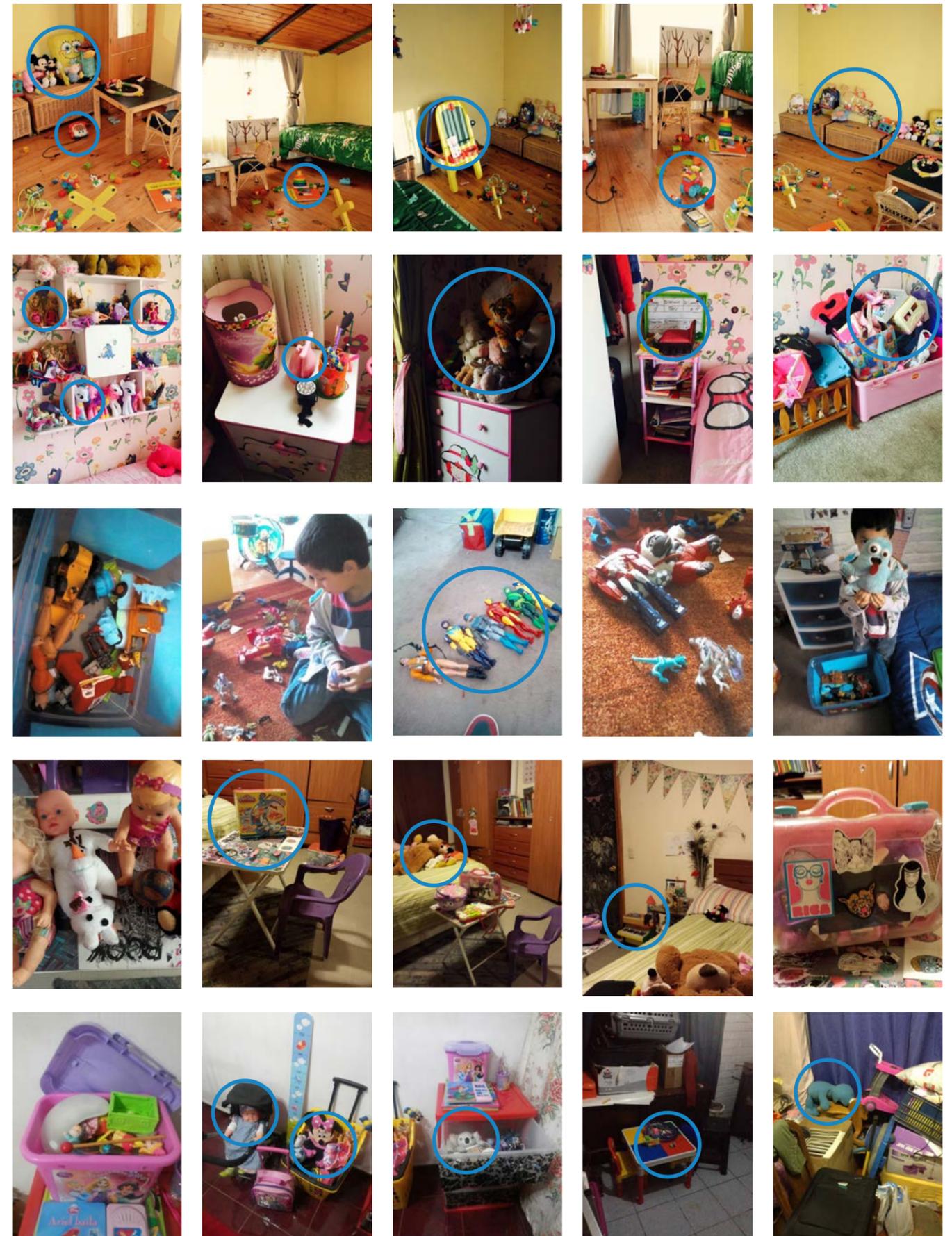


Figura 24: Análisis del entorno cotidiano del usuario. Fuente: Elaboración propia.

Tipos de juguetes encontrados

Al realizar la observación del entorno cotidiano del niño, es decir, su habitación y el sector de juegos de su casa se logra identificar diferentes tipologías de juego. En una primera mirada podemos comprobar el dominio del juego simbólico a esta edad, ya que gran parte de los juguetes apelan a un mundo imaginario, donde los participantes son personajes de ficción. Dentro de esta misma categoría se aprecian dos tipos; los superhéroes y personajes de las series de televisión.

Los superhéroes son un componente en el juego del niño, no así de la niña, ella no juega con superhéroes sino que con muñecas. Los personajes televisivos están presentes en los juegos de ambos géneros y se distinguen en peluches y figuras de acción. Otro objeto presente en ambos casos son las pizarras de dibujo, en su mayoría es de grandes dimensiones donde el preescolar dibuja de pie, pero también existen las más pequeñas de fácil manipulación. Por otro lado, aparecen los autos en los juegos de niño, las niñas también tienen pero en menor cantidad. Este tipo de juguete hace la diferencia de género en la aplicación de color, los de niña son color "rosa" en cambio los niños tienen más variedad, algunos tienen expresión facial, lo que hace percibir a este juguete como un objeto con características humanas.

Juguetes de mayor presencia en las casas de los preescolares

Comunes para niños y niñas: pizarras y figuras que representan personajes de TV

comunes para niños: autos y superhéroes

Comunes para niñas: muñecas

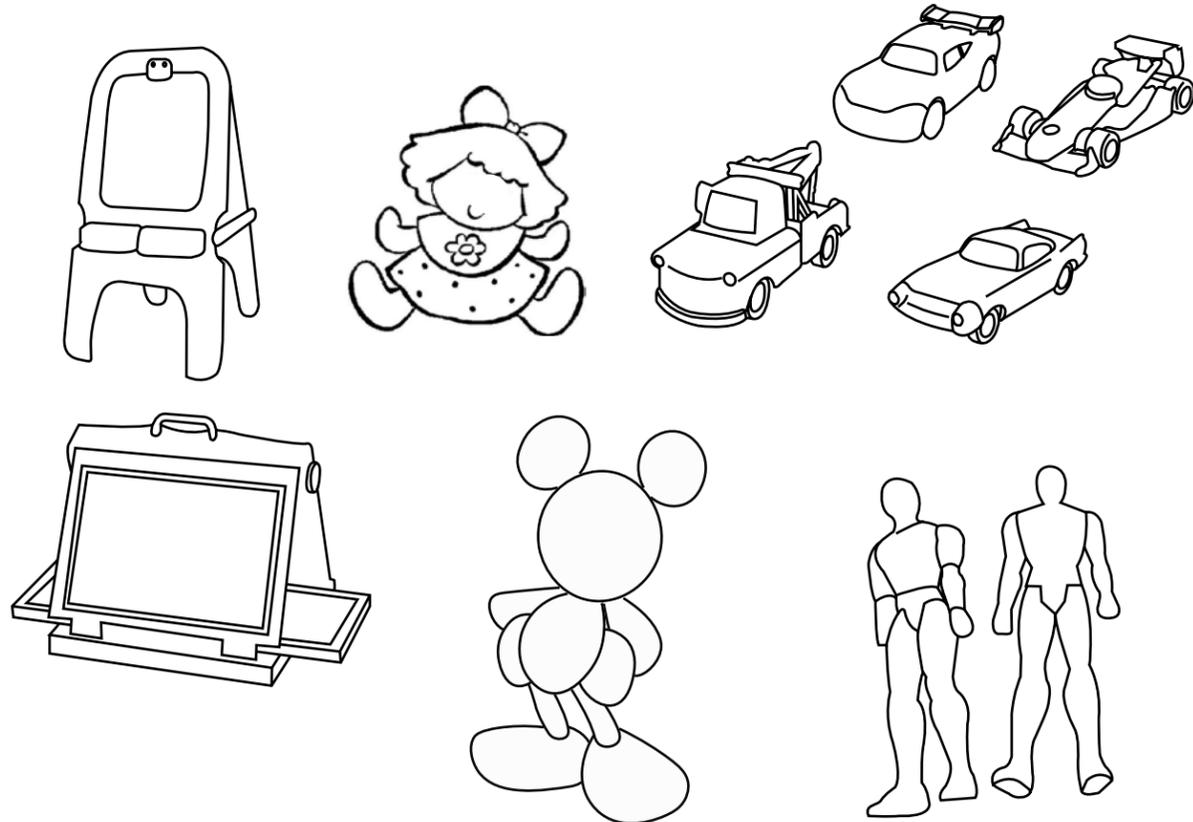


Figura 25: Juguetes de mayor presencia en el entorno preescolar. Fuente:Elaboración propia.

Interacción Física

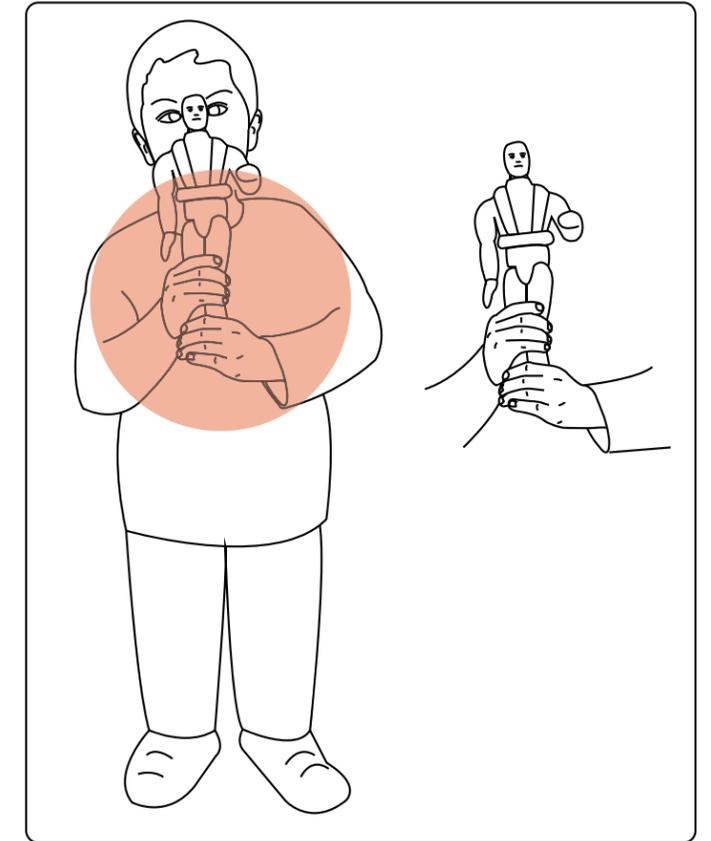
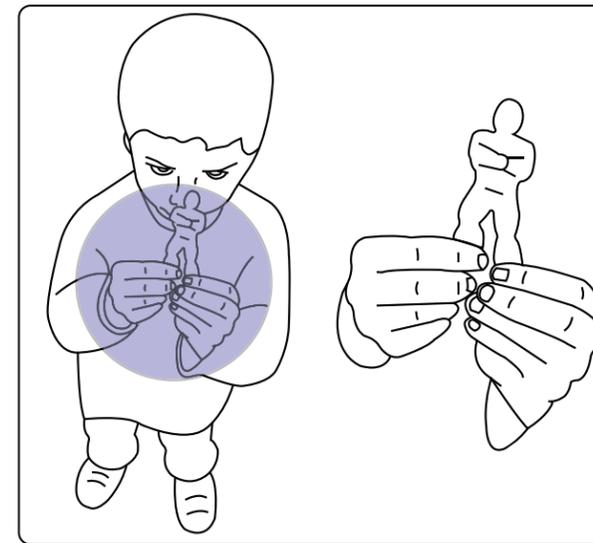


Figura 26: Análisis de la interacción física del preescolar con el juguete. Fuente:Elaboración propia.

Requisitos y restricciones del proyecto

Ya procesados los antecedentes, a modo de cierre, se genera una lista de requisitos y restricciones del proyecto acorde a la información obtenida en este capítulo

- Código formal infantil basado en los juguetes más usados
- Colores adecuados para niños
- Estimulo indicativo de la acción
- Refuerzo positivo
- Para ambos géneros
- Agarre seguro
- Peso apto
- Boquilla para niños
- Interfaz de usuario y doctor independientes
- Resistencia a los golpes
- Facil limpieza
- Portable
- Mantener los sistemas de detección de datos
- Detectar interferencias en el soplido
- Reiniciar el sistema al detectar una interferencia
- Menor precio de mercado



Principios de Diseño

Como postura de diseño se utilizarán 3 principios para proyectar una solución objetual. Estos principios actúan como generadores de directrices de diseño, las cuales facilitan la toma de decisiones ante las variadas maneras de resolver un problema de diseño: un problema particular se resolverá de una manera particular en base a los principios declarados

Esquema Ontológico de diseño

El desarrollo de un producto tiene al menos tres factores constituyentes: el usuario, la tarea a cumplir y una herramienta o artefacto para cumplir esa tarea; una cuarta dimensión conecta los tres factores anteriores: la interfase (Bonsiepe, 1998). A través de la interfase se articula el espacio de acción para el usuario. Desde esta perspectiva el espirómetro no es un simple objeto sino la interacción de este con el usuario, estableciendo un esquema de relación recíproca. Para la proyección de la solución de diseño se hace necesario estudiar y comprender estas dimensiones para así articular un nuevo espacio de acción.

Un usuario o gente social
Una tarea para cumplir
Una herramienta o artefacto para cumplir esta tarea (acción)
Una interfase, que conecta los tres dominios anteriores al cuerpo humano.

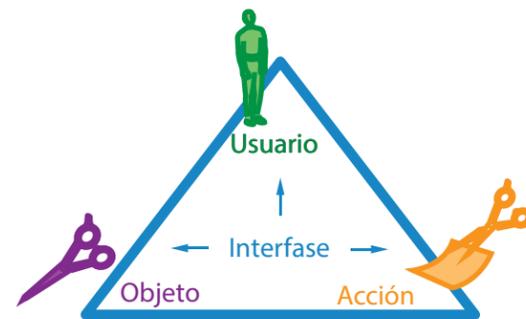


Figura 27: Esquema ontológico de diseño.
Fuente: Adaptado de Bonsiepe, 1998.

Diseño Centrado en las Personas (DCP)

Como segundo principio, y basándonos en que tratamos con objetos para un grupo particular de usuarios, el enfoque del Diseño Centrado en las Personas ofrece una base interesante a aplicar. Sostiene que para crear una nueva solución se deben comprender las necesidades, sueños y comportamientos de las personas que se verán beneficiadas por los diseños resultantes (IDEO, 2010). Lo que las personas desean y necesitan es una perspectiva que debe estar presente a lo largo del proceso de diseño. Una vez que las posibles soluciones se identifican como deseables, se evalúan a través de lo que es factible y lo que es viable llevando a cabo las alternativas que caigan en la intersección de estas tres dimensiones.

Deseabilidad: lo que desea la gente
Factibilidad: que es técnica y organizacionalmente posible
Viabilidad: que puede ser financieramente viable

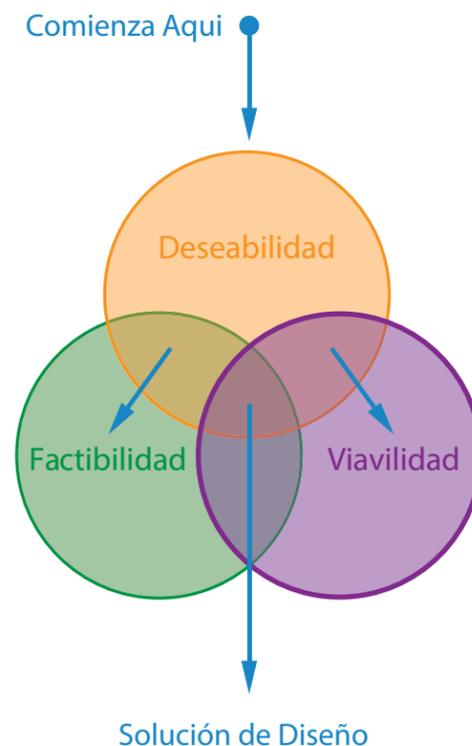


Figura 28: Diseño Centrado en las personas.
Fuente: Adaptado IDEO, 2010.

Diseño emocional

Como último principio tenemos a los niveles de procesamiento afectivo y sus requisitos de diseño, basados en la emoción y rangos de procesamiento cerebral, importantes de abarcar en un contexto clínico poco cercano para el usuario. El Diseño Emocional considera tres niveles de diseño: el visceral, el conductual y el reflexivo (Norman, 2009). El visceral trata del impacto inicial de un producto, de su apariencia, del tacto y las sensaciones que produce, donde el cerebro realiza juicios rápidos, de lo que es bueno, malo, seguro, peligroso, otorgando respuestas musculares apropiadas a la primera impresión. El nivel conductual trata del uso, en base a la experiencia que se tiene con el producto, teniendo esta muchas facetas (función, rendimiento, usabilidad). Este nivel contiene procesos cerebrales que controlan el comportamiento, basta con frustrar a la persona que utiliza el producto para que resulten en emociones negativas, pero si el producto hace lo que debe, si su uso es ameno y divertido, y si el usuario consigue hacer con facilidad lo que se propone, entonces el resultado es un afecto cálido y positivo. El reflexivo, por su parte, trata de las relaciones a largo plazo, sensaciones de satisfacción al tener el producto en propiedad, mostrar y usar. Contiene la parte contemplativa del cerebro, vigila y reflexiona.

Diseño visceral : apariencia, atractivo formal.
Diseño conductual: efectividad de uso
Diseño reflexivo: satisfacción personal

Propuesta conceptual

En base a lo que esta investigación ha pretendido exponer y abarcar, el diseño que comenzará a ser proyectado enfatiza en los requerimientos del usuario, lo que por ningún motivo significa que el resto de los requisitos serán dejados de lado. Se sugiere conceptualmente la fusión de varias ideas.

GUÍA

Qué oriente al niño a realizar una tarea efectiva, facilitando la comunicación del doctor con el paciente

LÚDICO

Qué permita al usuario un uso ameno caracterizado por el juego, generando la asimilación del dispositivo a un juguete

REFUERZO VISUAL

Qué estimule la acción de soplar, a través de una retribución visual

Estos tres conceptos deben estar contenidos en la configuración del espirómetro, siendo capaz de comunicar su carácter amigable para que el usuario asimile el procedimiento a un juego, cercano a su realidad cognitiva motivando su uso. A su vez, debe guiar y retribuir la acción facilitando y estimulando la realización de los soplos necesarios.

Propuesta formal

El punto de partida de la forma son los juegos presentes en el mundo cotidiano del preescolar. El juguete, como objeto característico, de los niños ofrece una asimilación rápida y amigable a nuevas situaciones y aprendizajes como lo es la espirometría.

Propuesta 1

Esta aproximación pretende acercarse al usuario a través de una forma que enfoque a las consolas de juegos, donde sea posible su manipulación. En una primera fase se realiza un acercamiento desde la ortogonalidad, explorando variaciones que se acercan a líneas curvas, que son las que predominan en los juguetes del usuario. Se integra un sistema de retribución basado en una salida de luz y el comportamiento del semáforo para comunicar el estado de la tarea a realizar. Por un lado, se propone visualidad para el preescolar y, por el otro, la entrega de información de diagnóstico útil para el doctor.

Dejar que el niño manipule el dispositivo ya genera un acercamiento, de esa manera él puede comprobar que se trata de un aparato inofensivo. La integración de una interfaz de retribución permitirá que el paciente vea una consecuencia de su acción, motivando el soplo. Por otro lado, la redondez del aparato hace que la percepción formal de una consola se dificulte, sumado a que el preescolar puede confundirse de interfaz al ser los dos lados muy similares, por ello la maqueta que se fabrique hace un nexo más cercano a esta tipología.

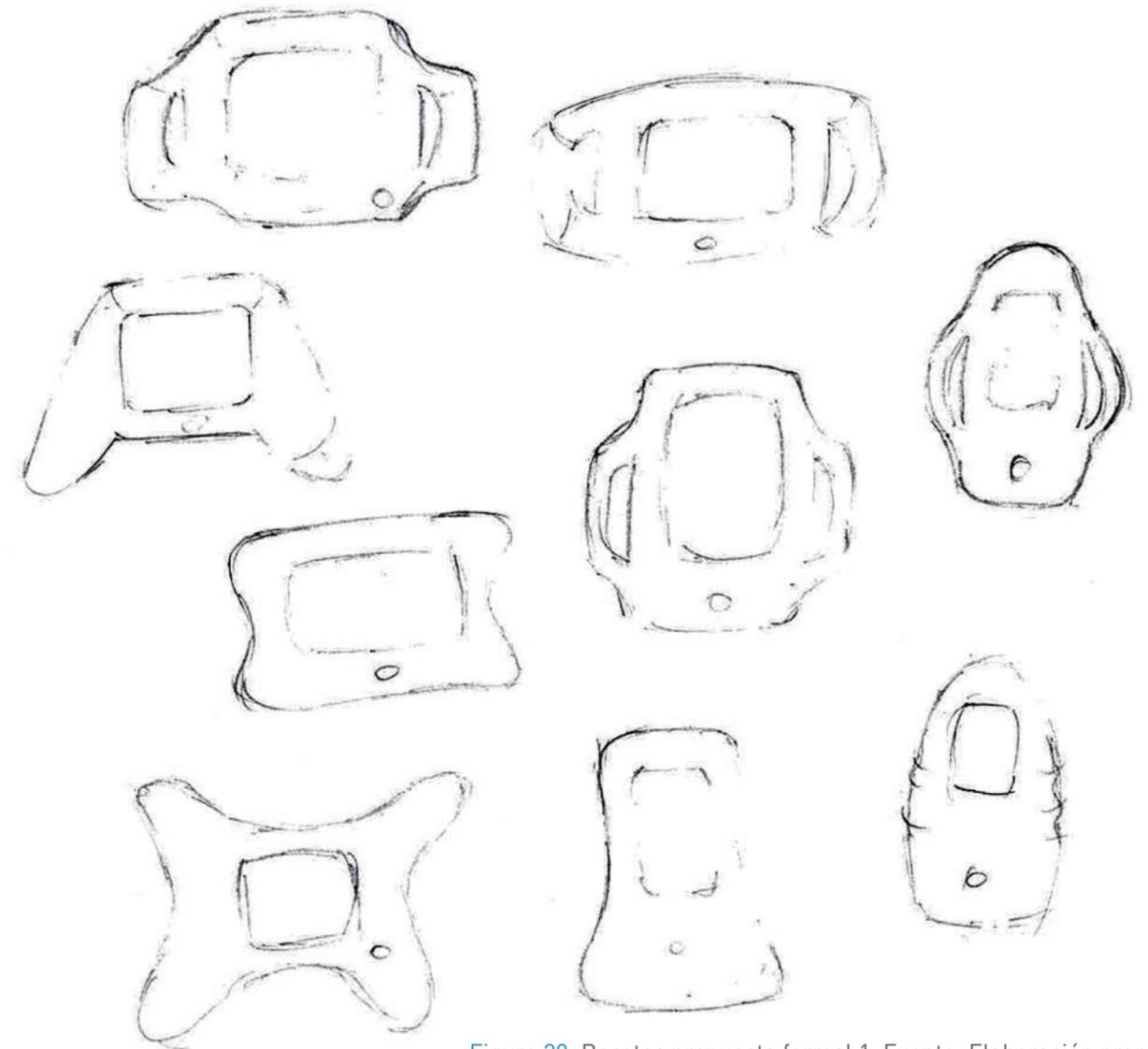


Figura 29: Bocetos propuesta formal 1. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 2

Este planteamiento incorpora rasgos de naturaleza humana que busca conformar un personaje que acompañe el procedimiento. Los primeros bocetos se orientaron hacia una definición formal figurativa aprovechando las "extremidades" para ubicar las zonas de agarre. Esa opción se consideró poco integrativa, lo que llevó a seguir explorando formas que presentaran más continuidad. La retribución del soplido consta de tres salidas de luz, que se activan de manera ascendente a medida que avanza el examen junto con expresiones faciales de evaluación.

