



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Desarrollo de una aplicación móvil basada en comunicación aumentativa y alternativa para personas con síndrome de Down del centro acción social municipal de Cuenca

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de **Tecnólogo Superior en Desarrollo de
Software**

Proyecto Técnico de Titulación

Autor:

Joseph Dario Quito Jaramillo

Tutor:

Dra. Lorena Ochoa Roman

Cuenca, Ecuador

2026

Resumen

El Centro Acción Social Municipal de Cuenca (CASMC) aplica el instrumento PLS-5 de forma manual, sin un sistema que permita registrar, comparar o dar seguimiento sistemático al desarrollo comunicativo de sus pacientes con síndrome de Down. Ante esta situación, el proyecto tuvo como propósito desarrollar la primera beta de una aplicación móvil, que digitalice la administración del PLS-5 e integre un módulo de actividades de estimulación comunicativa basadas en Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA). Se realizó un diagnóstico mediante entrevista semiestructurada a la fonoaudióloga del centro y revisión documental del manual de administración y puntuación del PLS-5, lo que permitió identificar los requerimientos de la aplicación. El desarrollo se llevó a cabo bajo la metodología ágil Scrum, empleando Flutter y Supabase, organizado en dos sprints que cubrieron la gestión de pacientes, el acceso de terapeutas, la evaluación PLS-5 con cálculo automático de resultados, y las actividades de estimulación CAA. El diagnóstico evidenció necesidades de accesibilidad, rangos de edad de desarrollo e infraestructura tecnológica del centro, que orientaron el diseño de la propuesta. Como resultado, se obtuvo una beta funcional que digitaliza el ciclo de evaluación, estimulación y seguimiento, validada mediante un cuestionario de usabilidad aplicado a los terapeutas. Los hallazgos confirman que la propuesta es viable técnica, operativa y económicamente, y constituye un aporte concreto en un país donde todavía no existe una herramienta que integre estos tres procesos para esta población.

Palabras clave: PLS-5, comunicación aumentativa y alternativa, síndrome de Down, digitalización clínica, aplicación móvil.



El contenido, las conclusiones y las opiniones expresadas en el presente Proyecto de Titulación son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen, representan ni reflejan la posición institucional del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.

La institución se exime de toda responsabilidad legal o perjuicio que pueda derivarse del contenido de esta obra frente a terceros. Los autores asumen la plena responsabilidad sobre la originalidad, la propiedad intelectual y los derechos de autor del trabajo desarrollado.

Repositorio institucional: <https://repositorio.sudamericano.edu.ec/home>

Abstract

The Municipal Social Action Center of Cuenca (CASMC) administers the PLS-5 instrument manually, without a system that allows recording, comparing, or systematically tracking the communicative development of its patients with Down syndrome. Given this situation, the project's purpose was to develop the first beta of a mobile application that digitizes the administration of the PLS-5 and integrates a module of communicative stimulation activities based on Augmentative and Alternative Communication (AAC). A diagnosis was carried out through a semi-structured interview with the center's speech-language pathologist and a documentary review of the PLS-5 administration and scoring manual, which allowed the application's requirements to be identified. Development was carried out under the agile Scrum methodology, using Flutter and Supabase, organized into two sprints that covered patient management, therapist access, PLS-5 evaluation with automatic score calculation, and AAC stimulation activities. The diagnosis revealed accessibility needs, developmental age ranges, and the center's technological infrastructure, which guided the design of the proposal. As a result, a functional beta was obtained that digitizes the evaluation, stimulation, and follow-up cycle, validated through a usability questionnaire applied to the therapists. The findings confirm that the proposal is technically, operationally, and economically viable, and constitutes a concrete contribution given that no such integrated tool for this population currently exists within the country.

Key words: PLS-5, augmentative and alternative communication, Down syndrome, clinical digitalization, mobile application.



The content, conclusions, and opinions expressed in this Graduation Project are the exclusive responsibility of the authors and do not compromise, represent, or reflect the institutional position of the Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.

The institution disclaims all legal responsibility or liability for any damages that may arise from the content of this work toward third parties. The authors assume full responsibility for the originality, intellectual property, and copyright of the developed work.