La mayor diferenciación de los lados de cada usuario, evitará confusiones. De todas maneras puede ser un foco de distracción si el niño nota que el foco está en un sector que él no puede ver. Las expresiones faciales de evaluación negativa y neutra pueden ser un factor de frustración para al niño, al ver que el sopla pero lo está haciendo mal.

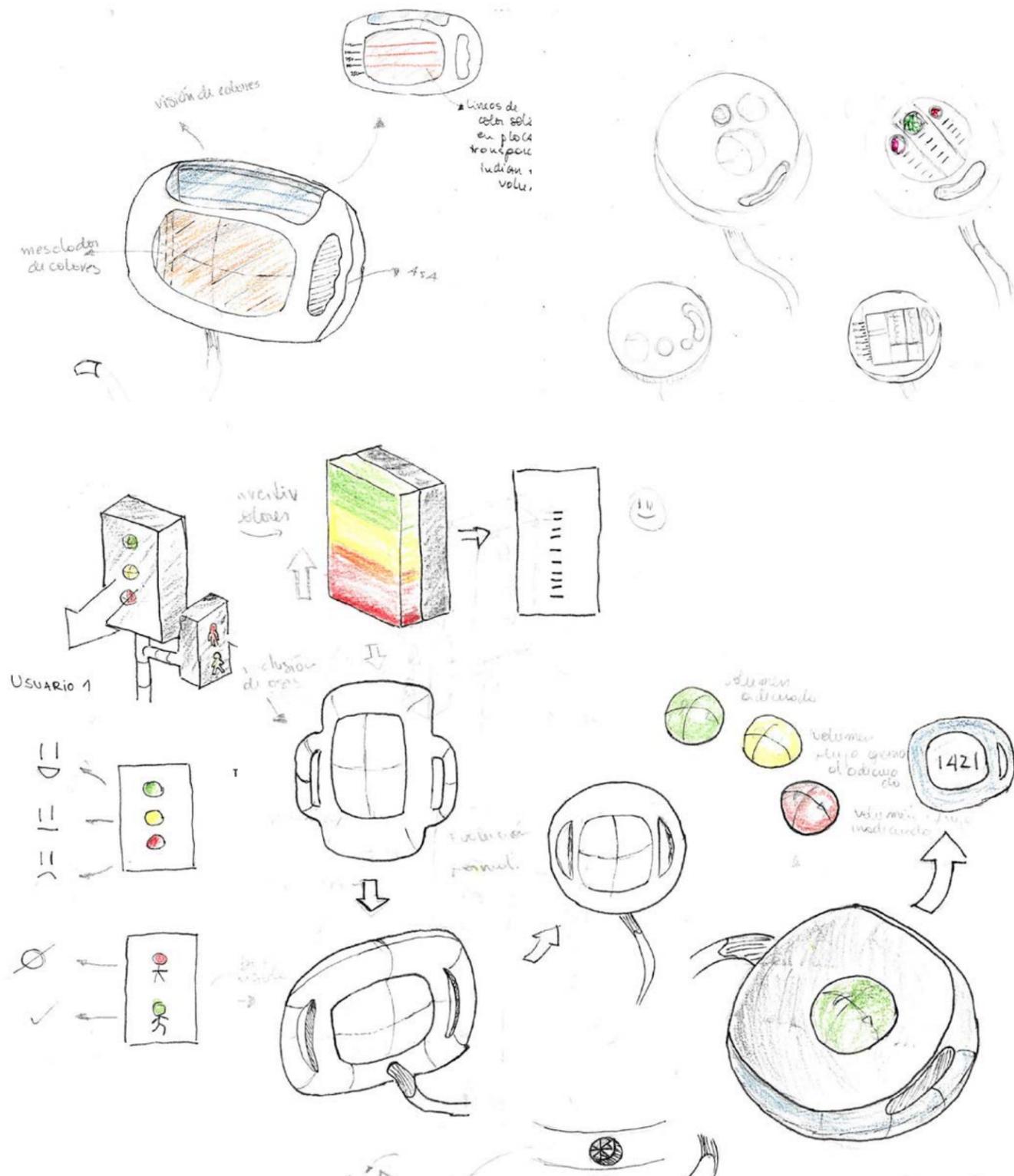


Figura 30: Bocetos propuesta formal 1. Fuente: Elaboración propia.

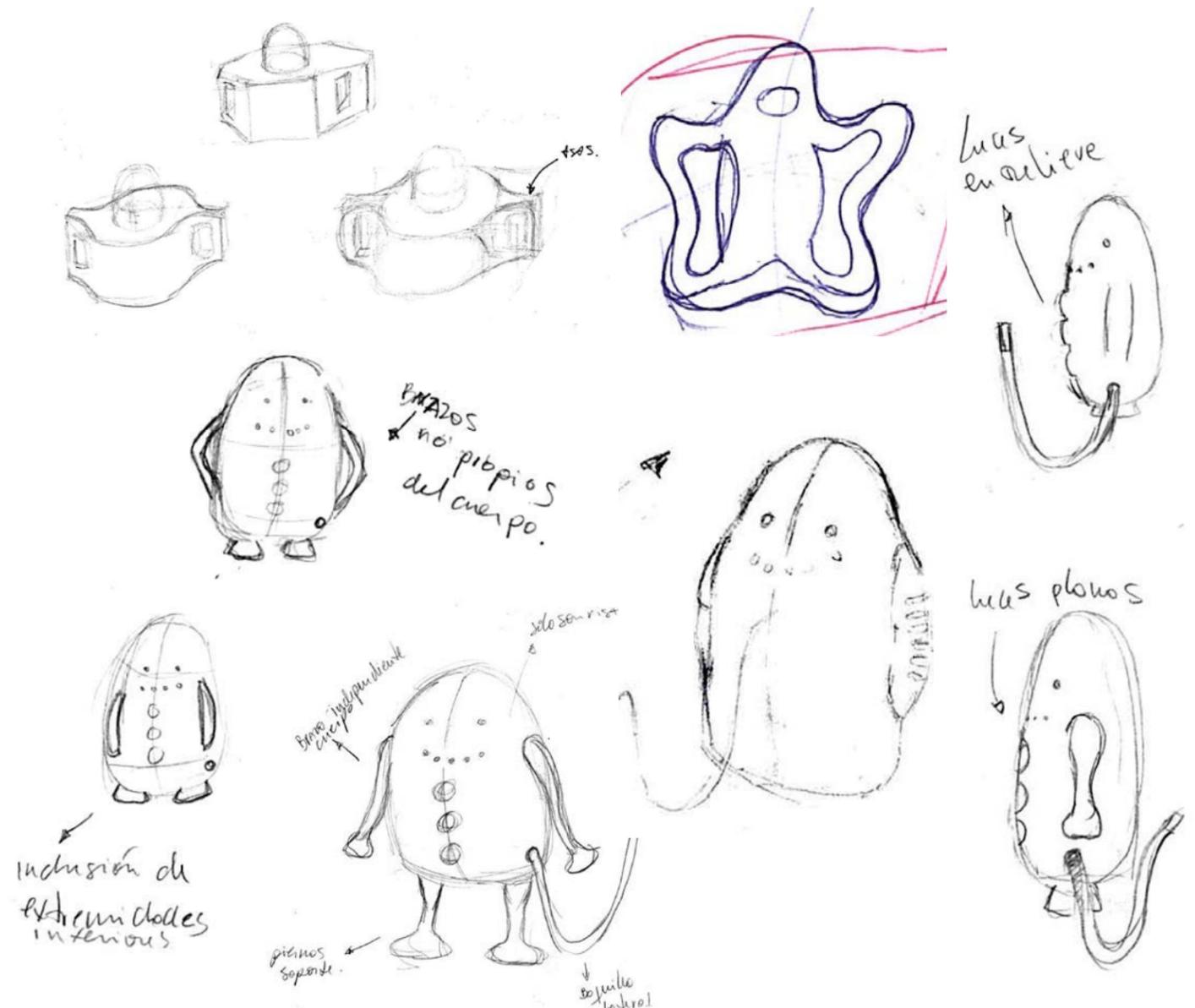
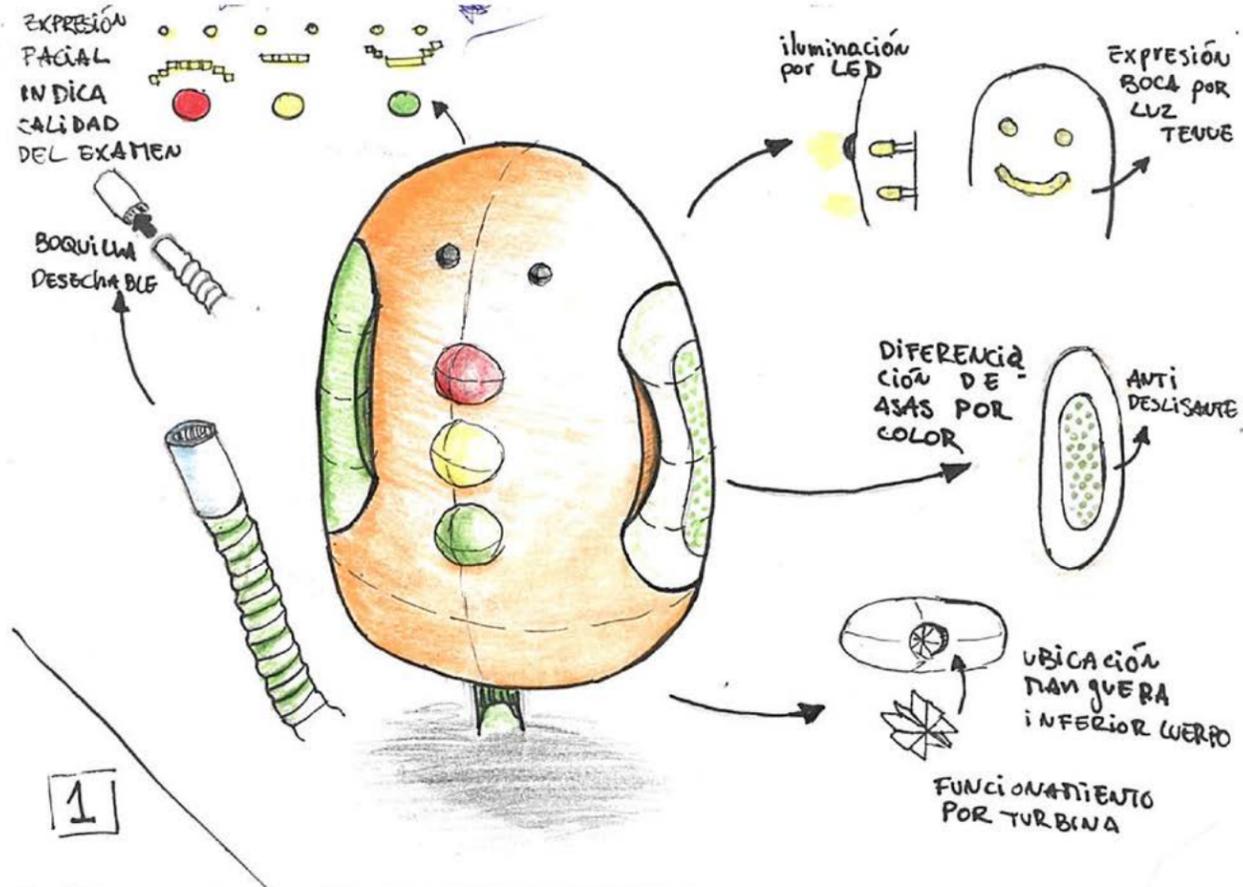


Figura 31: Bocetos propuesta formal 2. Fuente: Elaboración propia.



Propuesta 3

Esta propuesta buscó generar un personaje como tal, a través de la evaluación los códigos formales de las figuras que protagonizan las series de televisión que ven los preescolares. Se reconoce un patrón configurativo válido para niños y niñas. En esta proyección se disocia totalmente la interfaz del doctor con la del paciente evitando las distracciones. La zona de agarre se conforma a través de los brazos del personaje, manteniendo así una coherencia formal. Se mantienen las tres salidas de luces pero desde el interior del personaje, también la sonrisa de retribución positiva pero presidiendo de las otras dos.

La desvinculación de la interfaz del usuario y doctor, permitirá más autonomía y confianza al preescolar. A través de la retribución de luces, el doctor puede tener control del desarrollo de la maniobra sin interferir. Son necesarias instrucciones de funcionamiento para entender que el personaje se "prende" y "sonríe"

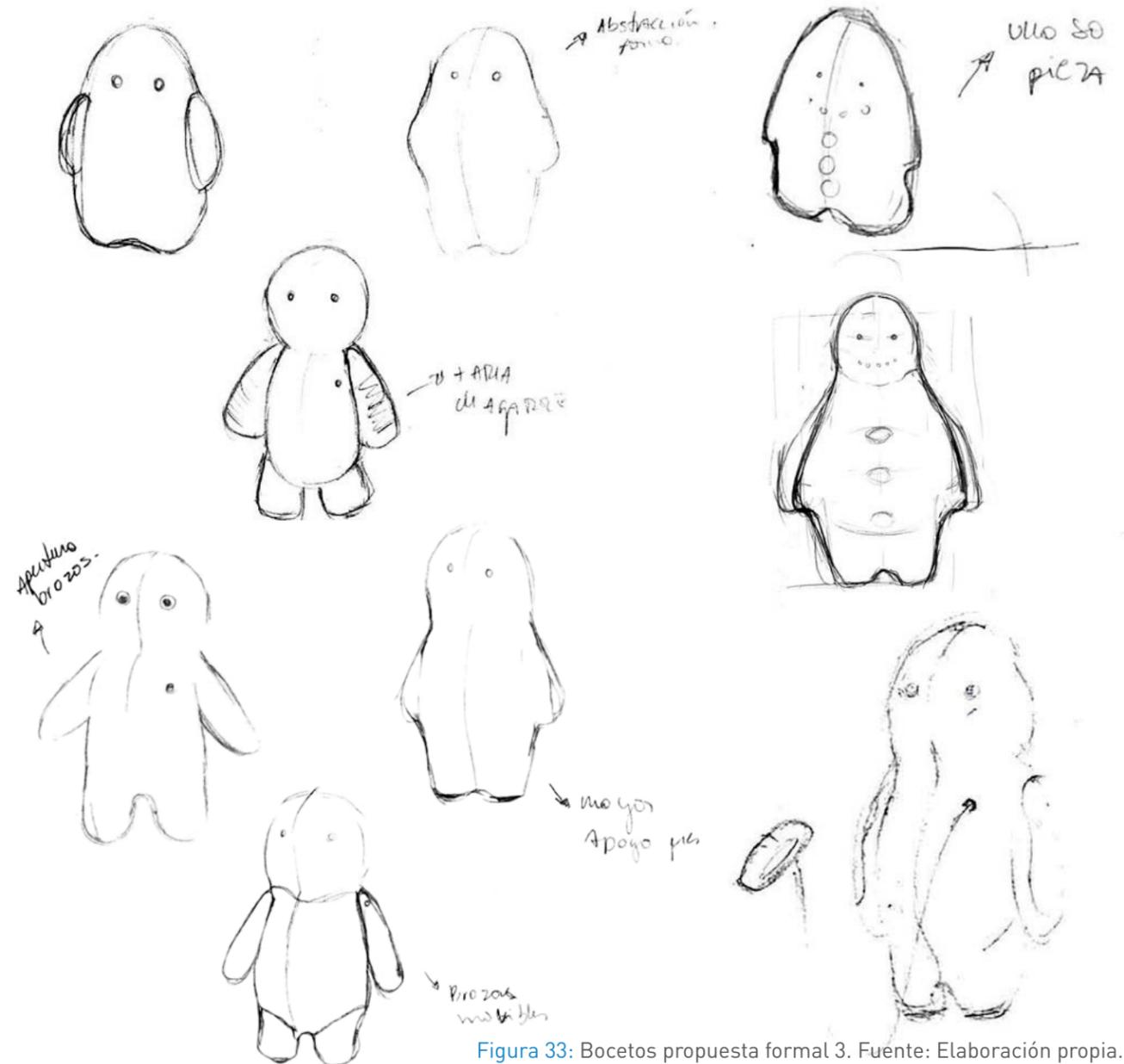
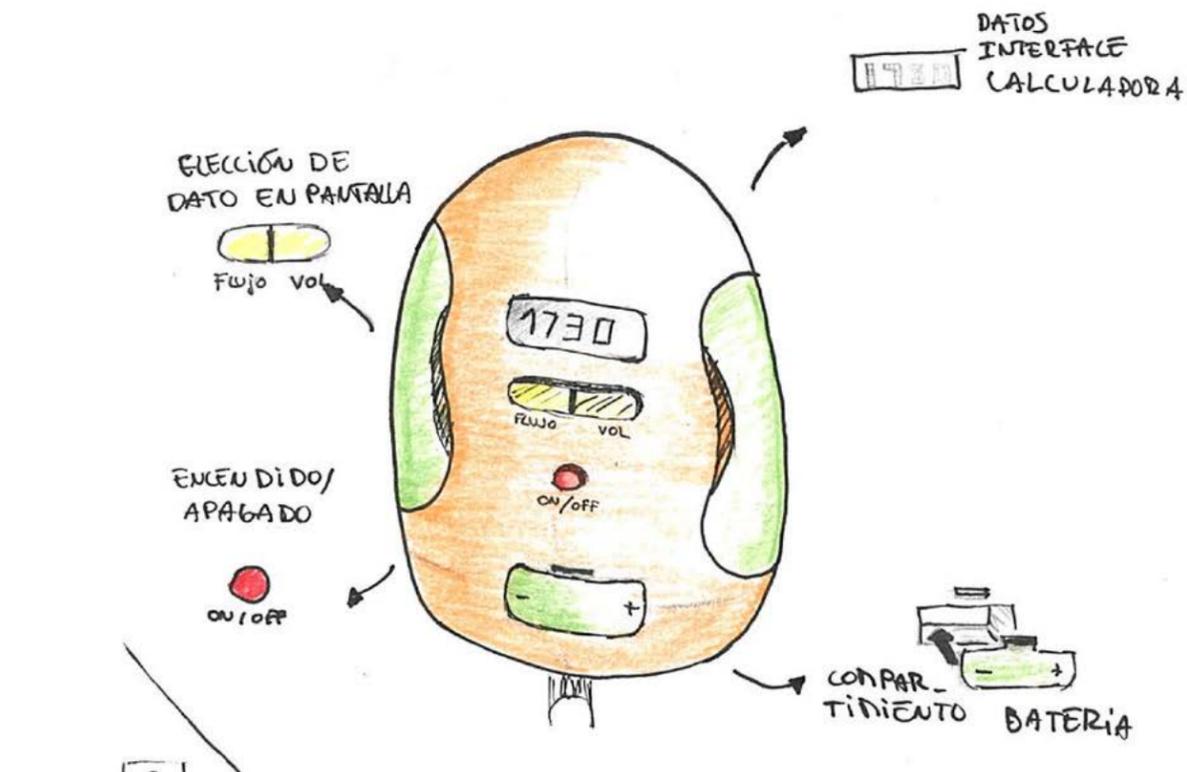


Figura 32: Bocetos propuesta formal 2. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Bocetos propuesta formal 3. Fuente: Elaboración propia.

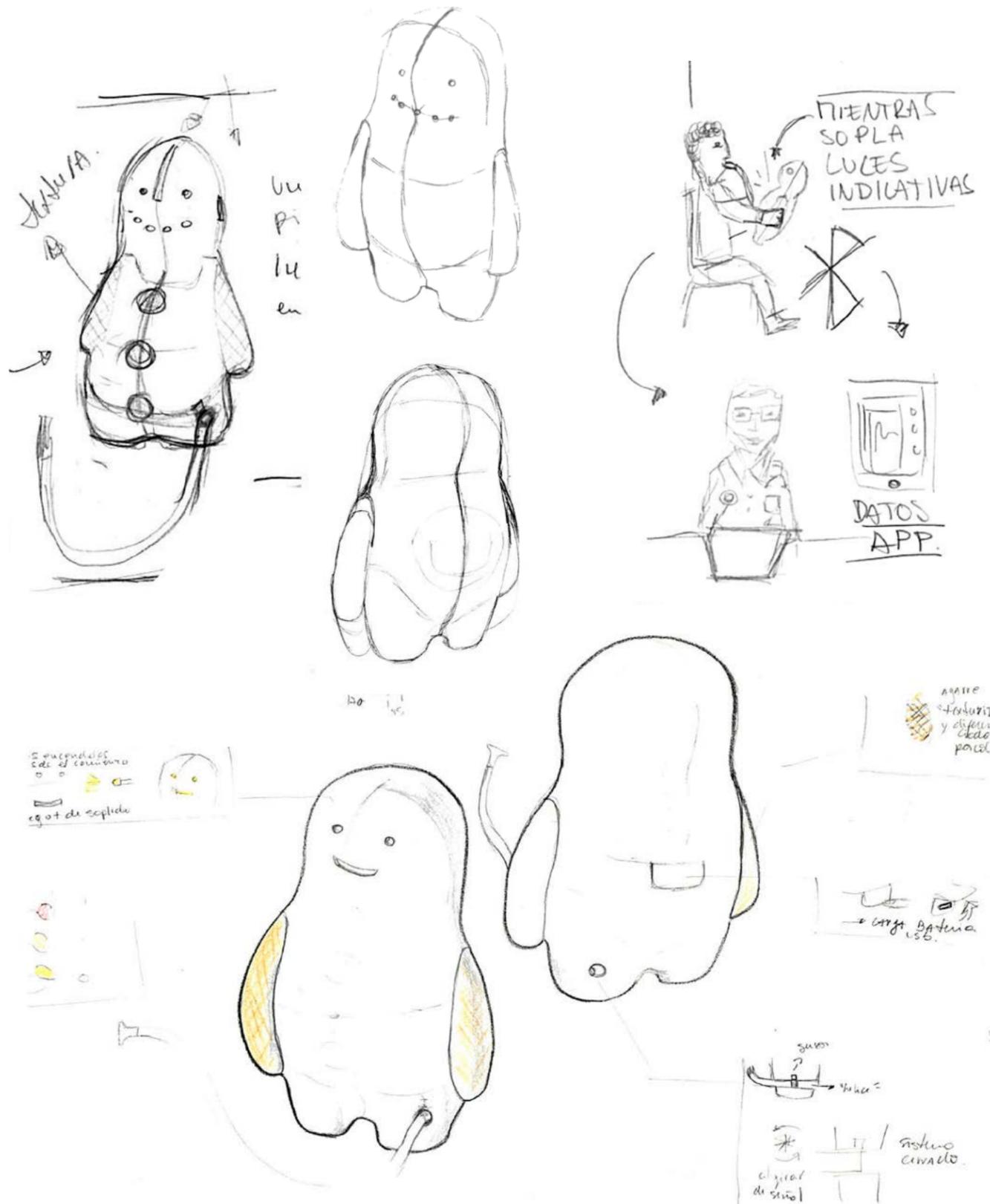


Figura 34: Bocetos propuesta formal 3. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación formal

Una vez definidas las propuestas se realizan maquetas rápidas y sencillas que permiten visualizar y comparar las ideas concretadas, estos modelos conceptuales permitirán realizar más tarde el modelo final. El objetivo de estas maquetas es determinar por cual de estas opciones el preescolar se siente más atraído. Además de observar su relación háptica con el objeto para comprobar si los agarres de las propuestas son correctos.

Se opta por no intervenir la maqueta con los detalles estipulados en los bocetos de exploración, a excepción de las zonas de agarre, ya que se busca identificar la preferencia de la forma en un nivel conceptual y no funcional. Para la segunda y tercera propuesta se realizan dos modelos, con el fin de explorar formas diferentes pero que responden a la misma línea.

Se realiza un testeo con 19 niños de 4 y 5 años en el Jardín infantil "Osito Regalón" ubicado en Av. Las Parcelas 3626, en la comuna de Maipú. La actividad se realizó en el patio de juegos del jardín, donde los niños en primera instancia permanecieron sentados en el suelo en compañía de la Profesora responsable donde se mostró cada alternativa y se compararon las preferencias por una forma o por otra. En una segunda oportunidad manipularon libremente las maquetas, observando la cantidad de interacciones con cada modelo. Los resultados los expongo a continuación:

- Todas las formas se consideraron entretenidas en un menor o mayor grado
- La alternativa 1 se identificó como un "rectángulo" para tocar
- Las alternativas 2A Y 2B fueron las que menos entusiasmo causaron en comparación a otras
- En el caso de las alternativas 3A Y 3B, fueron las formas con más tipos de interpretación.
- En la forma 3A indicaron que era una estrella y un animal.
- En la forma 3B que era un hombre, un superhéroe y una muñeca sin pelo.
- La alternativa que más atracción causa en el grupo de preescolares es la 3B.

Al comparar la propuesta 1 y propuesta 2A, se prefirió la 1
 Al comparar la propuesta 1 y propuesta 2B, se prefirió la 1
 Al comparar la propuesta 1 y propuesta 3A, se prefirió la 3A
 Al comparar la propuesta 1 y propuesta 3B, se prefirió la 3B
 Al comparar la propuesta 2A y propuesta 2B, se prefirió la 2B
 Al comparar la propuesta 2A y propuesta 3A, se prefirió la 3A
 Al comparar la propuesta 2A y propuesta 3B, se prefirió la 3B
 Al comparar la propuesta 3A y propuesta 2B, se prefirió la 3A
 Al comparar la propuesta 3B y propuesta 2B, se prefirió la 3B
 Al comparar la propuesta 3B y propuesta 3A, se prefirió la 3B



Figura 35: Evaluación formal de maqueta, Jardín Infantil Osito Regalón. Fuente: Archivo del autor.

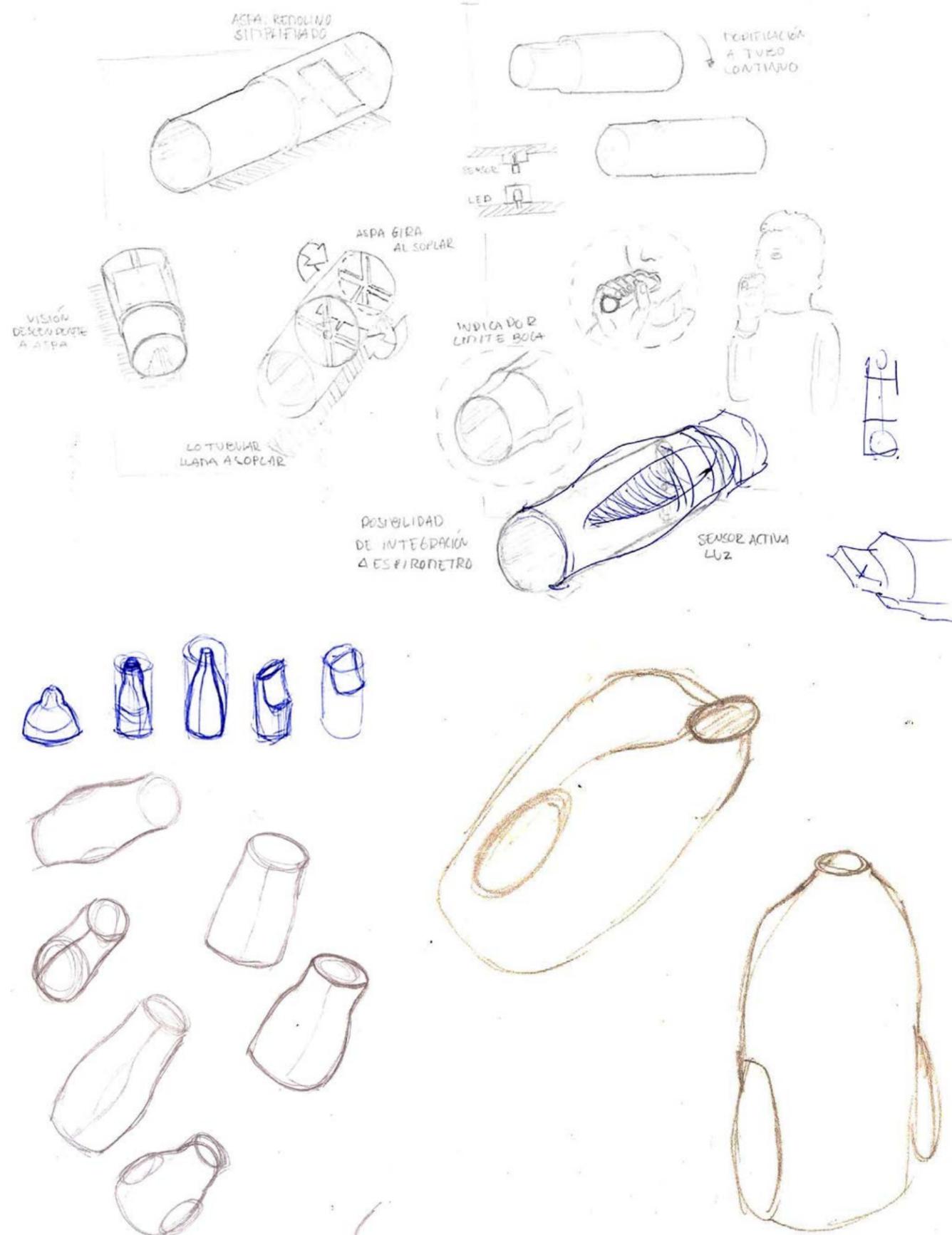


Figura 38: Bocetos propuesta boquilla. Fuente: Elaboración propia.

Decisiones de Diseño

El dispositivo proyectado está determinado por su carácter lúdico. Su principal propósito es que el preescolar logre soplar de forma constante durante tres segundos. La estrategia para lograr este fin se basa en desarrollar un espirómetro que capte su atención y curiosidad usando el lenguaje de los juguetes, que incorpora una interfaz de retribución de la acción por medio de un estímulo lumínico que guíe el soplido, logrando un refuerzo positivo.

Inicialmente, el dispositivo capta la atención del niño hacia el objeto motivando su exploración y uso. Una vez logrado ese fin, el funcionario de salud guía al paciente a soplar por la boquilla del espirómetro.

Forma

El dispositivo busca generar una conexión con su mundo infantil, tal como habíamos establecido anteriormente, a través del lenguaje de los juguetes. La investigación del usuario y sus preferencias estableció 5 tipologías predominantes de juguetes; superhéroes, muñecas, pizarras, figuras de personajes de fantasía y autos. La etapa de génesis formal se basó en estas categorías predominantes, generando tres alternativas concretas que se evaluaron con el usuario. La forma más atractiva resultó ser la opción más figurativa.

A partir de lo anterior, se propone un personaje antropomorfo que se define por sus líneas curvas y rasgos caricaturescos. Características comunes en los personajes de fantasía de los preescolares (ver anexos). Se opta por no definir el género del personaje, si bien puede parecer hombre, parece relevante permitir una libre interpretación por parte del niño. Su expresividad facial se basa en características humanas; ojos y sonrisa. Lo que acentúa su personalidad, generando empatía. Estos atributos permiten que el niño le atribuya vida y desarrolle su imaginación.

Por otro lado, la configuración de la boquilla se genera en base a la abstracción de la forma del dispositivo, para lograr una coherencia entre los dos elementos. Finalmente, el dispositivo es sometido a una limpieza constante entre exámenes por lo cual la forma evita encuentros cerrados y el número de piezas es limitado.

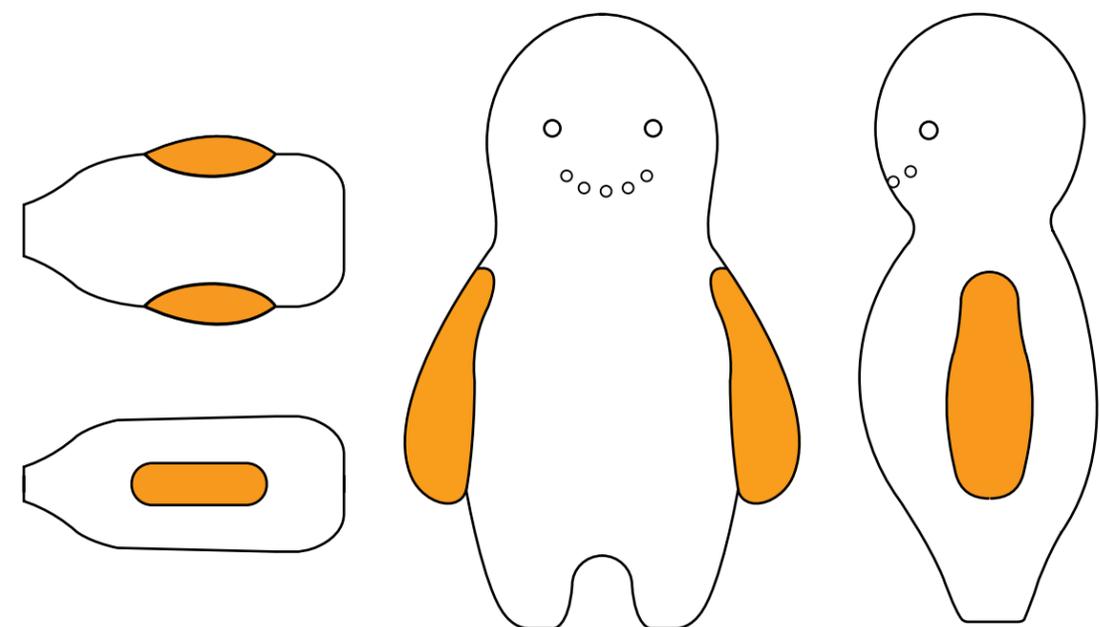


Figura 39: Configuración formal del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones

Las dimensiones responden, al igual que la forma, a los objetos lúdicos con los que el niño está relacionado, como también a las características antropométricas del niño.

En el caso de la boquilla, se pone énfasis en el agarre y el contacto que este tiene con la boca. Se acentúa la entrada como forma de indicar la posición correcta de uso, además de aumentar el confort en comparación con las boquillas usadas actualmente.

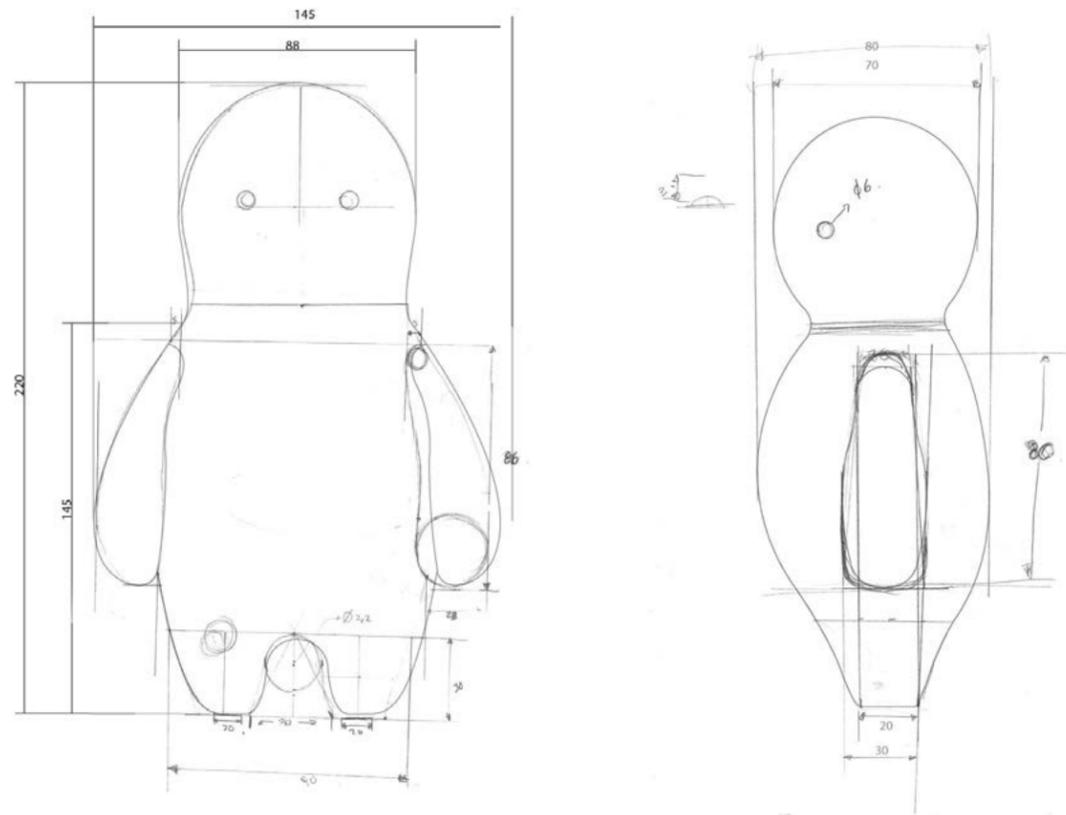
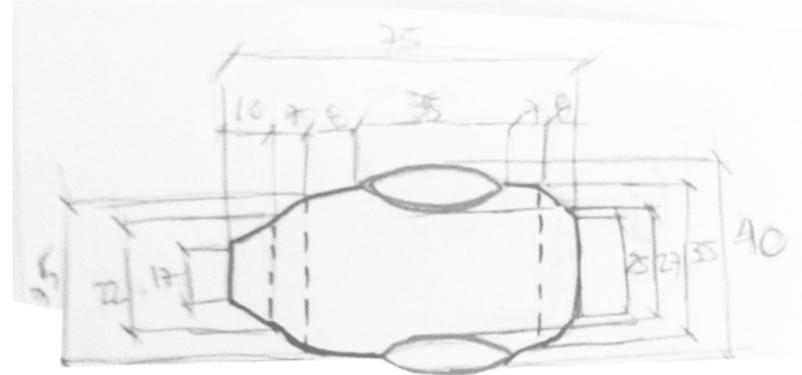


Figura 40: Definición de las dimensiones del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Color

El esquema de colores de los niños en edad preescolar corresponde a las variaciones de los colores primarios, aumentando la paleta cromática a medida que desarrolla nuevas habilidades (Calvo, 2008). En esta etapa los colores de su preferencia son los colores secundarios. Dentro de esta gama está el naranja, violeta y verde, que a la vez son complementarios. De ellos, el naranja aparece gran parte del tiempo como amistoso, por ello este color se aplicará en las zonas indicativas de agarre del dispositivo. Para el cuerpo principal se opta por la neutralidad para resaltar la interfaz lumínica.

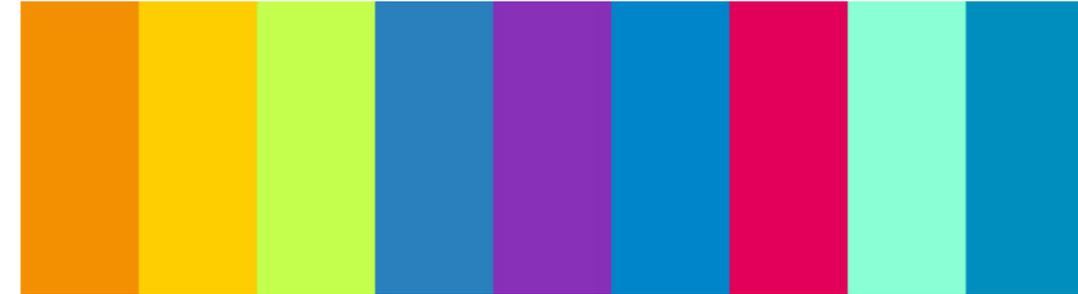


Figura 41: Esquema de colores preescolar. Fuente: Proyectacolor.cl

Material

Si bien los espirómetros existentes aplican como materialidad principal el policarbonato, para este proyecto se propone el uso de plástico ABS para su fabricación, ya que permite una manipulación activa por parte del paciente, aumentando los riesgos de golpes y caídas. Por otra parte, la producción del dispositivo se plantea a través de tecnología de impresión 3d de alta calidad, como forma de proponer un producto fabricado en Chile. Los métodos de inyección consideran moldes de alto costo que harían poco viable la proyección del dispositivo. También se considera el recubrimiento de los brazos del personaje, donde se genera el agarre, con Poliuretano Termoplástico (TPU) este material otorga una textura blanda, suave y antideslizante. Puede ser trabajado por extrusión de filamento plástico, bajo el nombre de NinjaFLEX



Figura 42: Configuración material del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Interfaz paciente

La interacción diseñada permite que exista un intercambio informativo de la tarea realizada (el soplo) entre el preescolar y el dispositivo, percibiendo desde lo sensorial un respuesta amigable al desarrollo de su acción. La interfaz proyectada se define por el uso de luz. La decisión de usar este estímulo, antes que otro recurso, radica en que se retiene y se aprende de mejor forma lo que vemos y experimentamos versus otros tipos de estímulo (como el sonoro).

Por medio del soplo se produce una respuesta lumínica que anima el objeto antropomorfo. La luz indica el tiempo en el que transcurre el soplo, existiendo 3 luces que se prenden de forma progresiva, finalizando con una retribución positiva al realizar un soplo aceptable, de forma continua y por tres segundo. La falta de continuidad en el soplo hace que el sistema se reinicie, volviendo a la primera luz.

- 1 segundo - prende un led
- 2 segundo - prende un led distinto al anterior
- 3 segundo - prende un led distinto al anterior y el dispositivo sonríe

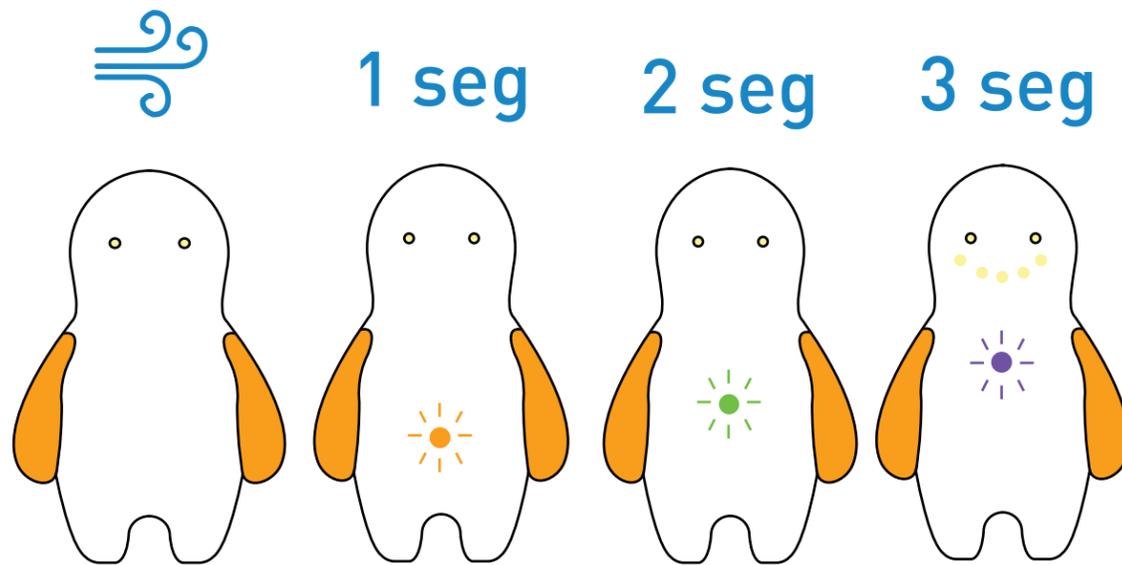


Figura 43: Configuración de la interfaz del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Color

Se opta por una triada de colores secundarios complementarios: naranja, verde y violeta factibles de producir con LEDs RGB. El porque de estos colores ya fue explicado anteriormente. Para la configuración facial se hará uso de LEDs neutros de tono blanco, para evitar competir con los de colores.

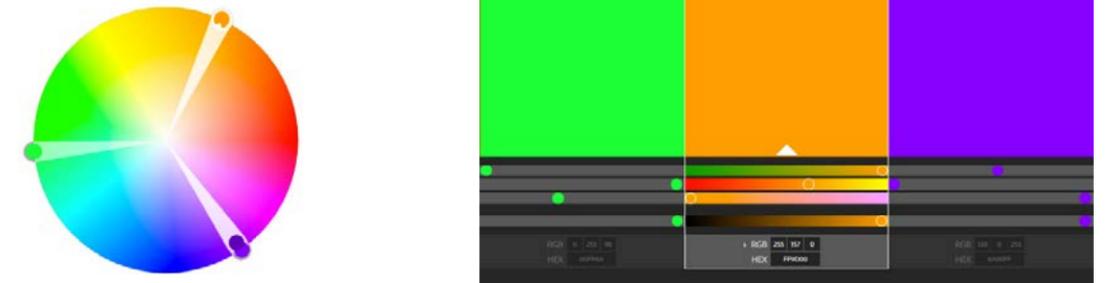


Figura 44: Configuración cromática de la interfaz del dispositivo . Fuente: Elaboración propia.

Interfaz doctor

Se propone que la interfaz del doctor esté disociada de la interfaz del usuario como ocurre actualmente, para que el paciente se enfoque en la tarea de soplar. No tiene utilidad alguna para el niño ver información técnica de diagnóstico, es un factor de confusión que ello suceda.

Hoy en día las tecnologías inalámbricas son de fácil alcance, por ello se decide adoptar la comunicación vía bluetooth, que no necesita una conexión a internet, para el traspaso de datos de diagnóstico que recoge el dispositivo. De forma estratégica se propone que la interfaz del doctor sea una aplicación para smartphone, tablet o pc, que facilite la lectura de los resultados de la espirometría. Debido al tiempo acotado para desarrollar este proyecto, el diseño de la esta interfaz para el doctor se realizará en una etapa posterior.



Figura 45: Propuesta tentativa interfaz doctor. Fuente: Elaboración propia.

Construcción de un prototipo

La construcción de un prototipo parte poniendo a prueba la relación entre el producto y el usuario, para observar el comportamiento y la pertinencia de lo propuesto. En este proyecto resulta primordial estudiar la conducta del dispositivo proyectado, ya que integra variables que no existen en los espirómetros actuales. Hay un cambio radical de la forma y comunicación con el usuario. Es por ello que se busca construir un prototipo funcional que contenga los atributos formales, materiales y técnicos del producto.

Para la construcción de piezas se estipularon dos modos de producción. En una primera instancia se consideró realizar las piezas en impresión 3D por su definición, nivel de detalle y teniendo en cuenta que este es el proceso propuesto para un producto final. Esta opción fue descartada debido a los costos que implicaba externalizar el servicio.

Una segunda opción considera obtener el prototipo a través de termoformado, donde los materiales permitidos para trabajar son PAI y Policarbonato de espesor 1 a 2 mm. Para termoformar se necesita una matriz para "imprimir" la forma en el plástico. Se realiza un modelo 3D, para posteriormente mecanizarlo en MDF a través de router cnc, para una mejor definición se lija el molde resultante.

La primera prueba en termoplástico, mostró la marca de detalles indeseables en el plástico, por lo que se decide someter al modelo a una terminación con pintura acrílica, que resista el calor. Esta una segunda prueba se obtuvieron buenos resultados y se prueban las posibilidades de encajes a través de una pestaña.

Paralelamente, se experimenta con el sistema de detección de datos, que precisa de un mecanismo que se active con el soplido y donde se puedan recoger los datos necesarios para el compartimento de la interfaz lumínica. Se opta por mantener el sistema de turbina presente en los espirómetros, ya que es factible de construir.

Por otro lado, se programa y construye el sistema eléctrico que procesa los datos recogidos y genera el comportamiento de las luces. Se pone énfasis en el funcionamiento de los sensores. De tomar mal los datos no podría comprobarse de manera real los resultados esperados del producto.

Además, se realizan pruebas con distintos tipos de LEDs para analizar cómo la luz traspasa el material, su nivel de definición e intensidad. Este paso es importante ya que la expresión facial está determinada por estas luces, una mala definición puede cambiar totalmente la percepción del dispositivo.

Una vez definidas las piezas, mecanismo y la electrónica, se monta el sistema para dar paso a la validación.

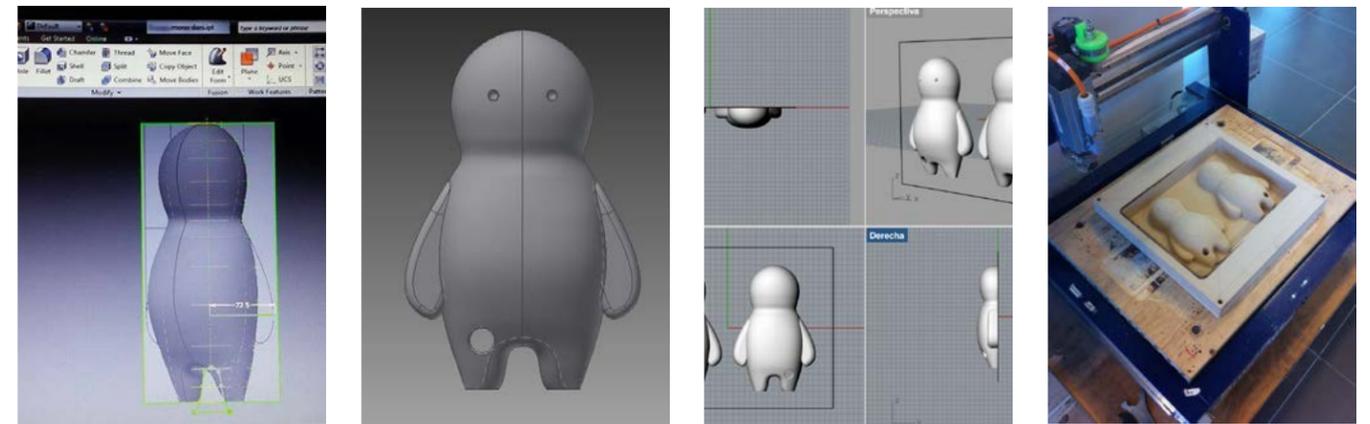


Figura 46: Prototipos digitales. Fuente: Archivo del autor.



Figura 47: Mecanizado y acabado superficial matriz. Fuente: Archivo del autor.



Figura 48: Matriz y Termoformado. Fuente: Archivo del autor.



Figura 49: Ensamble carcasas termoformadas. Fuente: Archivo del autor.

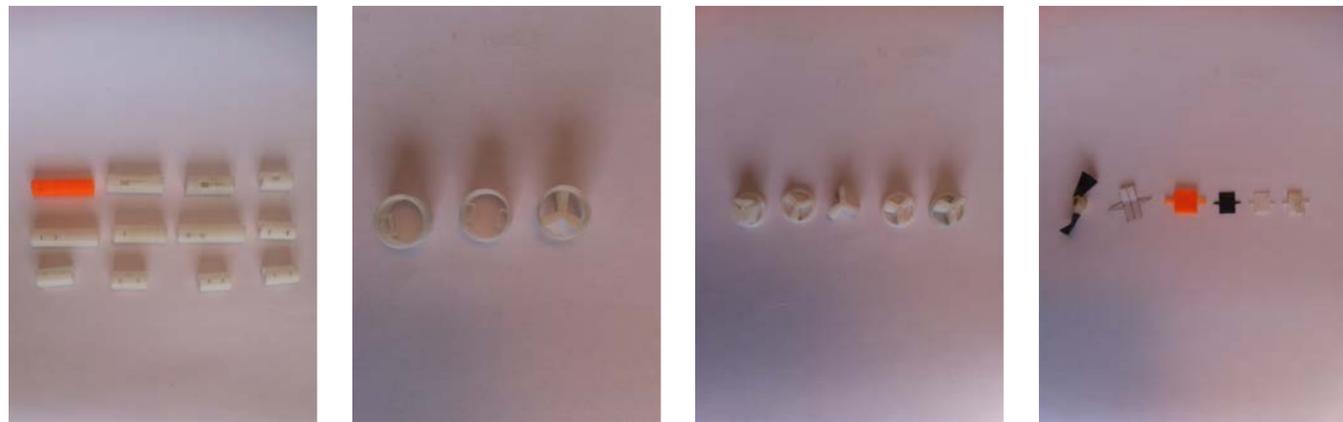


Figura 50: Prototipos boquilla. Fuente: Archivo del autor.

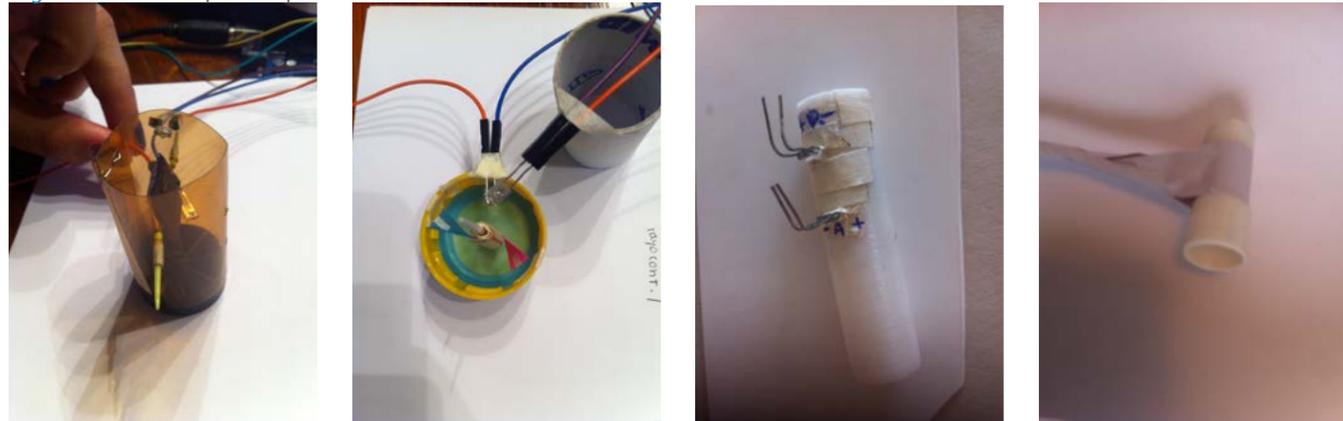


Figura 51: Pruebas de comunicación sensores IR. Fuente: Archivo del autor.

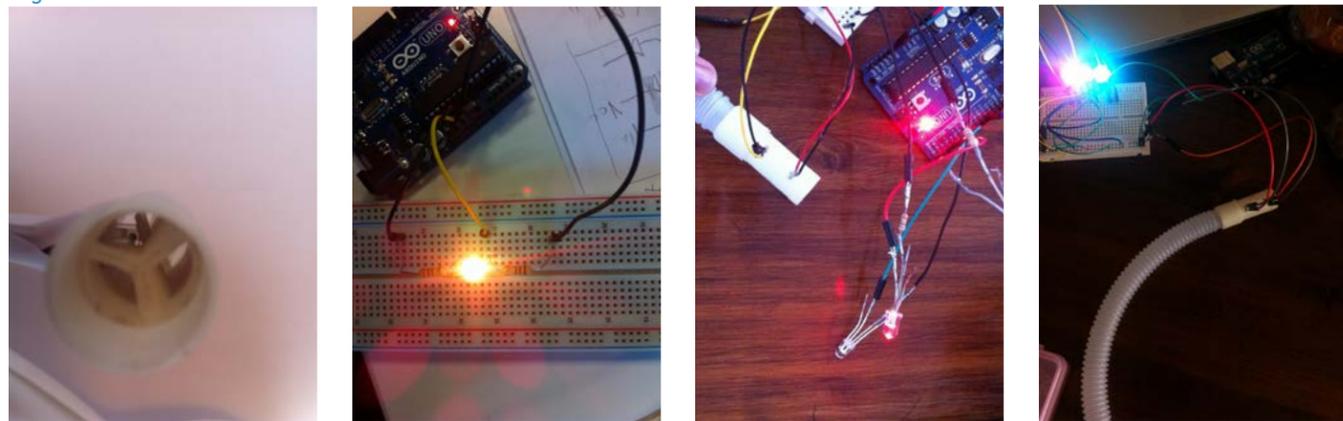


Figura 52: Pruebas de luces y cableado. Fuente: Archivo del autor.



Figura 53: Integración de prototipos y sistemas. Fuente: Archivo del autor.

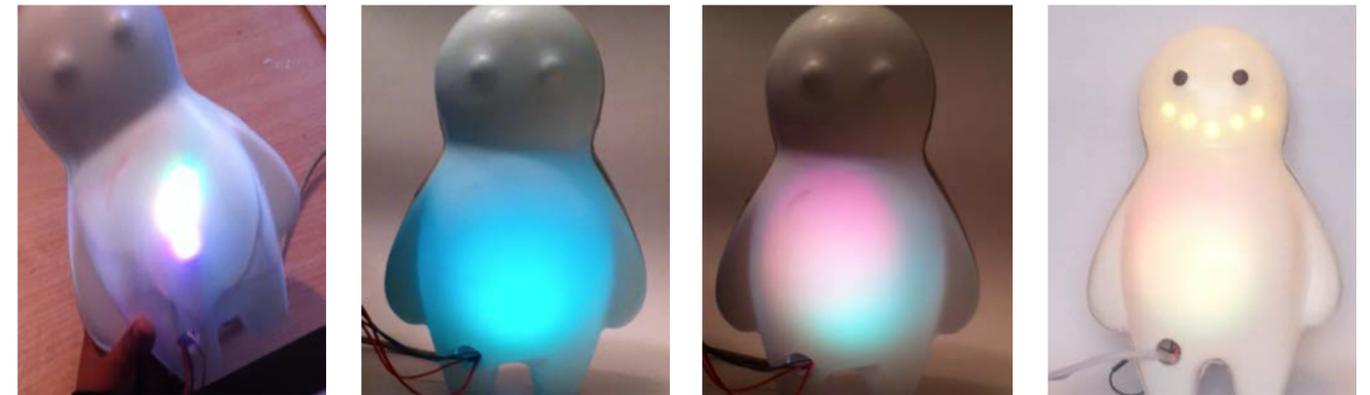
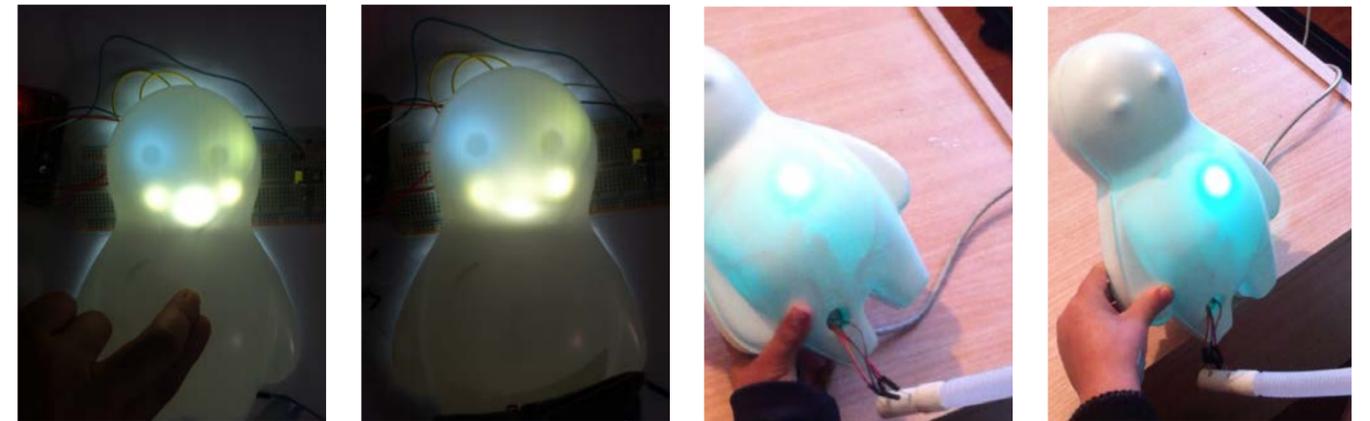
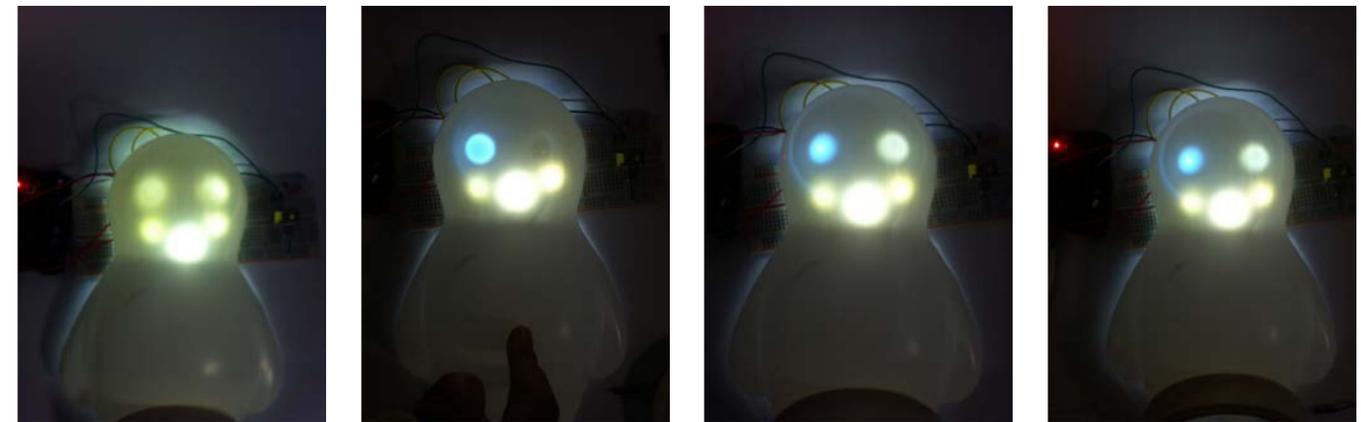


Figura 54: Pruebas de Leds e intensidad de luz. Fuente: Archivo del autor.

Validación

Una vez terminada la fabricación del prototipo funcional, se dió paso a las evaluaciones de campo con el fin de validar el dispositivo en un contexto controlado de uso.

La validación se llevó a cabo en el jardín infantil "Conejito Blanco", ubicado en Los Montescos #377, en la comuna de Maipú, Santiago. Se facilitó una sala aislada con mobiliario para niños. Se aplicó a los niños de prekinder del jardín. Los resultados y sus parámetros se muestran en las siguientes fichas de los niños que realizaron el examen:



USUARIO	
Nombre	Denin
Sexo	Masculino
Edad	6 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	6
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Ricardo
Sexo	Masculino
Edad	6 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	3
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	6
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Rocio
Sexo	Femenino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	3
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	5
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Martin
Sexo	Masculino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	3
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	6
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Sebastián
Sexo	Masculino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	3
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	6
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Gaspar
Sexo	Masculino
Edad	4 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	Sin logro
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	Sin logro
Tiempo que demoró	más de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Amanda
Sexo	Femenino
Edad	4 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	4
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Mateo
Sexo	Masculino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	5
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Baltazar
Sexo	Masculino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	5
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Kiana
Sexo	Femenino
Edad	4 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	3
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	5
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Fernanda
Sexo	Femenino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	6
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Felipe
Sexo	Masculino
Edad	6 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	1
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	3
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos



USUARIO	
Nombre	Vicente
Sexo	Masculino
Edad	5 años
EXAMEN	
Nº de intentos hasta lograr la primera sonrisa	2
Nº de intentos para lograr 3 sonrisas	5
Tiempo que demoró	menos de 5 minutos

Figura 55: Evaluación desempeño prototipo funcional. Fuente:Elaboración propia.

Resultados

Los resultados de la prueba del prototipo del dispositivo demuestran que, según esta muestra, los niños preescolares sí pueden realizar el examen espirométrico de forma satisfactoria. Los datos obtenidos en la tabla anterior, y sus respectivas conclusiones, se resumen como sigue:

Facilitar el soplido: el 50% de los niños necesito un máximo de 3 intentos para lograr la primera sonrisa y 42,8% lo hizo tan solo al segundo intento. El 42,8% de la muestra necesito tan solo 6 intentos para lograr las 3 sonrisas, mientras que el resto solo necesito 5 e incluso 4 intentos.

Disminuir el tiempo: el 92,8% de los preescolares necesitaría menos de 5 minutos para lograr realizar de forma satisfactoria el examen.

Aumentar la tasa de exámenes aceptables: Quien se demorara más de 5 minutos en la realización del examen se clasificó como no logrado. Solo un 7,2% de la muestra no pudo realizar el examen de forma satisfactoria.

Aumentar la aplicabilidad: dado lo anterior, un 92,8% de los niños confirma la aplicabilidad del examen para ese rango de edad.

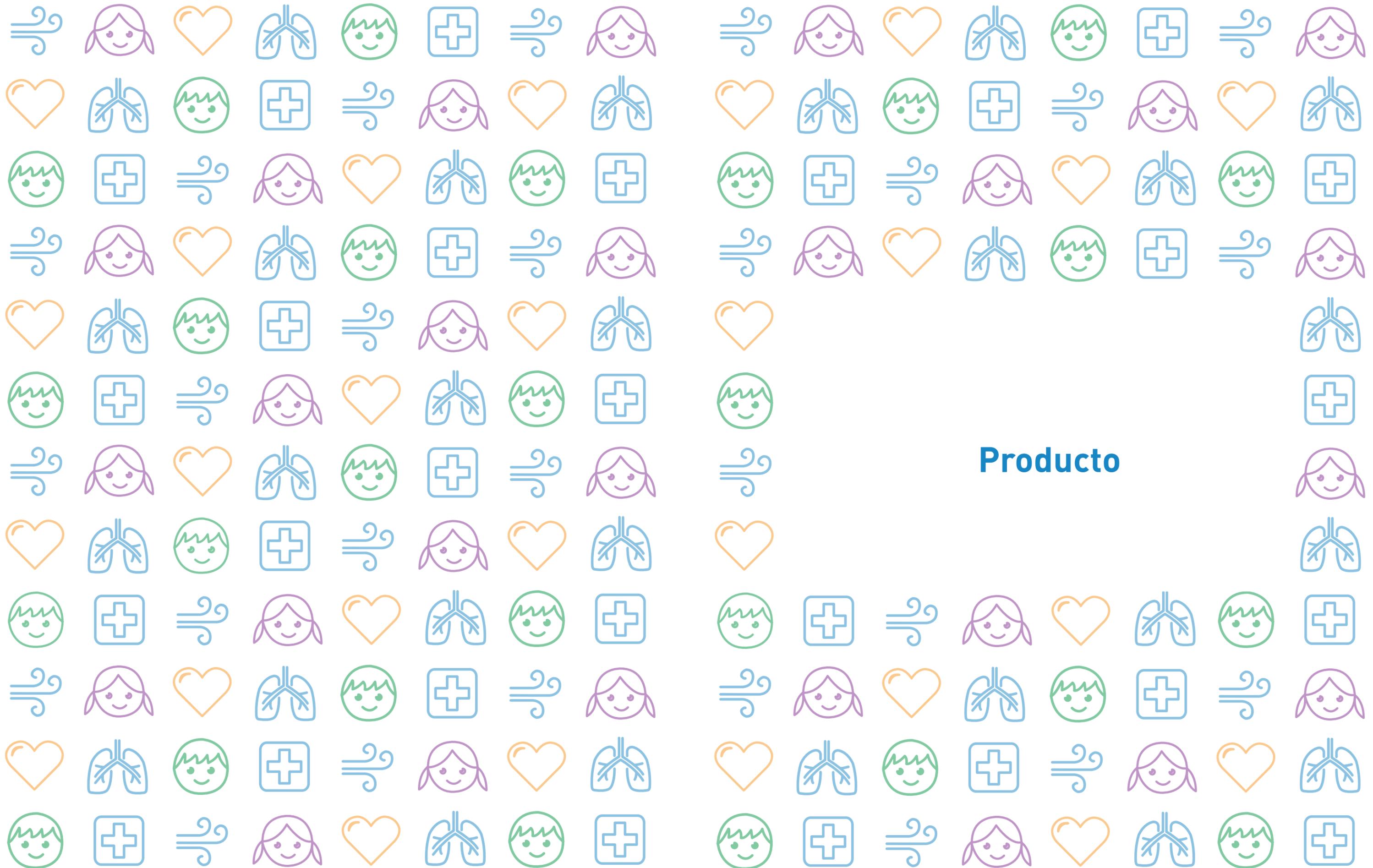
Disminuir el rechazo: ningún niño no quiso realizar el examen. El 92,8% de los niños obtuvieron un examen aceptable.

En conclusión, se obtiene que el examen realizado con el dispositivo diseñado para este proyecto tiene un alta aplicabilidad para el rango de edad que, con los espirómetros actuales, estaba limitado de realizar. Por lo tanto, se facilita el soplido, se disminuye considerablemente el tiempo efectivo para realizar el exámen, aumenta la tasa de exámenes aceptables y disminuye el rechazo de los preescolares al enfrentarse al examen de espirometría. Sin embargo, no obstante a los buenos resultados, aún es posible realizar las siguientes **mejoras al dispositivo**:

Agarre: se observó que algunos niños presentaban alguna dificultad en el agarre debido a la poca de superficie destinada a esta función.

Luz: mejorar la proyección de la luz, tanto en la expresión facial del dispositivo como en su cuerpo, de manera que se acentúen los rasgos infantiles.

Desconectar la boquilla de la presentación inicial del dispositivo: esto ya que en algunos casos la boquilla genera alguna pequeña distracción inicial a la hora de explicarle al niño el examen. **Estabilidad:** mejorar la estabilidad del dispositivo para que este se pueda sostener de pie y tenga una mejor presentación al usuario.



Producto

Visualización



Espirómetro de caracter lúdico

Retribución positiva



Figura 56: Visualización general del dispositivo. Fuente:Elaboración propia.

Partes y piezas

Interfaz visual

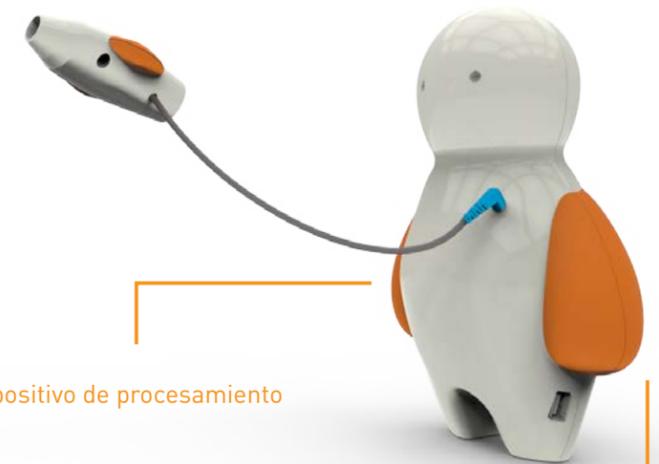


Entrada de aire



Salida de aire

Boquilla



Dispositivo de procesamiento

Asas

Figura 57: Visualización principales componentes del dispositivo. Fuente:Elaboración propia.

Especificaciones técnicas

Pantalla y interfaz de usuario

1 -Input paciente: Ip5rgb Piraña RGB y lh5ww led Blanco cálido

Energía

2- Batería: Lipo 2000 mAh, recargable.
3- Carga: Micro 5pin USB cargador

Procesamiento

4 -Controlador: AT mega 328 p - Arduino Fio

Conexión

5- Entrada procesador: Jack 3.5mm Hembra Stereo J128
6- Red: Bluetooth 4.0

Boquilla

7- Sistema: turbina
8- Sensor: sensor IR emisor LT-301 y IR receptor LT-302
Uso: reutilizable

Material

Plástico: ABS Y TPU

Dimensiones y peso

Dimensiones: 218x145x 86,5 mm
Peso: 250 g

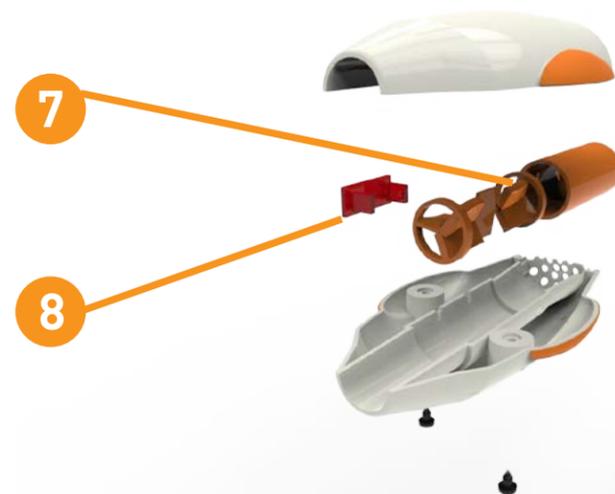
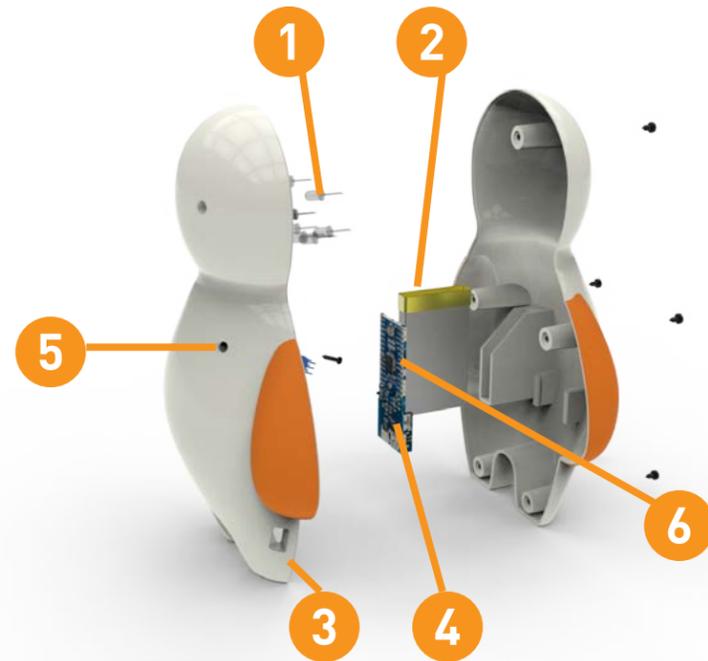
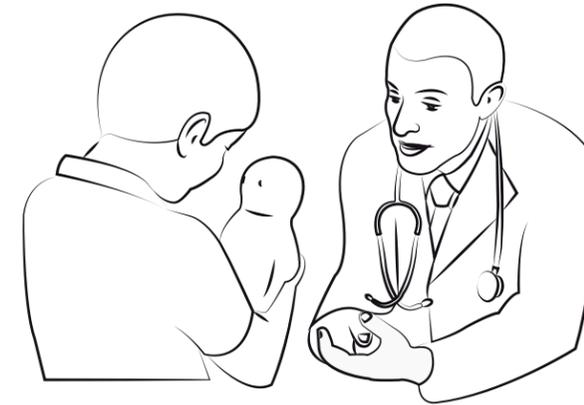


Figura 58: Visualización despiece del dispositivo. Fuente:Elaboración propia.

Modo de uso

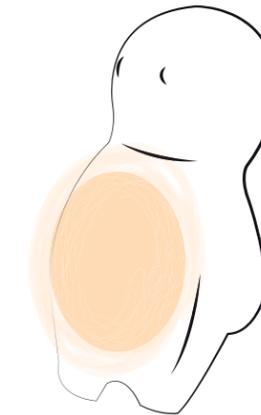


1 El doctor pasa el dispositivo para que el niño pueda manipularlo.

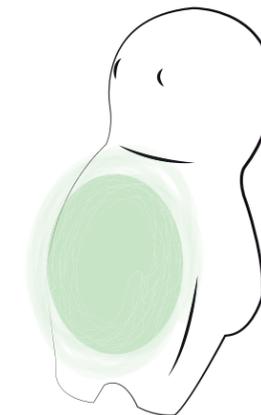
2 El doctor le da indicaciones simples: Tienes que soplar para que nuestro guía sonría



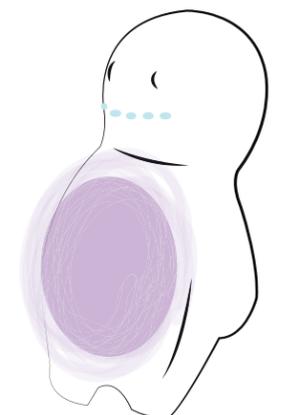
3 El niño motivado por la curiosidad, toma la boquilla para soplar



4 Transcurre el primer segundo y el dispositivo se prende de color naranja



5 Transcurren dos segundos y el dispositivo se prende de color verde



6 Transcurre tres segundos y el dispositivo sonría

7 Luego de 3 soplos exitosos donde el guía sonrió, el niño regresa el dispositivo al doctor.

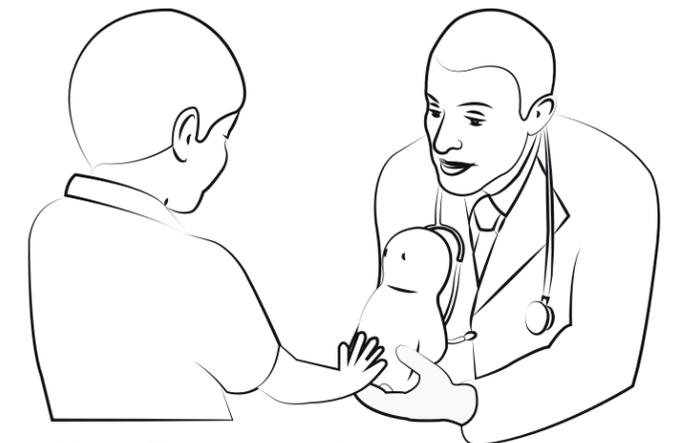
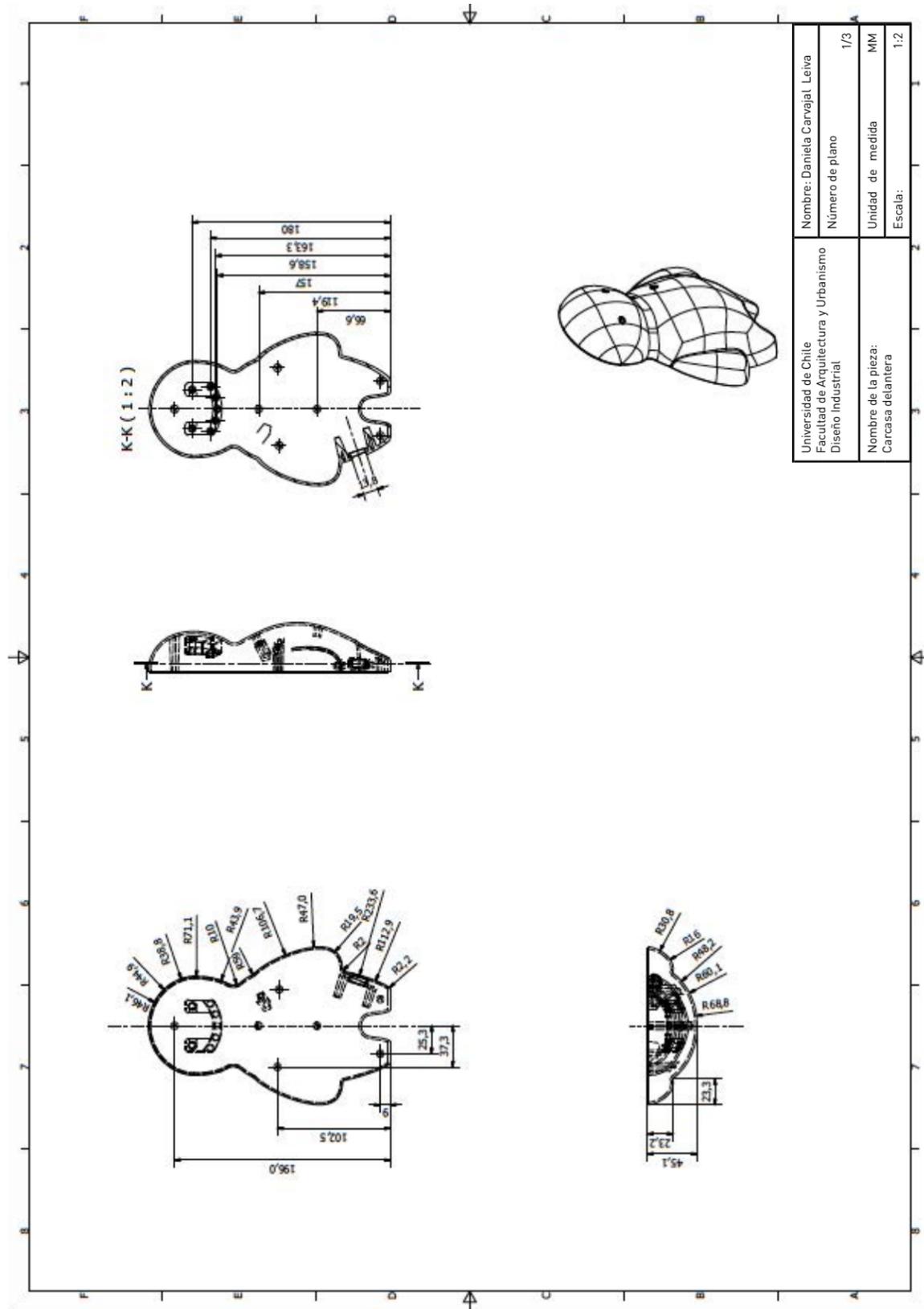


Figura 59: Modo de uso del dispositivo. Fuente:Elaboración propia.

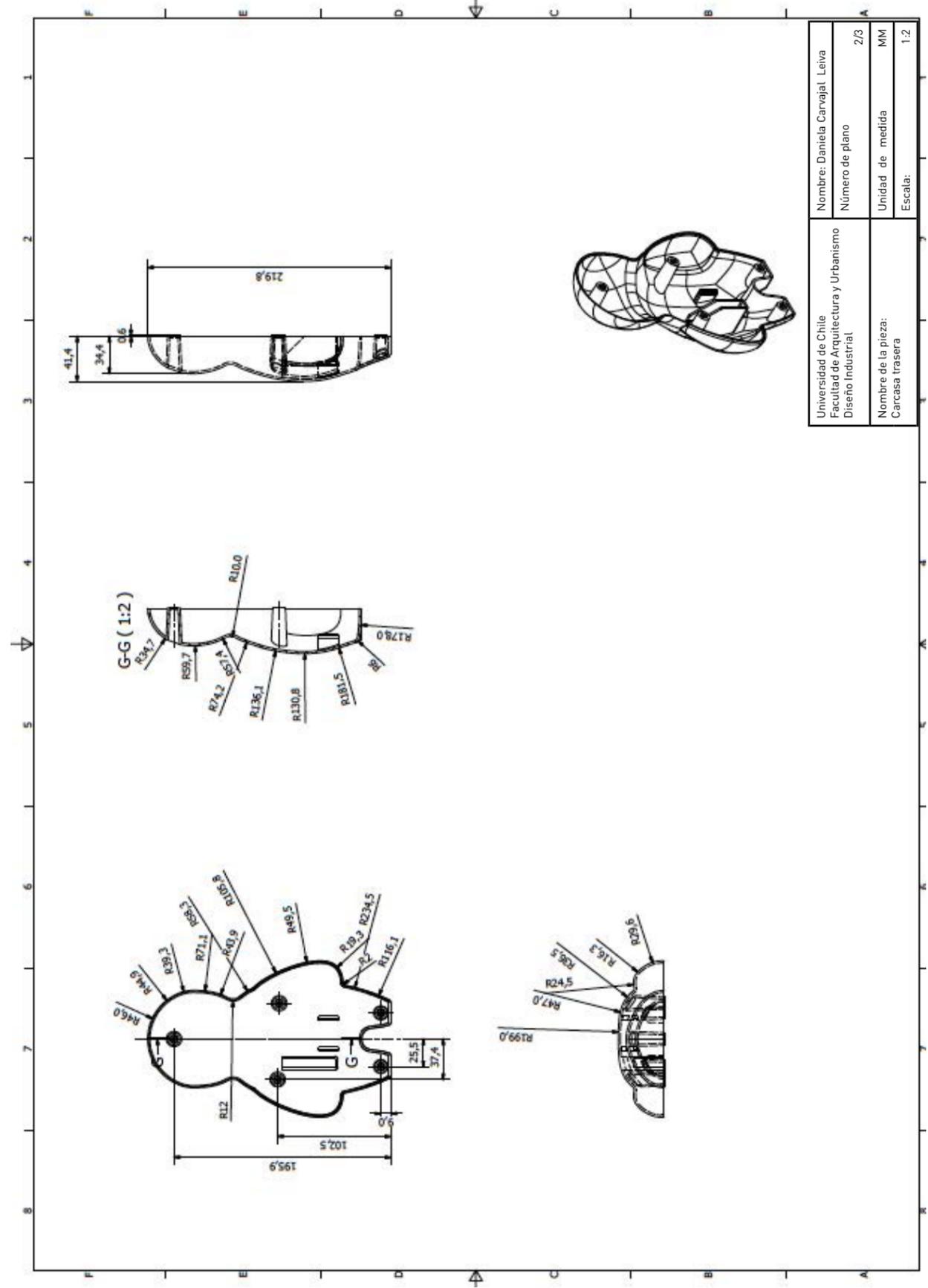
Planimetrias



Nombre: Daniela Carvajal Leiva	1/3
Número de plano	MM
Unidad de medida	1:2
Escala:	

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Diseño Industrial

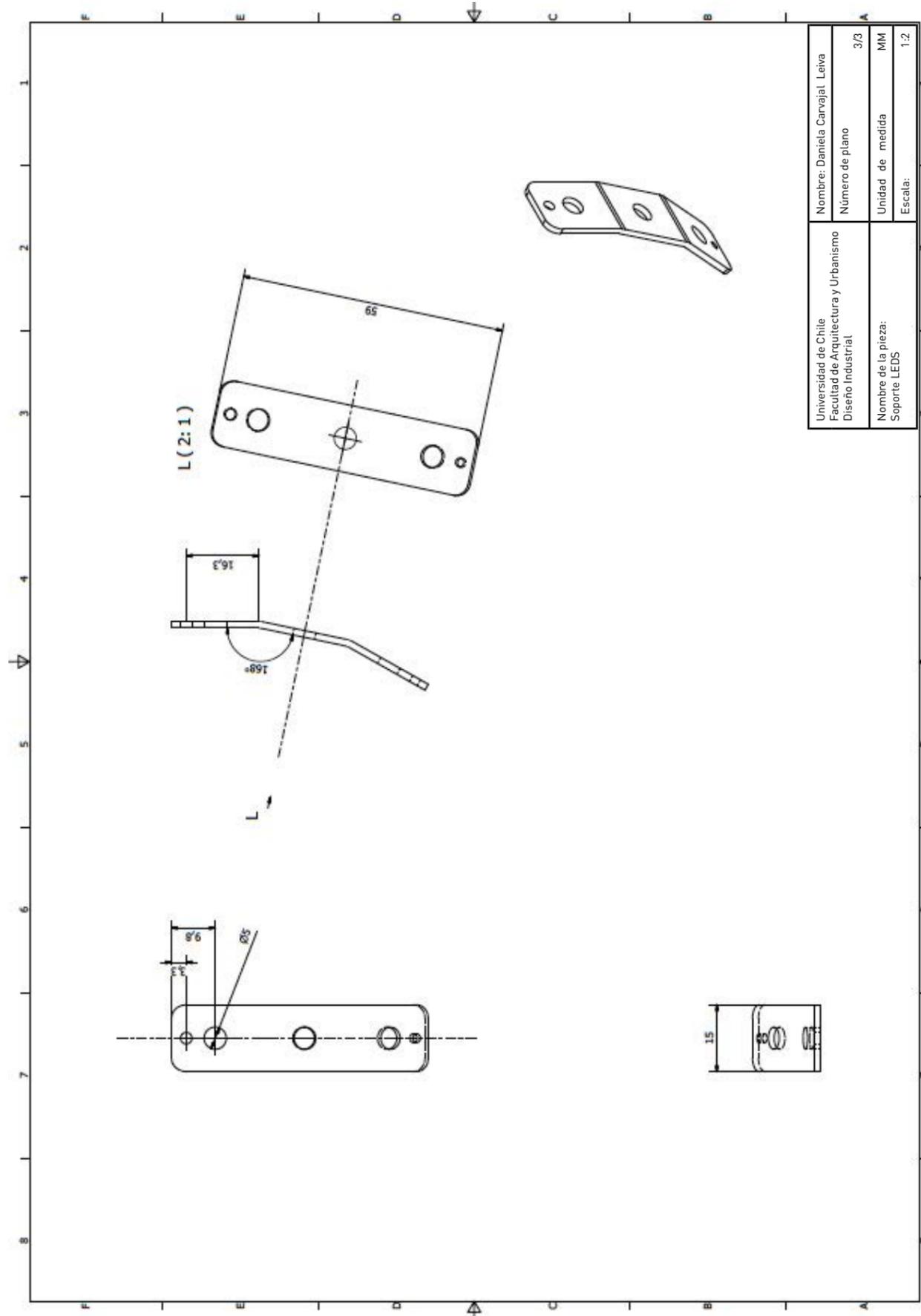
Nombre de la pieza:
Carcasa delantera



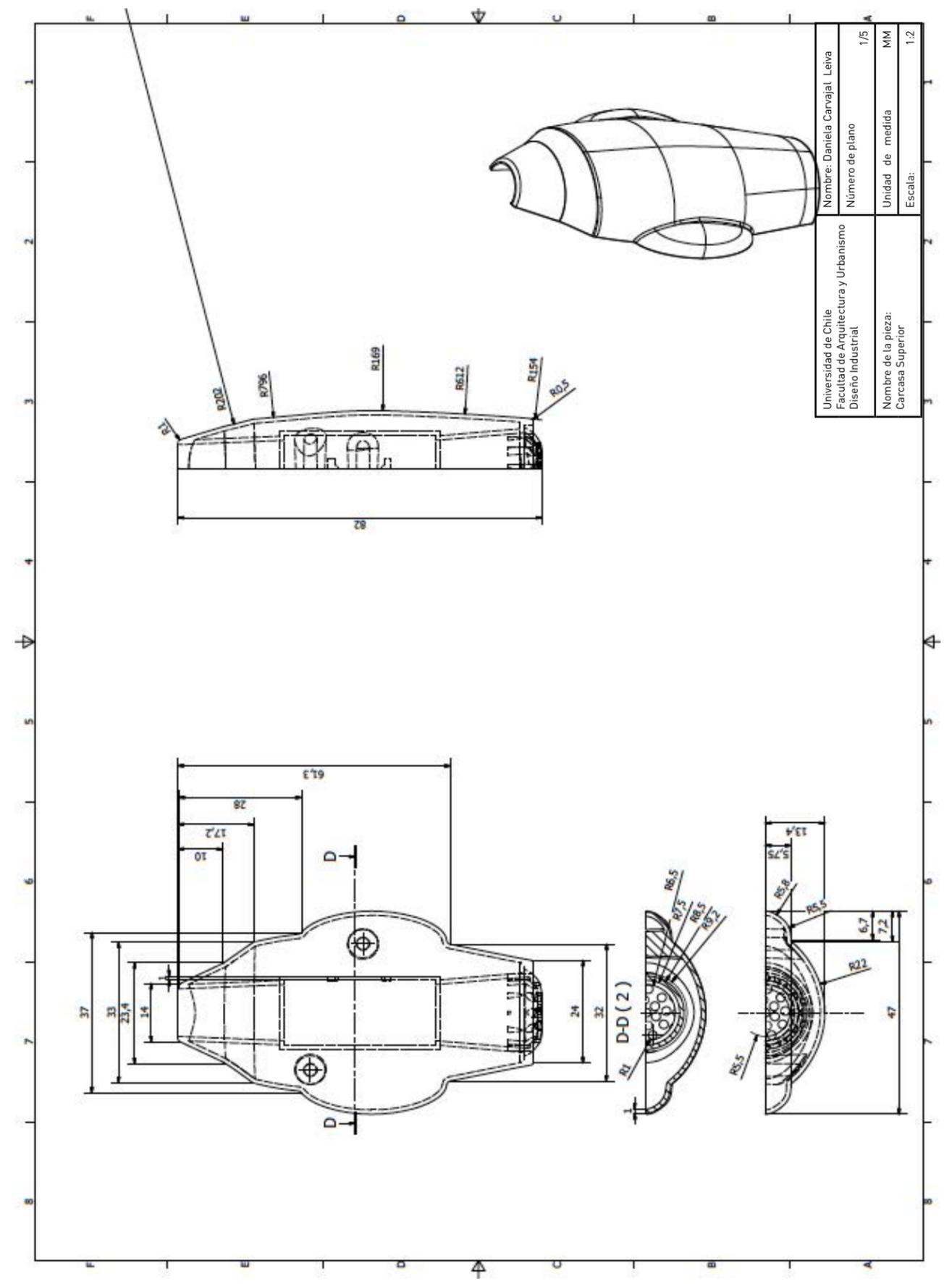
Nombre: Daniela Carvajal Leiva	2/3
Número de plano	MM
Unidad de medida	1:2
Escala:	

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Diseño Industrial

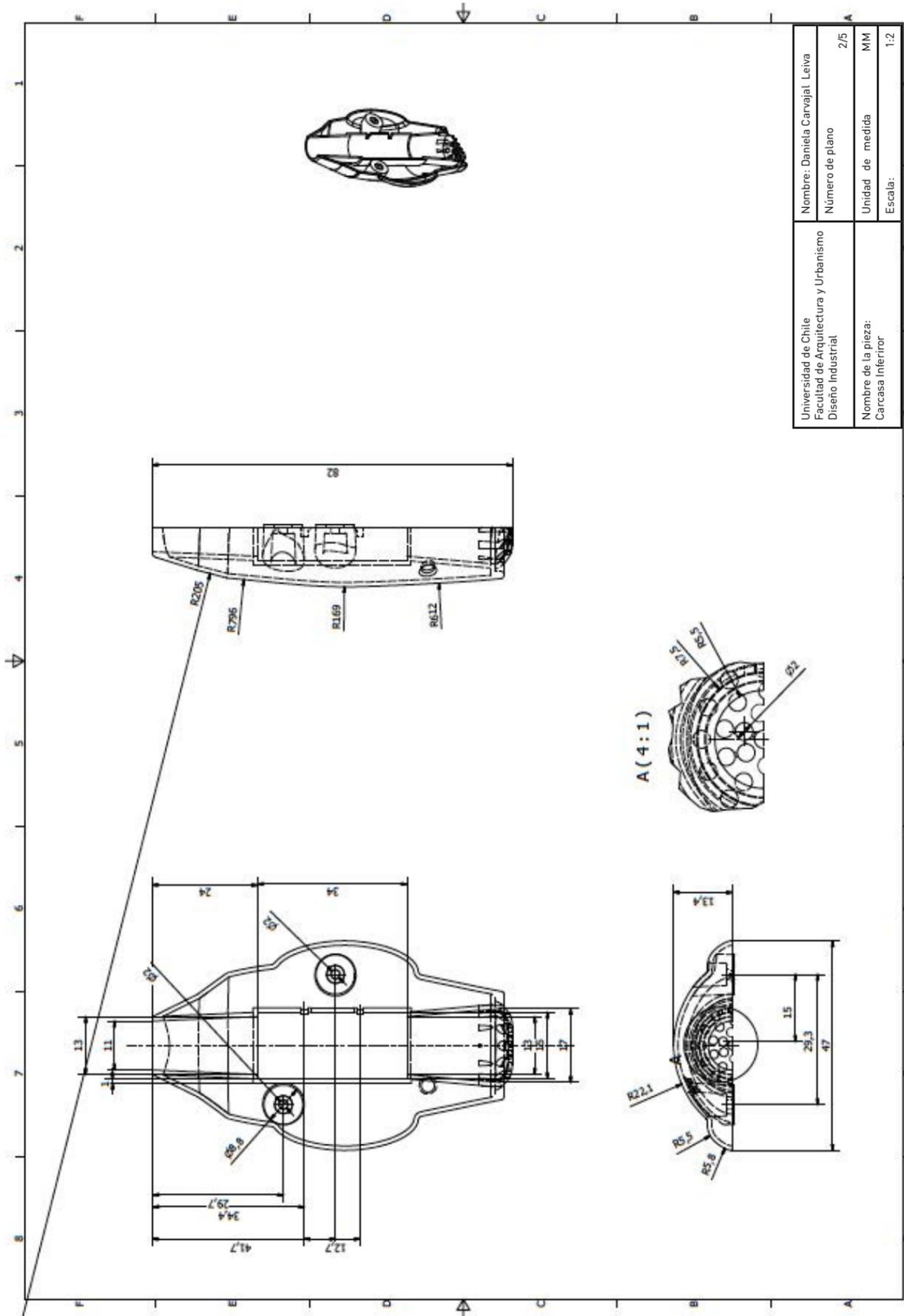
Nombre de la pieza:
Carcasa trasera



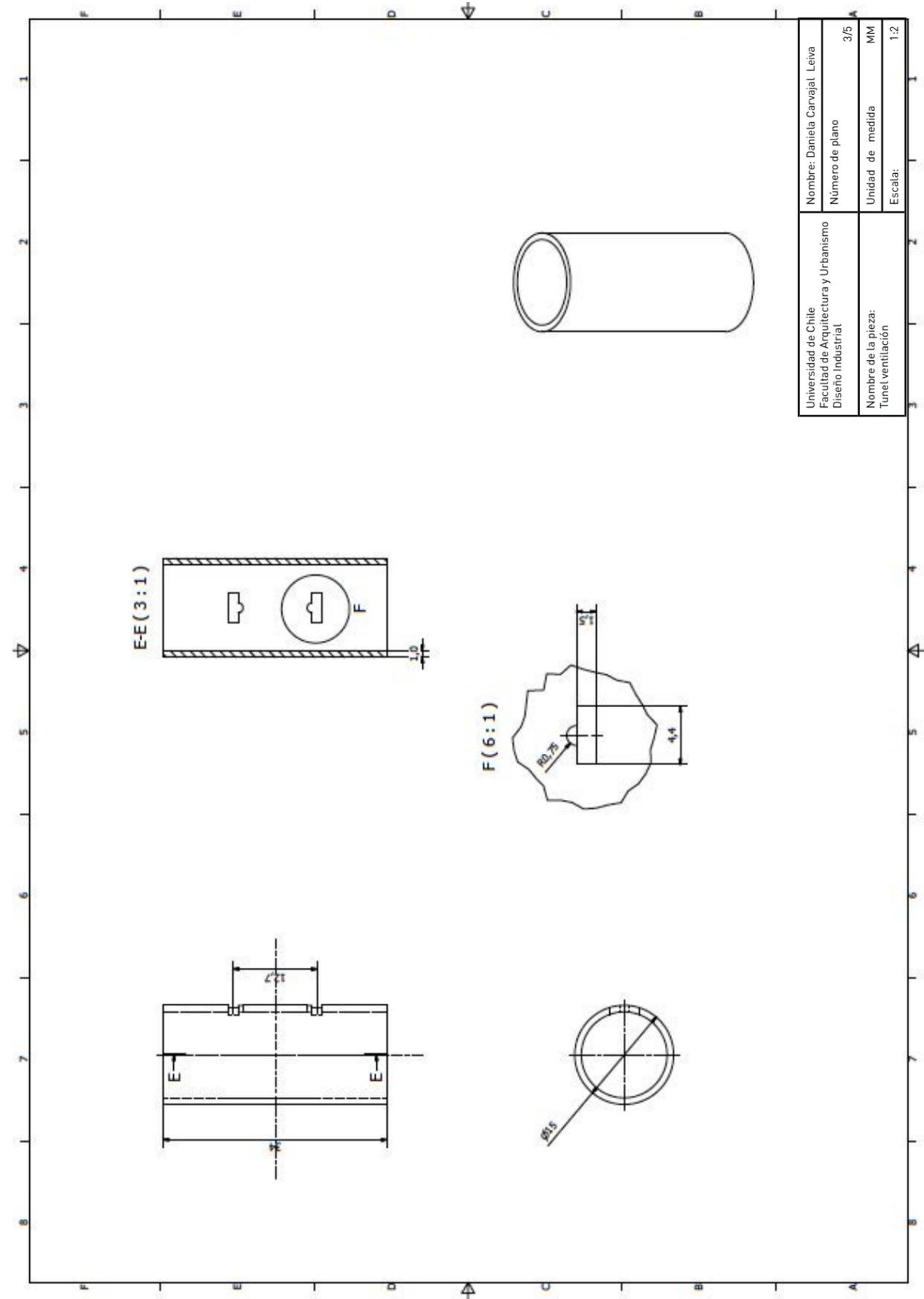
Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Diseño Industrial	Nombre: Daniela Carvajal Leiva Número de plano 3/3
Nombre de la pieza: Soporte LEDs	Unidad de medida MM Escala: 1:2



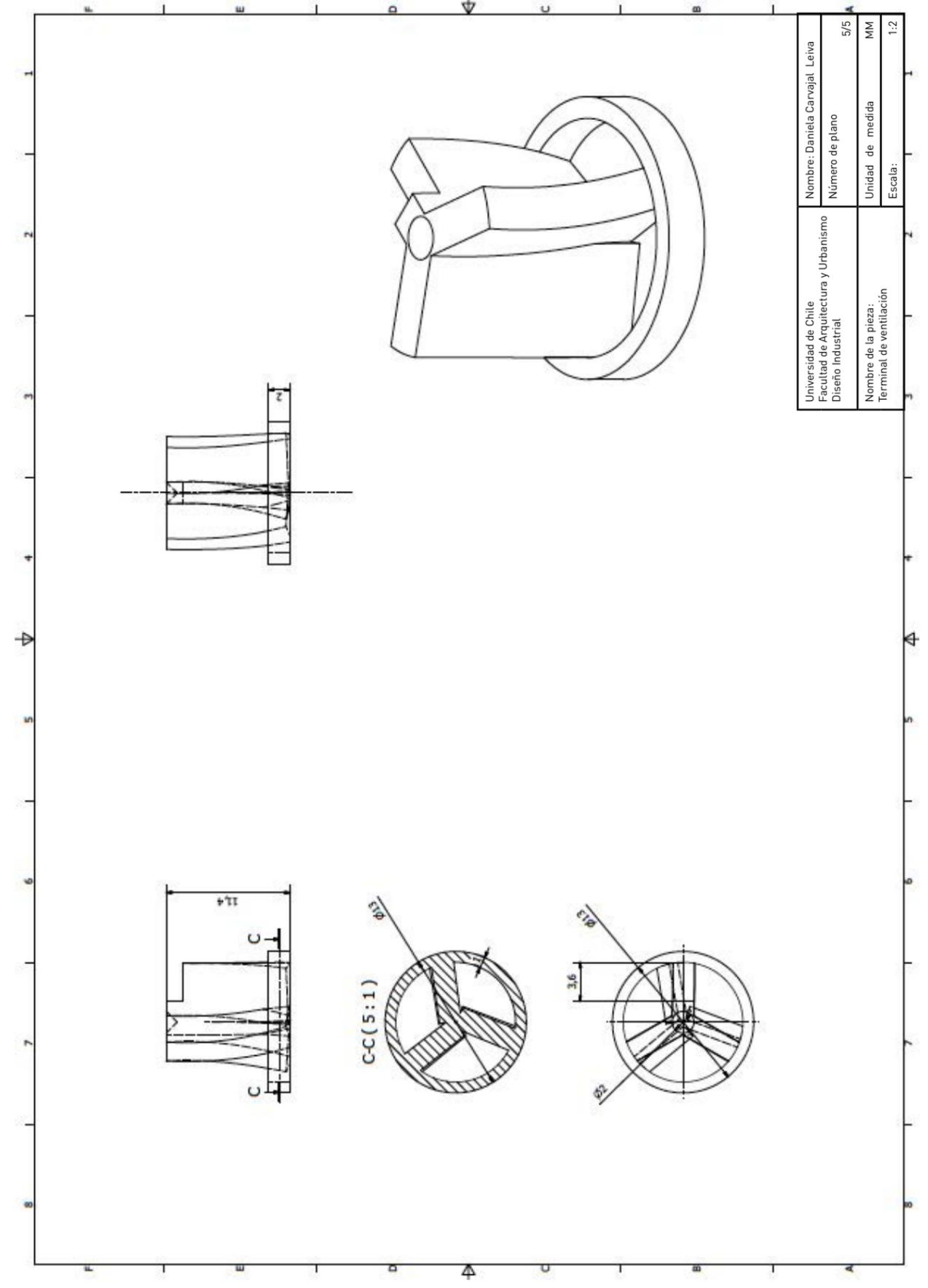
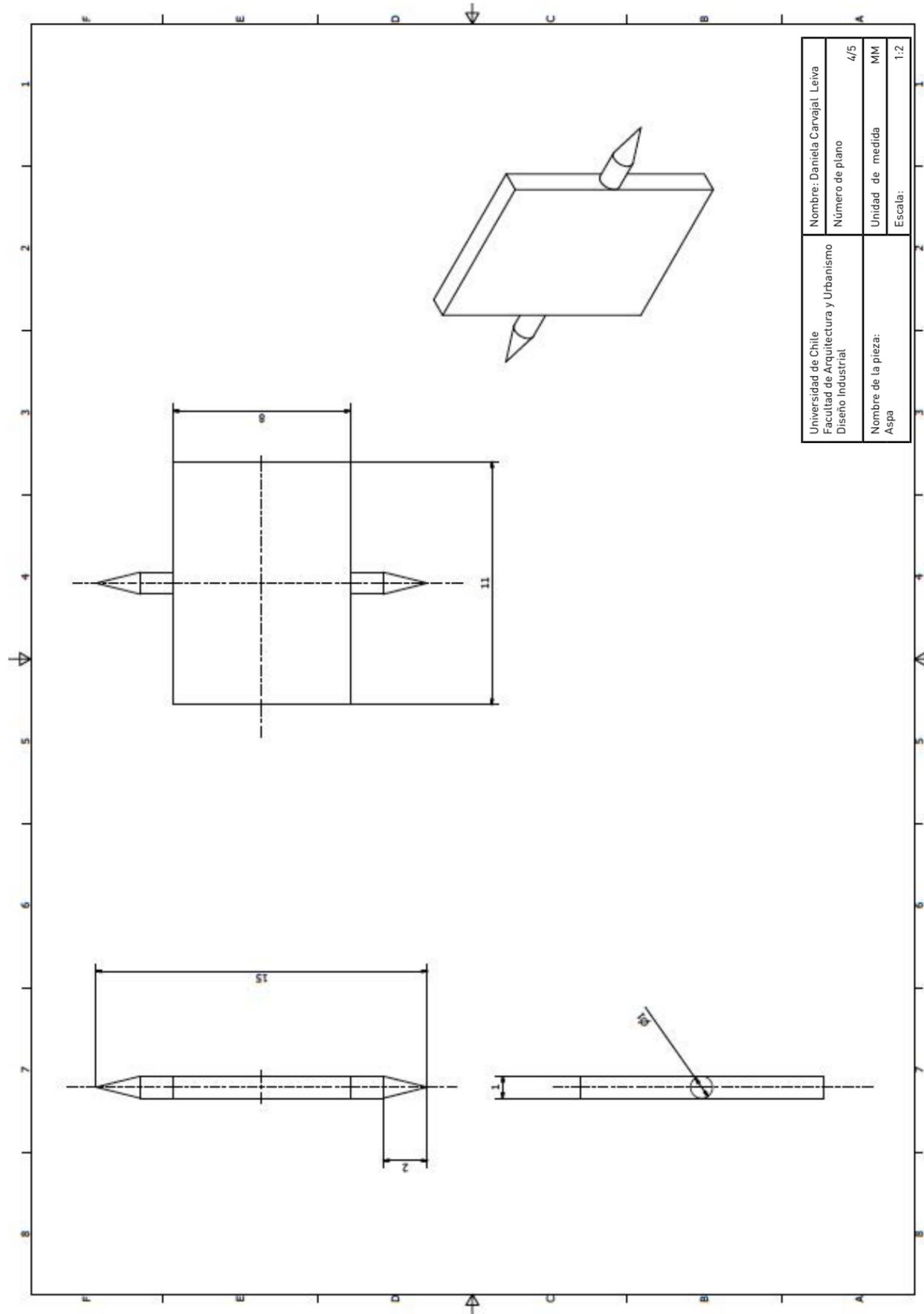
Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Diseño Industrial	Nombre: Daniela Carvajal Leiva Número de plano 1/5
Nombre de la pieza: Carcasa Superior	Unidad de medida MM Escala: 1:2



Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Diseño Industrial	Nombre: Daniela Carvajal Leiva Número de plano 2/5
Nombre de la pieza: Carcasa Inferior	Unidad de medida MM Escala: 1:2



Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Diseño Industrial	Nombre: Daniela Carvajal Leiva Número de plano 3/5
Nombre de la pieza: Tunel ventilación	Unidad de medida MM Escala: 1:2



Plan de negocios

MODELO CANVAS

A continuación se procederá a describir de manera lógica la forma en que el modelo de negocios propuesto para este proyecto pretende crear, entregar y capturar valor. Para esto se utilizará la herramienta llamada "CANVAS" que, en su aspecto fundamental, permite detectar sistemáticamente los elementos que generan valor al negocio. Esta herramienta consiste en dividir el proyecto en nueve módulos básicos que explican el proceso de cómo el proyecto generará ingresos. Estos nueve bloques interactúan entre sí para obtener como resultado diferentes formas de hacer rentable la propuesta. Como resultado de lo anterior, se clarifican los canales de distribución y las relaciones entre las partes, se determinarán los beneficios e ingresos y especifican, los recursos y actividades esenciales que determinarán los costos más importantes. Finalmente, se podrán determinar las alianzas necesarias para operar.

Propuesta de valor:

Mayor cantidad de exámenes aceptables

Mayor rango de aplicabilidad: niños de entre 4 y 5 años

Logra empatía con el paciente: más calidad de atención en base a la experiencia

Ahorra tiempo de consulta hasta en un 50%

Facilita al doctor la explicación de la tarea

Segmento:

Mercado de nicho: broncopulmonares pediátricos, kinesiólogos pediátricos y neumólogos pediátricos

Clientes: médicos de nivel socioeconómico transversal. Empresas de insumos médicos.

Canales:

Método directo de venta y atención

Página web con información del producto y de contacto

Evaluación: periodo de prueba, despacho, garantía, servicio técnico.

Web 2.0: página de facebook, twitter, videos, etc.

Publicidad en revistas especializadas

Promoción a ferias especializadas

Relaciones con los clientes:

Cercana y personalizada

Socios clave:

Proveedores: de software y hardware ; suministros electrónicos; fabricación en plástico; empresas de prototipado y embalaje.

Ministerio de salud: central de abastecimiento

Sociedad de enfermedades respiratorias

Colegio médico

Universidades

Colegios

Centros deportivos

Actividades clave:

Producción: diseño, prototipado, programación, armado, prueba de calidad, embalaje.

Distribución

Actualización permanente de actividad web

Venta y promoción

Trámites administrativos

Recursos clave:

Patente intelectual

RRHH: Ingeniero electrónico, programador; diseñador industrial y gráfico, vendedor, comercial.

Recursos Físicos: Centro de programación, armado y embalaje.

Página web

Recursos financieros

Fuentes de ingresos:

Venta de activos: espirómetro

Costos:

Costos fijos: Publicidad, gastos web, app store (derecho online), diseñadores, técnicos, vendedor, aseo, transporte, internet y teléfono, otros.

Costos variables: abs, silicona, soporte interno, fijaciones, boquilla hélices, aspa, packaging, luz, agua, insumos, otros

Costos hundidos: página web, edificio, mobiliario, iso 9001, impresoras, soldadora, computadores, herramientas, costos iniciales de diseño, App híbrida Android/iOS, código de programación, notaría, otros.

Costos

El proyecto considera que el espirómetro puede ser fabricado en Chile utilizando tecnología de impresión 3D de alta definición, manteniendo la calidad que estos productos requieren. La producción del dispositivo a través de inyección de plástico, como sería lo lógico, haría inviable su fabricación debido a los altos costos iniciales de producción. Este proyecto ve dos alternativas posibles para que sea llevado al mercado. Constituirse como emprendimiento o generar alianzas con empresas ya consagradas en el mundo médico que puedan interesarse en la propuesta. Por ello la estructura de costos muestra ambas alternativas.

Proyecto		
ELEMENTO	PRECIO	TIEMPO
Costo de diseño	\$4.200.000	
Hardware		
Diseño placa electronica	\$50.000	
Placa electrónica por unidad	\$12.677	Unidad
Otros (led, sensor, cables, etc)	\$866	Unidad
Software		
App Hibrida Android/ IOS	\$536.825	Diseño
App store (derecho online)	\$56.480	Anual
Código de programación	\$200.000	
Carcasa		
abs	\$15.544	Unidad
silicona	\$3.640	Unidad
SopORTE interno	\$3.290	Unidad
fijaciones internas	\$102	Unidad
fijaciones externas	\$260	Unidad
Turbina		
boquilla	\$300	Unidad
helices	\$405	Unidad
aspa	\$30	Unidad
Packaging	\$3.500	Unidad
\$5.083.919		

Costos Materiales		
Hardware		
Placa electrónica por unidad	\$12.677	Unidad
Otros (led, sensor, cables, etc)	\$866	Unidad
Carcasa		
ABS	\$15.544	Unidad
Silicona	\$3.640	Unidad
SopORTE interno	\$3.290	Unidad
fijaciones internas	\$102	Unidad
fijaciones externas	\$260	Unidad
Turbina		
Boquilla	\$300	Unidad
Helices	\$405	Unidad
Aspa	\$30	Unidad
Packaging	\$3.500	Unidad
\$40.614		

Empresa		
ELEMENTO	PRECIO	TIEMPO
Comunicación		
Publicidad en revista medica	\$750.000	Una sola vez
Página Web	\$540.000	Una sola vez
Domino	\$14.000	Anual
Hosting	\$40.000	Anual
Edificio y mobiliario		
Edificio (arriendo casa)	\$350.000	Una sola vez
Mobiliario	\$800.000	Una sola vez
Aseo (2 veces por semana)	\$1.440.000	anual
Certificación		
ISO 9001 (3 trabajadores)	\$3.708.447	Una sola vez
Equipo		
Impresora láser	\$115.000	Una sola vez
Impresora 3d profesional	\$12.000.000	Una sola vez
Soldadora de articulos electronicos	\$80.000	Una sola vez
Computadores (3 unidades)	\$3.000.000	Una sola vez
Herramientas		
Set de desatornilladores de presiciti	\$19.990	
Otros (alicate, tiptop, etc)	\$20.000	
Producto		
Costo de diseño	\$4.200.000	
Hardware		
Diseño placa electronica	\$50.000	
Placa electrónica por unidad	\$12.677	Unidad
Otros (led, sensor, cables, etc)	\$866	Unidad
Software		
App Hibrida Android/ IOS	\$536.825	Diseño
App store (derecho online)	\$56.480	Anual
Código de programación	\$200.000	
Carcasa		
abs	\$15.544	Unidad
silicona	\$3.640	Unidad
SopORTE interno	\$3.290	Unidad
fijaciones internas	\$102	Unidad
fijaciones externas	\$260	Unidad
Turbina		
boquilla	\$300	Unidad
helices	\$405	Unidad
aspa	\$30	Unidad
Packaging	\$3.500	Unidad
Sueldos y carga social		
1 diseñador grafico part time	\$3.600.000	Anual
1 técnico	\$7.800.000	Anual
1 vendedor (y promoción)	\$6.600.000	Anual
Constitución de empresa		
"empresa en un día"	\$0	
notaría	\$15.000	
Otros Gastos operacionales		
Luz	\$150.000	Mensual
Agua	\$30.000	Mensual
Internet y telefono	\$600.000	Anual
Insumos	\$15.000	Mensual
Transporte	\$3.600.000	Anual
Otros	\$360.000	Anual
La constitución de la empresa es factible economicamente si logra una venta anual de 49 espirómetros, es decir 4 unidades mensuales (ver anexos) . Su precio de mercado es de 553.000, siendo una alternativa de menor cossto que la oferta actual de espirómetros clinicos.		

Figura 60: Desglose de costos del proyecto. Fuente:Elaboración propia.

Conclusiones

Como se plantea al comienzo de este documento, debido a la creciente contaminación ambiental de nuestro entorno, las enfermedades pulmonares aumentan cada vez. Ante la urgencia de la creación de dispositivos de diagnósticos eficientes para la población más afectada con estas enfermedades, los niños preescolares, este proyecto de título se dispuso al rediseño del dispositivo espirométrico con el objetivo de aumentar la tasa de éxito de este examen de diagnóstico aplicado a este grupo, el más necesitado de la población.

El estudio giró en torno a los cuatro ejes principales del proyecto, enfermedades respiratorias, dispositivos médicos, preescolares y juego. El trabajo de campo arrojó que las principales dificultades de los niños menores de 6 años tenían que ver con que el diseño de los actuales espirómetros no es empático con la naturaleza infantil de los niños, generando un rechazo en estos. Se determinó que los requisitos de diseño que otorgaran mejores alternativas eran el código formal infantil, estímulo indicativo de la acción, el refuerzo positivo y la interfaz de usuario y doctor independientes, entre otros. De las alternativas se presentó la propuesta definitiva que venía determinada por la configuración de un personaje que respondía a los patrones formales observados en los juguetes comunes para niños y niñas. Finalmente, se presentó un prototipo funcional que validó la propuesta, comprobando la tesis de que el diseño planteado por este proyecto para el dispositivo espirométrico cumple aumentando la tasa de éxito del examen pasando de un 50% (o 70%, en el mejor de los casos) a un 92,8%. Además, se facilitó la realización del soplido y se disminuyó el tiempo de realización del examen de unos 15 minutos actuales a menos de 5 minutos en más del 90% de los casos. Por otra parte, el diseño de carácter lúdico y acorde a la naturaleza del infante hizo que disminuyera el rechazo que sentían los niños, logrando que el rango etario de entre 4 y 5 años se incorporara de manera exitosa al diagnóstico espirométrico.

La validación de este proyecto de título supone no solo un aporte a la innovación de los diseños de dispositivos clínicos, sino que un aporte al diseño en general, ya que abre nuevos campos poco explorados por esta disciplina en Chile e invita a impregnar de pensamiento de diseño a cualquier área que, aunque por muy poco convencional que parezca, tiene el potencial de mejorar la vida de muchas personas. Para el caso de este título, esas personas son los niños, el futuro de nuestra sociedad.

Referencias

Arancibia, V., Herrera, P., & Strasser, K. (2007). Teorías psicológicas aplicadas a la educación: Teorías cognitivas del aprendizaje. En Manual de Psicología Educacional. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Bonsiepe, G. (1998). Las siete columnas del diseño. En Del objeto a la interfase: mutaciones del diseño (págs. 15-23). Buenos Aires: Infinito.

Burgos, P., & Lara, J. (2004). Determinación de valores espirométricos en niños preescolares sanos, de la comuna de San Ramón. (F. d. Medicina, Ed.) Recuperado el 27 de Abril de 2015, de Universidad de Chile. Programa Cybertesis: www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/burgos_p/sources/burgos_p.pdf

Caillois, R. (1967): "Los Juegos y los Hombres: La Máscara y el Vértigo". Fondo de Cultura Económica, 1994. pp. 64-78. México, D.F.

Calvo, I. (30 de Octubre de 2008). Paletas de color. Recuperado el 5 de Junio de 2015, de Proyecto Color: <http://www.proyectacolor.cl>

Castro, J. A. (7 de Abril de 2003). Índice predictor del asma. Recuperado el 8 de Marzo de 2015, de Medicina Universidad de Chile: <http://www.med.uchile.cl/2003/abril/998-indice-predictor-del-asma.html>

Facultad de Medicina Universidad de Chile. (s.f.). Enfermedades Respiratorias: Asma Bronquial. Recuperado el 4 de Marzo de 2015, de Bases de la Medicina Clínica: http://www.basesmedicina.cl/respiratorio/107_asma_bronquial/contenidos.htm

Fiell, C., & Fiell, P. (2001). Catálogo A-Z. En Diseño del siglo XX (pág. 93). köln: Taschen.

Harvard School of Public Health. (2011). The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de World Economic Forum: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harvard_HE_GlobalEconomicBurdenNonCommunicableDiseases_2011.pdf

IDEO (2010). Diseño Centrado en las Personas. California; Atlas Book

IDEO. (2014). Medical Products 30 years. 18 MDEA Awards. Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de IDEO: http://www.ideo.com/images/uploads/work/pdf/MDEA_IDEO_2014.pdf

INE. (2014). Anuario de Estadísticas Vitales 2012. Recuperado el 2 de Marzo de 2015, de Instituto Nacional de Estadísticas: http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/completa_vitales_2012.pdf

Kelley, D. (Febrero de 2002). Human-centered design. (Ted, Entrevistador) Ted Talks. Monterrey.

Marques, C., & Lahóz, A. (2006). Fisioterapia respiratória em terapia intensiva pediátrica e neonatal: uma revisão baseada em evidências. *Pediatria Sao Paulo* .

Ministerio de Salud. (1998). D.S del Ministerio de Salud N° 825, Reglamento de Control y Elementos de Uso Médico. Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de Instituto de Salud Pública de Chile: http://www.ispch.cl/sites/default/files/5_agencia_reguladora/DFL_725_DE_1969.pdf

Miranda, C. (s.f.). Manejo del paciente con EPOC. (L. Montero, Ed.) Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de Medicina Familiar UC: <http://medicinafamiliar.uc.cl/html/articulos/400.html>

Norman, D. (2009). El diseño emocional. Barcelona: Paidós

OMS. (2014). Asma. Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int/respiratory/asthma/es/>

Parra, G. (15 de Marzo de 2015). Broncopulmonar Hospital de Niños Roberto del Río. Espirometría en Pre-escolares. (D. Carvajal, Entrevistador) Santiago.

Pérez-Padilla, J., & Vásquez, J. (2007). Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico. México: Boheringer Ingelheim Promeco.

Phillips, G. (1991). Ideas for High Impact Educational Techniques. St. Paul: National Youth Leadership Council.

Piaget, J. (1961) La formación del símbolo en el niño. México: F.C.E.

Piaget, J. (1991). Seis estudios de psicología. Barcelona: Labor.

Ruiz, M. (8 de Marzo de 2015). Director Laboratorio de Función Pulmonar Hospital J.J. Aguirre. Espirometría en Pre-escolares. (D. Carvajal, Entrevistador)

Universidad Andres Bello. (2006). Medidas antropométricas. Manos de 203 niños de 4 a 5 años. Santiago.

Anexos

Entrevistas

Dra. María Genoveva Parra es Pediatra Broncopulmonar en la Unidad de Enfermedades Respiratorias y Radiología Hospital de Niños Roberto del Río

D: ¿Qué importancia tiene la espirometría en la salud respiratoria de niños?

GP: La espirometría es un examen de laboratorio, que la utilidad que tiene es que mide la función pulmonar. Es un examen, en general, simple de realizar, no hay que pinchar a los niños y aporta mucha información con respecto a lo que está pasado en el pulmón. Nosotros lo usamos mucho para el diagnóstico de asma. El niño que salió recién, por ejemplo, tiene fibrosis quística y a través de la espirometría se hace el control de su enfermedad, porque la espirometría muestra una serie de valores que lo que hace es medir la capacidad que tiene el pulmón para dar paso del aire a través de los bronquios. Es tan simple como eso. Porque los bronquios son tubos que se pueden inflamar y obstruir. Tiene un tejido por dentro, que es el que se inflama y en la pared tiene musculatura y esa musculatura puede contraerse, cuando hay las crisis asmáticas por ejemplo, esa musculatura se aprieta y lo que mide es la resistencia del paso del aire a través de los bronquios. Entonces, si los bronquios están amplios al aire no le cuesta pasar, pero si los bronquios se aprietan, al aire le cuesta pasar y eso es lo que mide la espirometría, cuanto le cuesta al aire pasar. Entonces mide la velocidad con la que pasa el aire, mide el flujo y al medir el flujo uno sabe como está la vía aérea, si está más grande, más chica. Entonces, entrega mucha información y es muy útil desde el punto de vista respiratorio, de la salud respiratoria es súper útil, porque permite hacer diagnóstico, permite hacer investigación, permite confirmar, descartar, con un alto porcentaje de certeza.

D: ¿Por qué los niños tienen dificultades al realizar la espirometría?

GP: Es muy dependiente del esfuerzo, o sea los niños, el tema de los pre-escolares que depende mucho de que el niño colabore con el examen, porque es una maniobra en la que tiene que tomar mucho aire y botar y botar una cierta cantidad de segundos, para que a uno le pueda mostrar información y sea confiable los datos. Porque si un niño ese día se despertó y durmió poco está cansado o está choreado o vio una mala cara, los niños no colaboran con el examen y no hay como hacerlos. Entonces es muy dependiente de los niños. Los niños con fibrosis quística, como son patologías crónicas, desde muy chiquititos son capaces de hacer espirometría, a los cuatro años ya lo hacen, y hacen una buena espirometría, pero porque se llevan metidos en el hospital desde que tienen un año. Pero hay niños de diez años que no son capaces de soplar. Hay adultos que no son capaces de soplar. Ah y también se usa como examen para los pases operatorios, pre anestesia, tiene muchas indicaciones la espirometría.

D: ¿De los niños que vienen a una consulta broncopulmonar, cuantos, más o menos, son los que pasan, por el examen de espirometría?

GP: La mayoría, la mayoría depende de la edad. Después, de los seis años, en general, acá en el laboratorio uno los manda a todos, a todos espirometría. Es como pedir la radiografía de tórax, es un examen que nosotros usamos de rutina, o sea un niño, con tos de más de tres semanas de evolución uno debiera tomarle una radiografía de tórax y espirometría a todos.

D: ¿Antes de los seis años hay algún rango de edad en que igual se realice espirometría, con cuatro o 5 años por ejemplo?

GP: Sí, a los niños con fibrosis quística desde los cuatro años. En general se mandan solo a los niños con enfermedades crónicas, pero todo depende de la posibilidad de cooperación. De todas formas el procedimiento tiene un ajuste para los más chiquititos, por ejemplo la maniobra de rutina, en un niño de más de seis años tienen que soplar por seis segundos. Entonces toma el aire y soplan y tienen que mantener ese soplo por seis segundos y en los preescolares se exige menos. Se exige tres segundos...con dos, tres segundos, depende del equipo.

D: De los niños de cuatro o cinco años que hacen bien la espirometría ¿Cuál es la diferencia con los que lo hacen mal? ¿Entienden mejor que el resto?

GP: Al hacer la espirometría la maniobra tiene que ser continua, entonces cuando toman aire tiene que ser continuo porque si tosieran entre medio, no sirve. De repente uno le dice toma aire... más fuerte... entonces tiene que llegar a un valor que se llama pick flow, este depende del esfuerzo, del esfuerzo de los musculoso o sea depende de la voluntad. Entonces para que esta curva sea aceptable, este pick flow tiene que estar dentro de lo normal. Porque la maquina uno le pone puntitos, le pone puntitos, con lo que es esperado para el peso y la talla de ese niño. Entonces, este punto de acá tiene que coincidir lo que esta haciendo el observado del niño con el esperado, tiene que coincidir porque significa ahí que hizo un buen esfuerzo y esa es una manera de evaluar que la curva uno puede confiar. Primero es cuánto se demoró, cuanto aire botó cuánto se demoró y que sea capaz. Entonces, hay niños que no son capaces de hacer el esfuerzo o sea, por mucha voluntad que le pongan, porque hay curvas que son predictoras, o sea se aplican curvas y los programas computacionales traen las curvas incluidas. Ahora nosotros, se trabaja mucho con curvas de afuera entonces hay que extrapolar

GP: No hay curvas nacionales, ya? no hay curvas chilenas en estos momentos y hay unas curvas chilenas, pero que cuando se hicieron la población era muy chiquitita entonces en general no se consideran confiables. Hay unas que se hicieron en viña, que las hizo una doctora Gutiérrez de Viña, que algunos la aplican, pero en realidad no son confiables son más confiables las de afuera.

GP: Pero las de afuera es otra genética es otra población entonces siempre estamos como extrapolando . Cuando ve el examen, es un examen de laboratorio es una ayuda pero estamos haciendo varias curvas...bueno...la cosa es que son programas que trae el computador entonces hay que comparar y ese por ejemplo...un elemento que uno usa es que haya botado el aire en seis segundos salvo en los pre-escolares que se exigen tres segundos, la mitad

GP: Y que sean capaces de hacer este esfuerzo porque los más chiquitos normalmente no llegan al pick o sea se exige un cierto flujo máximo que no llegan. Entonces, si llegan acá obviamente estos valores van a quedar muy desfasados, entonces se supone que de la mitad para allá depende de la voluntad, y de aquí hacia allá es lo que se llama flujo independiente de esfuerzo que son los FEF independiente del esfuerzo que son involuntarios que dependen del bronquio, más fino y eso es lo que a uno le importa. Estos son los valores importantes, porque lo de acá depende de si un niño asmático obstruido hace un súper buen esfuerzo estos valores de acá van a salir normales y está obstruido.

GP: Entonces los que se alteran son del cincuenta de la mitad para allá y los que son independientes de esfuerzo que son los que dependen de la vía, de la vía aérea. Entonces, este esfuerzo es importante que lo hagan bien , que entiendan lo que uno le está diciendo. Porque los niños de repente no entienden, pero si uno les en un habla lenguaje más propio para ellos...hay que ganárselos.

D: Es todo un tema.

GP: Claro, es como todo, todos los niños, para poder examinarlos, para todo...o sea si uno quiere evaluarle el desarrollo psicomotor a un niño, el niño tiene que llegar bien ese día, no tiene que tener hambre , tiene que estar sano y tiene que, además, uno caerle bien al niño para que entiendan las instrucciones. Y hay programas que se han ido adaptando, de tal manera que los niños entiendan...motivarlos digamos, estimularlos a que tomen aire y que soplen fuerte y que soplen con muchas ganas...

D: ¿Cuánto dura el examen?

GP: El examen, si entendieron bien se demoran nada porque el niño entra uno le pone bolsa acá y le pones el tubo acá y le explicas, mira vas a tomar aire y a veces vienen entrenados de la casa o a veces han hecho previamente espirometría. entonces vas a tomar aire, vas a soplar y tienes que hacer 3 maniobras. O sea se pueden demorar cinco minutos.

D: Y alguien que viene por primera vez por ejemplo

GP: Ah, puedes estar toda la mañana, pero no se pueden hacer más de ocho maniobras. Entonces, claro, no podría estar diez minutos haciendo la espiro porque se obstruyen. Entonces no...o sale bien a la primera, los primeros cinco minutos

D: Es mejor no hacerlo

GP: Es mejor citarlos otros día. Que vengan otro día, y después se les pone salbutamol y se repite...se repite

D: Usted, como doctora, qué mejora inmediata podría aplicar a una espirometría , dentro de su experiencia, que usted haya dicho: ah, esto lo mejoraría

GP: Ah, el equipo. Mira, para los niños tiene que ser del tamaño adecuado, de colores bonitos, que no se intimiden los niños, que no les de miedo. La máquina si es bonita, tiene colores vivos, está a la altura de ellos y lo otro que miren imágenes, los niños ahora están muy acostumbrados a las pantallas y si tienen un video al frente posiblemente respondan súper bien al examen.

Entrevista Dr. Mauricio Ruiz

Dr. Mauricio Ruiz, especialista broncopulmonar y Director del Departamento de Medicina del Hospital Clínico Universidad de Chile

Daniela: La espirometría como procedimiento ¿qué importancia tiene en la salud respiratoria?

Mauricio: la espirometría es fundamental. Se trata de un examen no invasivo, sencillo, inocuo para el paciente. Permite establecer varias cosas; primero nos permite hacer diagnósticos sintomáticos, o sea a, grandes rasgos, de una serie de enfermedades que tienen que ver con trastornos de obstrucción, es decir, de dificultad para vaciarse del aire o restrictivos o sea dificultades para inflarse de aire o mezclas de estos dos trastornos. De hecho, es tan simple que se usa en dispositivos portátiles, se puede hacer mass screening, es decir, una especie de examen en masa, en grandes poblaciones y determinar riesgo o definitivamente enfermedades en grandes grupos de paciente, es un examen super ideal y no solamente eso, sino que además nos da información sobre la respuesta de tratamiento, es decir, mejora o normaliza el trastorno, evolutividad del paciente y nos da valores pronósticos. Por ejemplo, determinado trastorno o magnitud del trastorno se correlacionan con mayor riesgo de morir en años venideros de una determinada patología. Entonces eso nos permite tomar decisiones como por ejemplo en el momento de indicar trasplantes o el momento de escalar a drogas más potentes y por ende más caras. Por ende, yo diría que la espirometría es uno de los pilares del manejo de nuestros pacientes respiratorios.

El problema de los niños es la cooperación, en general nosotros no hacemos espirometría en preescolares, porque no hay claras tablas de referencia, por lo tanto un valor no podemos asegurar que esté fuera de las desviaciones estándar que establece la normativa para un determinado parámetro, de manera que pierde utilidad en ese sentido. Y segundo, en los niños requiere un nivel de comprensión que no se alcanza con los preescolares, puesto que el niño tiene que exhalar por tres segundos y tiene que retener el aire exhalar por tres segundos y en forma continua, sin hacer oscilaciones durante el proceso y eso afecta al rendimiento de las pruebas, es por eso que en este hospital (Joaquín Aguirre) no las hacemos. La espirometría se aplica acá de los 5-6 años para arriba.

D: ¿hay alguna diferencia en el procedimiento de niños comparado con el de adulto?

M: las diferencias fundamentales son el tiempo de exhalación, que en adulto son 6 segundos y en niños son 3.

D: en un niño ¿cuánto demora un examen espirométrico?

M: la espirometría completa tiene dos fases. Una que es la basal, que se hace la espirometría llegando el paciente y después de eso se aplica un broncodilatador, que es un pouf. Eso se repite 15 minutos después por lo tanto una espirometría demora entre 20 a 30 minutos.

D: de los niños de 5 a 6 años ¿hay algún porcentaje que no logra hacer el procedimiento?

M: calculo que no menos del 30%

D: y de los niños que sí logran hacer el examen ¿qué hacen bien distinto a los que no lo logran?

M: yo diría que lo fundamental es lograr aspirar en forma continua, botar el aire en forma continua por 3 segundos al menos. Eso es lo más difícil porque entremedio ellos para no dejar de soplar o tosen, o ponen la lengua entre la boca y la boquilla. Es más bien cognitivo, porque la mayoría de los niños son capaces de hacer la maniobra, no tienen impedimento físico por decirlo así.

D: y en un primer momento ¿ellos entienden que tienen que soplar?

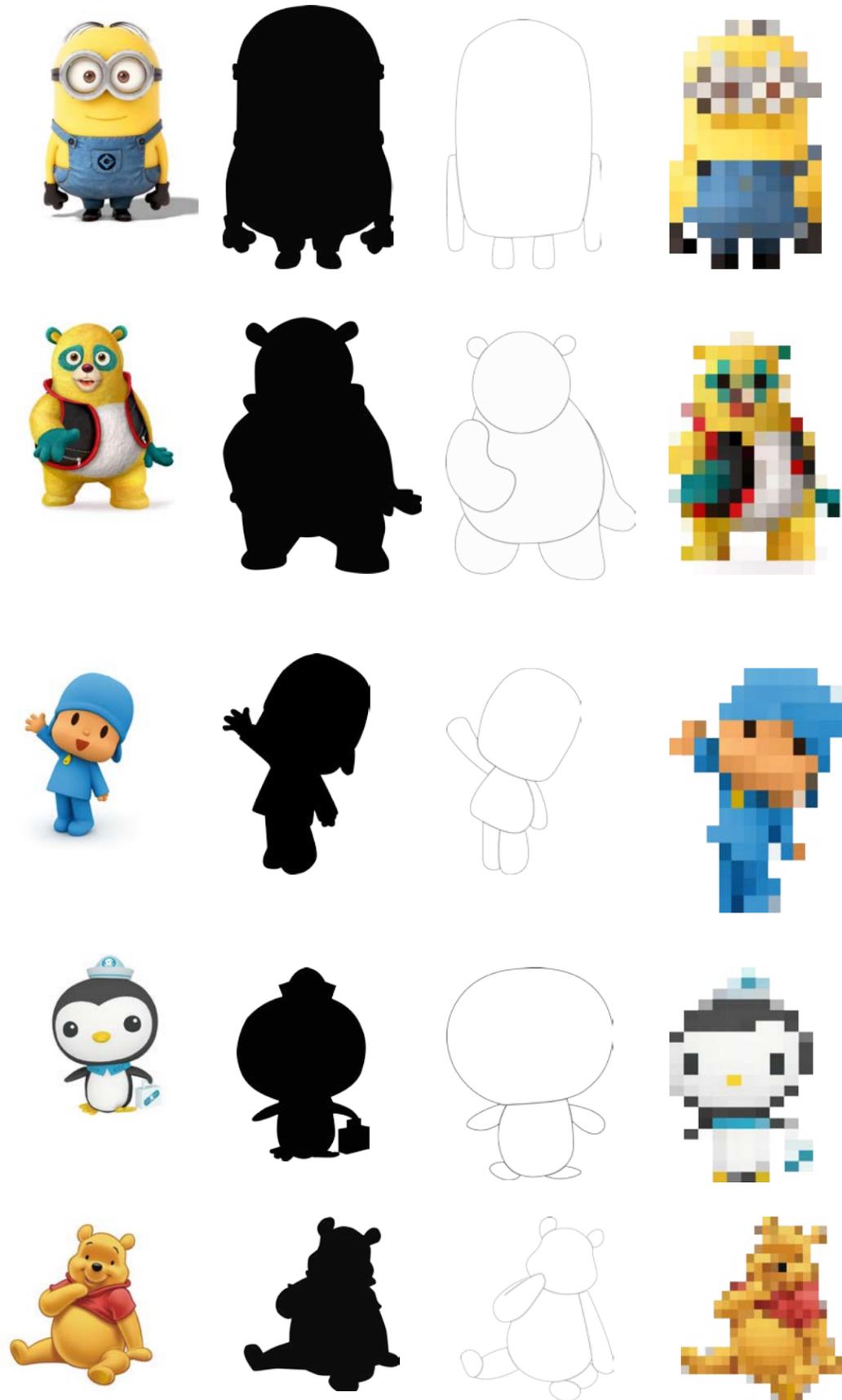
M: Sí, lo entienden.

D: ¿cree que habría una mejora al aplicar la espirometría con un instrumento diseñado especialmente para niños?

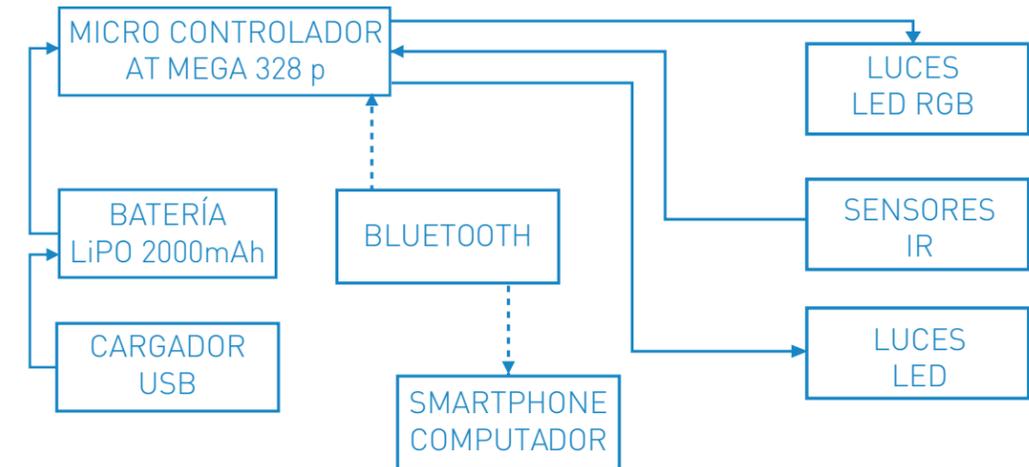
M: yo creo que se podría mejorar y/o optimizar esta técnica en la medida que se puedan utilizar boquillas que calzan mejor con la boca de los niños y algún dispositivo que evitara que una vez mordida la boquilla, la soltara. A lo mejor una especie de dispositivo que cuando mordiera la boquilla se fijara en el mentón, cosa que después no pueda soltar la boquilla, o a lo mejor un dispositivo, que le advirtiera... un sistema de luces o algo así... que el niño no está sellando bien su boca entorno a la boquilla del espirómetro y por supuesto que yo creo que los niños se sienten más atraídos si los dispositivos tienen un aspecto más amigable, incluso más estimulable, es un hecho que todo el merchandising de los niños se basa en colores, diseño, figura, que de alguna manera los estimula y no veo por qué se pueda aprovechar eso, también en el diseño de espirómetros, que de alguna manera aumenten el atractivo de los niños para hacer el examen o disminuya la tensión. Los niños llegan tensionados, algunos asustados, al borde del llanto, pensando que van a sufrir un trauma, una agresión, en un examen que es absolutamente cero agresivo. Pero, eso puede afectarles, y si ven un entorno amigable que no incluya solamente el dispositivo sino que también una habitación más lúdica, yo creo que todo eso ayuda.

Análisis de códigos formales de personajes





Esquema Espirómetro



Código

```
// PINES
const int sensorPin = A0;
const int ledApin1 = 3;
const int ledApin2 = 5;
const int ledBpin1 = 6;
const int ledBpin2 = 9;
const int ledCpin1 = 10;
const int ledCpin2 = 11;

// VALORES
int sensorVal; // valor obtenido de la lectura del sensorPin
int AgreenMaxg = 255; // nomenclatura nombre de variable;
int AgreenMaxb = 96; // letra ID LED ("A", "B", "C") + color mezclado ("green", "orange", "violet") + "Max" + color canal ("r", "g", "b")
int BorangeMaxr = 255; // B + orange + Max + r = BorangeMaxr
int BorangeMaxg = 157;
int CvioletMaxr = 138;
int CvioletMaxb = 255;

// OTROS
int irCommStatus = 0; // 0 for continuous IR beam (sensor values under 70). 1 for interrupted IRbeam (100+).
int prevIrCommStatus = 0; // stores the previous value
int revolutions = 0; // counts changes in irCommStatus
int ledID = 0; // id for tracking which led is turned on
int intervalID = 0; // if for tracking in which sub-inter-

val are we on
int shortInterval = 333; // 1/3 de segundo
unsigned long previousMillis = 0; // store the previous value in Millis
unsigned long currentMillis;
int currentLED;

void setup()
{
  // SET pinmodes
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(ledApin1, OUTPUT);
  pinMode(ledApin2, OUTPUT);
  pinMode(ledBpin1, OUTPUT);
  pinMode(ledBpin2, OUTPUT);
  pinMode(ledCpin1, OUTPUT);
  pinMode(ledCpin2, OUTPUT);
  // comunicacion serial
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  sensorVal = analogRead(sensorPin);
  // Serial.println(sensorVal); // uncomment para revisar si se reciben datos del sensor

  prevIrCommStatus = irCommStatus;
  //CHECK FOR PULSE
```

```

if (sensorVal < 70) {
  irCommStatus = 0;
} else if (sensorVal > 100) {
  irCommStatus = 1;
}

//IF A PULSE IS DETECTED, INCREASE REVOLUTIONS
if (prevIrCommStatus != irCommStatus){
  revolutions+= 1;
// Serial.print("revoluciones :");          // uncomment
para revisar si es correcto el conteo de revoluciones
// Serial.println(revolutions);
}

//IF THERE ARE 1 OR MORE REVOLUTIONS
if (revolutions >= 1){

  // START COUNTING TIME
  currentMillis = millis();

  //IF A third of a SECOND HAS PASSED
  if (currentMillis - previousMillis >= shortInterval){

    Serial.println("-- ha pasado 1/3 de segundo --");

    if (revolutions > 2) {          // si hay al menos 2 revoluciones
en este sub-intervalo

      intervalID +=1;          // incrementa en 1 el ID del
sub-intervalo
      Serial.print("interval ID: ");
      Serial.println(intervalID);

      switch (intervalID){          // asigna acciones segun en
que sub-intervalo de segundo estamos
      case 1:
        revolutions = 1;
        Serial.println("estamos en el primer intervalo: ");
        previousMillis = currentMillis;
        break;
      case 2:
        revolutions = 1;
        Serial.println("estamos en el segundo intervalo: ");
        previousMillis = currentMillis;
        break;
      case 3:
        ledID += 1;
        currentLED = ledID;
        Serial.println("estamos en el tercer intervalo: ");
        LEDsystem();          // al llegar al tercer intervalo,
se activa el sistmema q enciende los LEDS
        intervalID = 0;          // y se reinicia el contador de
intervalos

        break;
      }
    }
  }
} else {          // en cambio, si hay 2 revoluciones
o menos en el intervalo
  Serial.println("shao perdiste, less than 3 revs in
interval");
  ledID = 0;          // reseteamos todas las variables
  revolutions = 0;
  intervalID = 0;
  turnOffAllLEDS();          // y apagamos todos los
leds
  previousMillis = currentMillis;
}
}
}

delay(2);
}

```

Plan de negocios

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD:

Las principales necesidades se observan desde el punto de vista del médico, al momento en que este realiza los exámenes con los dispositivos espirométricos tradicionales a niños en etapa preescolar. Estas necesidades son:

- Disminuir el tiempo total utilizado en la consulta, desde que el doctor explica el procedimiento al paciente hasta que este realiza el examen de manera satisfactoria.
- Aumentar la tasa de exámenes aceptables -se estima que cerca de un 80% de los exámenes con espirómetros a niños preescolares son rechazados*.
- Ampliar aplicabilidad del examen para un mayor rango etario, que en Chile tiene aplicabilidad desde los 6 años de edad.
- Facilitar al doctor la explicación de cómo se debe realizar el examen para preescolares, ya que, según lo observado y lo declarado por los propios doctores, a los niños ven un sistema complejo y les cuesta entender las indicaciones del doctor para poder realizar de forma correcta el examen.
- Disminuir el rechazo que sienten los pacientes de temprana edad ante el ambiente clínico y los dispositivos utilizados para la consecución del examen.

IDENTIFICACIÓN DE LA OPORTUNIDAD Y PROPUESTA:

Las necesidades planteadas en el ítem anterior representan una oportunidad de mercado al no estar plenamente satisfechas por los productos y servicios existentes en la industria actual de la salud respiratoria. Se presenta la oportunidad de ofrecer un producto/servicio que mejore la experiencia de la realización del examen para niños preescolares, donde se pueda disminuir el tiempo utilizado en la consulta, aumentar la tasa de exámenes aceptables, ampliar el rango etario de aplicabilidad incorporando a niños de 4 y 5 años; haciendo un sistema que facilite la explicación del doctor y la comprensión del niño a la hora de abordar el examen, y mejorando la empatía del ambiente clínico con el paciente, acorde a su mundo infantil, totalmente lejano al aspecto médico tradicional.

Más concretamente, la propuesta es la siguiente: un dispositivo médico, llamado "Fuuu", con carácter lúdico, que otorga una experiencia amigable acorde a la naturaleza del infante. La propuesta de diseño, ya respaldada a lo largo del informe, permite un mejor entendimiento por parte del paciente sobre lo que tiene que hacer, lo que a su vez facilita la explicación del doctor respecto de cómo se debe realizar el examen y disminuye hasta en un 50% el tiempo utilizado en la consulta. Además, el diseño del sistema/producto del dispositivo permite que el niño identifique una cercanía desde el punto de vista formal de Fuuu con su realidad infantil y mundo de juegos, generando una empatía de este con el objeto y el ambiente clínico, lo que se traduce en una mayor aceptación del los niños ante la situación del examen pulmonar. Todo lo anterior, no solo permite que se incorpore a niños de entre 4 y 5 años para el espectro de aplicabilidad de dicho examen, sino que también lo hace de una manera mucho más eficiente y amigable que con los actuales espirómetros, otorgando una propuesta de valor única para esta industria.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO SEGÚN TIPO DE INNOVACIÓN:

En la siguiente tabla se muestra el tipo de innovación que representa el dispositivo Flowi para su inserción en el mercado.

		Innovación empresarial	
		<i>Nuevo producto</i>	<i>Nueva industria</i>
Producto	Innovación	<i>SÍ</i>	<i>NO</i>
existente	<i>Industria tradicional</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>
	<i>Nuevos sistemas de negocios</i>	existente	Innovación

Sistema de negocio

Como hemos visto, Fuuu pretende cambiar la forma en que los niños se enfrentan y realizan el examen de función pulmonar a través de su innovación en el diseño del aparato espirométrico; esto lo transforma en un nuevo producto que se presenta en un sistema de negocio tradicional.

EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo necesario para llevar a cabo el proyecto del nuevo dispositivo espirométrico, Fuuu, debe tener tanto aptitudes y conocimientos complementarios, como valores y competencias transversales.

Valores: el equipo de trabajo debe presentar valores acorde a la dedicación del diseño de productos médicos, principalmente enfocados a niños. Estos valores deben ser de:

Vocación: contar con un natural interés por mejorar la experiencia médica;

Compromiso: se necesita un equipo que valore el cumplimiento de las actividades encomendadas que sustente la confianza de la industria médica en nuestra propuesta.

Calidez humana: alto nivel de empatía para entender profundamente las necesidades de los clientes y usuarios de la propuesta de valor.

Eficiencia: el equipo debe valorar el aprovechar al máximo los recursos para utilizarlos de la forma más óptima y oportuna posible.

Felicidad: la búsqueda de la felicidad propia y la de los usuarios debe ser uno de los pilares fundamentales a tener en cuenta en cada parte de la realización del trabajo.

Competencias transversales: El equipo de trabajo debe tener competencias transversales, a parte de las que deben tener como propias de su cargo, de manera que conformen la cultura organizacional y sean la base de un estándar mínimo de las actividades empresariales fundamentales. Estas competencias son:

Flexibilidad en el enfoque de problemas: se debe tener la capacidad de poder ver desde distintos puntos de vista los problemas para llegar a las mejores soluciones posibles.

Resiliencia: la capacidad de sobreponerse a los problemas es una competencia fundamental frente a cualquier proyecto, no siendo esta una excepción.

Adaptabilidad: necesaria para adoptar las nuevas tecnologías que adopta la industria y la aparición de nuevos métodos de diseño.

Creatividad: originalidad a la hora de encontrar soluciones a los problemas.

Cargos y descripción de puestos: Adicional a las competencias transversales, el equipo necesita conocimientos y competencias específicas y complementarias, que se evidencian en la descripción de cargos. El equipo se divide en tres momentos de la consecución del proyecto: El equipo de proyecto, para el inicio de este; el equipo de producción, para la fabricación; y el equipo de comunicación y ventas para la presentación y distribución del producto ya concretado.

Equipo de proyecto:

Diseñador: es quien realiza la investigación del contexto, el usuario y del mercado, para luego desarrollar la propuesta del producto que mejor atienda las necesidades descubiertas.

Ingeniero eléctrico: complementa la propuesta del producto, a través del desarrollo de hardware.

Ingeniero informático: complementa la propuesta del producto, a través del desarrollo de software.

Equipo de producción:

Técnico: encargado de ensamblaje, testeado y servicio de post venta (servicio técnico).

Equipo de comunicación y ventas:

Vendedor: encargado de hacer las ventas y promoción del producto.

Diseñador Gráfico: encargado de imagen corporativa.

PLAN DE MERCADO

El plan de mercado pretende resolver tres temas claves: quién es el cliente, cómo se debe llegar al cliente y quién es la competencia.

Quién es el cliente (segmento): El cliente directo se encuentra en un mercado de nicho orientado a los centros médicos públicos y privados en todos sus niveles, junto con especialistas broncopulmonares pediátricos, kinesiólogos pediátricos y neumólogos pediátricos; siendo estos médicos de un nivel socioeconómico transversal.

Un cliente indirecto, que funciona de intermediario, son las empresas de insumos médicos que estén interesadas en entregar soluciones eficientes y creativas a sus propios clientes.

Los usuarios del producto son niños de entre 4 y 5 años con problemas respiratorios, sin distinción socioeconómica.

Cómo se debe llegar al cliente (canales): Los métodos por los cuales se comunicará y hará llegar la propuesta de valor son los siguientes:

- Publicidad tradicional: publicaciones en revistas especializadas de medicina e innovación en el área de la salud.

- Mercadeo directo: método directo de venta y atención.

- exposiciones y ferias: participación en exposiciones y ferias relacionadas al área médica.

- Marketing online: página web con descripción del producto e información de contacto. Participación en redes sociales a través de la generación de contenido y promoción del producto.

Analizando el mercado y la competencia el precio del producto es de 553.000 no está relacionado con los costos sino con lo que el cliente está dispuesto a pagar. Analizando el valor de mercado, junto con la propuesta de valor del producto y el análisis financiero (ver apartado de plan financiero) se adoptará una propuesta de precios bajos con el objetivo de captar cuota de mercado como estrategia de entrada.

ANÁLISIS PESTLE: Adicionalmente al análisis anterior, se presenta un análisis PESTLE que es una técnica de análisis estratégico para definir el contexto de una compañía según una serie de factores externos. Estos factores son políticos, económicos, socio-culturales, tecnológicos, ecológicos y legales.

Factores Económicos: La economía chilena se encuentra en un periodo de desaceleración económica. Sin embargo, Chile no se encuentra en recesión y las proyecciones dicen que, aunque de manera lenta, ya comienza la recuperación económica, consolidándose en 2016. Esta expectativa de recuperación más la política del banco central de mantener la tasa de interés en 3%, provocará un aumento de la inversión pública y privada que había venido estancada en el último tiempo, haciendo que sea un ambiente propicio para nuevas propuestas de valor, como la del presente proyecto.

Factores Socioculturales: Estamos en una época en que clientes y usuarios se empoderan y son quienes exigen las propuestas de valor que producen las empresas. El cliente quiere que se le entienda y las empresas deben hacer esfuerzos para entender en profundidad sus necesidades. La tendencia es a ofrecer propuestas que entiendan y atiendan a la emocionalidad de las personas, que es a lo que apunta el dispositivo Fuuu.

Factores Tecnológicos: La sociedad actual adopta con rapidez las nuevas tecnologías y éstas se transforman en necesidades básicas para muchas personas. En este contexto, existe amplia aceptación y sensación bienestar relacionado a tecnologías inalámbricas, dispositivos y aplicaciones web y móviles que facilitan y forman parte de nuestra sociedad. Fuuu incorpora de buena manera esta tendencia, lo que supone una ventaja para su inserción en el mercado. Sin embargo, la tecnología tiene la contraparte de la temprana obsolescencia, riesgo que se toma como un desafío que impone estar a la altura para una innovación constante acorde a la tendencia.

Factores Ecológicos: Actualmente hay cada vez mayor conciencia sobre el cuidado del medio ambiente y el uso de energías renovables en la producción y desarrollo de productos y servicios que consumimos en la actualidad. En línea con lo anterior, se propone para las futuras versiones de Fuuu mejoras desde el punto de vista del cuidado ambiental y eficiencia energética, a través del uso de materiales reciclables, reutilizables y uso de energías renovables como sería un sistema de carga a través de pequeños paneles solares, por ejemplo.

Factores Legales: Dentro de los factores legales el aspecto más crucial para este proyecto es la obtención del permiso sanitario. Para conseguir este permiso se deben cumplir los siguientes requisitos:

6. ANTECEDENTES DEL DISPOSITIVO MÉDICO QUE DEBE ADJUNTAR:

- 6.1 Rótulos.
- 6.2 Instructivo interno o manual del equipo, según corresponda.
- 6.3 Certificado para propósitos de exportación otorgado por la Autoridad Sanitaria correspondiente, debidamente consularizado.
- 6.4 Certificado del Sistema de Gestión de Calidad en la Fabricación. (Ej: ISO 13485, ISO 9001 y otros.).
- 6.5 Documento emitido por el fabricante donde reconoce a la empresa solicitante como distribuidora de sus productos, (si procede).
- 6.6 Declaración del procedimiento de esterilización aplicado al dispositivo médico (si procede).
- 6.7 Fórmula cuali-cuantitativa, si corresponde.

El caso de Fuuu se trata de un dispositivo de bajo riesgo, ya que tiene un contacto no invasivo con el paciente, por lo que los requisitos para obtener el permiso sanitario son mínimos en comparación con otros tipos de instrumentos médicos, teniendo un riesgo considerablemente bajo de rechazo.

El otro elemento legal importante es el proceso de patentar el dispositivo. Este proceso debe pasar por una validación nacional e internacional, teniendo como principales escollos la aceptación de la forma y del funcionamiento. Para el primer caso no debiera existir mayor problema, ya que se trata de una innovación en la forma respaldada a través de la presente investigación; sin embargo, si se reconoce cierto riesgo para la validación de la patente desde el punto de vista del funcionamiento, puesto que se ha incorporado el mismo sistema de funcionamiento de los espirómetros existentes para conformar la totalidad del dispositivo Fuuu. En caso de no poder utilizar de manera libre el funcionamiento de los espirómetros, se debe proceder a pagar derechos de autor avaluados para este caso en 4UTM.

PRESUPUESTO				
ELEMENTO	PRECIO	TIEMPO	TIPO	COMENTARIO
Comunicación				
Publicidad en revista medica	\$750.000	Una sola vez	Fijo	1 Edición, pág completa
Página Web	\$540.000	Una sola vez	Hundido	
Domino	\$14.000	Anual	Fijo	
Hosting	\$40.000	Anual	Fijo	
Edificio y mobiliario				
Edificio (arriendo casa)	\$350.000	Una sola vez	Hundido	
Mobiliario	\$800.000	Una sola vez	Hundido	
Aseo (2 veces por semana)	\$1.440.000	anual	fijo	
Certificación				
ISO 9001 (3 trabajadores)	\$3.708.447	Una sola vez	Hundido	
Equipo				
Impresora láser	\$115.000	Una sola vez	Hundido	Duración 5 años
Impresora 3d profesional	\$12.000.000	Una sola vez	Hundido	Duración 10 años
Soladora de articulos electronicos	\$80.000	Una sola vez	Hundido	Duración 10 años
Computadores (3 unidades)	\$3.000.000	Una sola vez	Hundido	Duración 5 años
Herramientas				
Set de desatornilladores de presición	\$19.990		Hundido	
Otros (alicate, tiptop, etc)	\$20.000		Hundido	
Producto				
Costo de diseño	\$4.200.000		Hundido	
Hardware				
Diseño placa electronica	\$50.000		Hundido	
Placa electrónica por unidad	\$12.677	Unidad	Variable	
Otros (led, sensor, cacbles, etc)	\$866	Unidad	Variable	
Software				
App Hibrida Android/ IOS	\$536.825	Diseño	Hundido	
App store (derecho online)	\$56.480	Anual	Fijo	
Código de programación	\$200.000		Hundido	
Carcasa				
abs	\$15.544	Unidad	Variable	
silicona	\$3.640	Unidad	Variable	
Soporte interno	\$3.290	Unidad	Variable	
fijaciones internas	\$102	Unidad	Variable	
fijaciones externas	\$260	Unidad	Variable	
Turbina				
boquilla	\$300	Unidad	Variable	
helices	\$405	Unidad	Variable	
aspa	\$30	Unidad	Variable	
Packaging	\$3.500	Unidad	Variable	
Sueldos y carga social				
1 diseñador grafico part time	\$3.600.000	Anual	Fijo	
1 técnico	\$7.800.000	Anual	Fijo	
1 vendedor (y promoción)	\$6.600.000	Anual	Fijo	
Constitución de empresa				
"empresa en un día"	\$0			
notaría	\$15.000		Hundido	
Otros Gastos operacionales				
Luz	\$150.000	Mensual	Variable	Costo unidad: 1000
Agua	\$30.000	Mensual	Variable	Costo unidad: 200
Internet y telefono	\$600.000	Anual	Fijo	
Insumos	\$15.000	Mensual	Variable	Costo unidad: 15
Transporte	\$3.600.000	Anual	Fijo*	* Gasto promedio
Otros	\$360.000	Anual	Fijo	

TIPOS DE COSTO			
Costos fijos			
Publicidad en revista médica	\$750.000	1 edición, pág completa	Fijo
Domino	\$14.000	Anual	Fijo
Hosting	\$40.000	Anual	Fijo
App store (derecho online)	\$56.480	Anual	Fijo
1 Diseñador grafico part time	\$3.600.000	Anual	Fijo
1 Técnico	\$7.800.000	Anual	Fijo
1 Vendedor (y promoción)	\$6.600.000	Anual	Fijo
Aseo (2 veces por semana)	\$1.440.000	Anual	Fijo

Costos variables

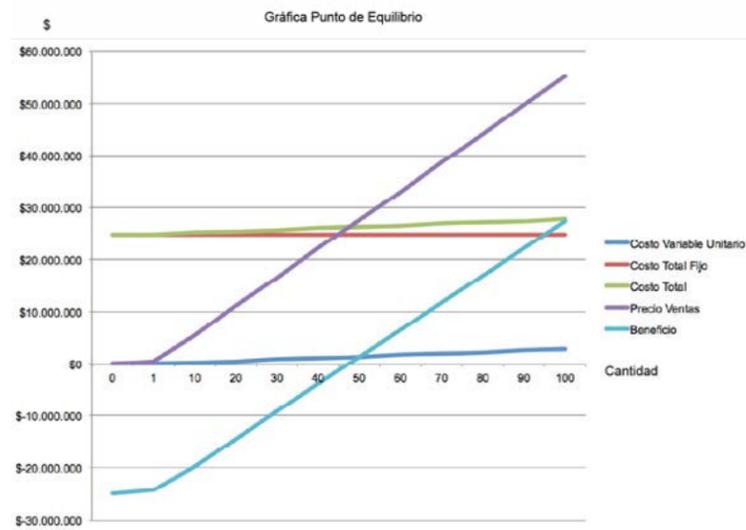
Otros (led, sensor, cables, etc)	\$866	Unidad	Variable		
Abs	\$15.544	Unidad	Variable		
Silicona	\$3.640	Unidad	Variable		
Soporte interno	\$3.290	Unidad	Variable		
Fijaciones internas	\$102	Unidad	Variable		
Fijaciones externas	\$260	Unidad	Variable		
Bboquilla	\$300	Unidad	Variable		
Helices	\$405	Unidad	Variable		
Aspa	\$30	Unidad	Variable		
Packaging	\$3.500	Unidad	Variable		
Luz	\$1.000	Mensual	Variable	Costo unidad:	1000
Agua	\$200	Mensual	Variable	Costo unidad:	200
Insumos	\$15	Mensual	Variable	Costo unidad:	15
Total	\$29.152				

Costos hundidos

Página Web	\$540.000	Diseño	Hundido	
Edificio (arriendo casa)	\$350.000		Hundido	
Mobiliario	\$800.000		Hundido	
Iso 9001 (3 trabajadores)	\$3.708.447		Hundido	
Impresora láser	\$115.000		Hundido	Duración 5 años
Impresora 3d profesional	\$12.000.000		Hundido	Duración 10 años
Soldadora de articulos electronicos	\$80.000		Hundido	Duración 10 años
Computadores (3 unidades)	\$3.000.000		Hundido	Duración 5 años
Set de desatornilladores de precisión	\$19.990		Hundido	
Otros (alicate, tiptop, etc)	\$20.000		Hundido	
Costo de diseño	\$4.200.000		Hundido	
Diseño placa electronica	\$50.000		Hundido	
App Hibrida Android/ IOS	\$536.825	Diseño	Hundido	
Código de programación	\$200.000		Hundido	
notaría	\$15.000		hundido	
Total	\$25.635.262			

CALCULO PUNTO DE EQUILIBRIO

Costos Fijos Totales anuales (CFT)	\$24.820.480			
Costo Variable Total (CVT)	\$41.829			
Precio de venta Unitario (P)	\$553.000			
Punto de equilibrio:	Cantidad = $\frac{CFT}{(P-CVU)}$	=	$\frac{24820480}{553000-41829}$	= 48,5
Entonces el punto de equilibrio son	48,5 unidades anuales, es decir 4,04 unidades mensuales			



DEPRECIACIÓN

ACTIVO	VALOR	VIDA UTIL
Impresora Laser	\$115.000	5 años
Impresora 3d profesional	\$12.000.000	10 años
Soldadora Profesional	\$80.000	10 años
Computadores	\$3.000.000	5 años

Calculo de depreciación (Sin valor residual)

Impresora Laser:	$\frac{115.000}{5} =$	\$23.000/Año
Impresora 3d profesional	$\frac{12.000.000}{10} =$	\$1.200.000/Año
Soldadora Profesional	$\frac{80.000}{10} =$	\$8.000/Año
Computadores	$\frac{3.000.000}{5} =$	\$600.000/Año