Repositorio institucional: <https://repositorio.sudamericano.edu.ec/home>

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	10
Planteamiento del problema	10
Justificación	11
Objetivos de la investigación	12
Capítulo I: Problemática	14
Capítulo II: Marco Referencial	16
Capítulo III: Metodología de investigación	26
Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados	29
Capítulo V: Propuesta de investigación	32
Cronograma de actividades	43
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Referencias	46
Notas al final	4x
Figuras	51
Apéndice	54



DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a su **AUTOR**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.



www.sudamericano.edu.ec

📍 Bolívar y Manuel Vega - San Blas

📞 (593 7) 2838323 - 2843619

📠 0996976449

✉ info@sudamericano.edu.ec



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Aprobación del Trabajo de Titulación

Doy fe que el trabajo desarrollado por el/la/los estudiantes: **Quito Jaramillo Joseph Dario**, con el título “**Desarrollo de una aplicación móvil basada en comunicación aumentativa y alternativa para personas con síndrome de Down del centro acción social municipal de Cuenca**”, cumple con los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Atentamente,

Dra. Lorena Ochoa Roman

C.I.: 1103313555



www.sudamericano.edu.ec

Bolívar y Manuel Vega - San Blas (593 7) 2838323 - 2843619 0996976449

info@sudamericano.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **Quito Jaramillo Joseph Darío**, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en **Desarrollo de Software**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **“Desarrollo de una aplicación móvil basada en comunicación aumentativa y alternativa para personas con síndrome de Down del centro acción social municipal de Cuenca”** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



QUITO JARAMILLO JOSEPH DARIO

Cédula: 0107931032



Dedicatoria

A mi madre, por su apoyo incondicional y por el sacrificio mutuo que hicimos para que esto fuera posible.

Y a mí, Darío, por vivir al límite de faltas y de calificaciones. No tuve las mejores notas, pero sí el mejor conocimiento y las mejores experiencias, porque el mejor estudiante no es el que saca 100, es al que todos buscan cuando ya no pueden. Esto no es el final, es la puerta a todo lo que viene.

Agradecimiento

Agradezco a los profesores del instituto, en general, por compartir su conocimiento y experiencia a lo largo de esta carrera. A mi tutora de tesis, Dra. Lorena Ochoa, por su guía y acompañamiento en el desarrollo de este proyecto. A la institución, por haberme hecho partícipe de distintos proyectos internos, no gracias a mis notas, sino a mi excelencia. A mi familia, por su apoyo constante durante este proceso. A mis compañeros, por animarme día a día a asistir a clases y a terminar rápido los trabajos para poder salir a molestar un rato. Y a la señora del bar, por alimentarme y mantenerme firme para seguir en clases.

Introducción

El desarrollo del lenguaje y la comunicación en personas con síndrome de Down suele verse comprometido por alteraciones neurológicas asociadas a la condición, lo que repercute en su capacidad de expresión, en su interacción con el entorno y en su participación educativa y social (Russo et al., 2024). Estas limitaciones requieren de procesos de evaluación y estimulación sistemáticos, sostenidos en el tiempo y adaptados al nivel de desarrollo comunicativo de cada persona.

Frente a esta necesidad, distintas investigaciones han documentado el uso de tecnologías digitales como apoyo a la intervención comunicativa en esta población. La aplicación de herramientas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA) apoyadas en TIC ha mostrado mejoras sostenidas en la expresión oral, la comprensión del lenguaje y la interacción entre pares en niños y jóvenes con síndrome de Down (Robles Soto et al., 2025), mientras que otras propuestas han explorado la gamificación como estrategia de estimulación cognitiva en esta misma población (Mendieta Parra et al., 2023). Sin embargo, estas soluciones abordan de forma aislada la evaluación, la estimulación o el registro de progreso, sin integrar estos tres componentes en una sola herramienta vinculada a un instrumento de evaluación estandarizado.

Planteamiento del problema

En el Centro Acción Social Municipal de Cuenca (CASMC), que atiende aproximadamente a 80 personas con síndrome de Down, la evaluación del desarrollo comunicativo se realiza actualmente mediante el instrumento PLS-5 aplicado de forma manual: los resultados se registran en fichas físicas independientes para cada evaluación inicial, seguimiento y reevaluación, sin un mecanismo que permita comparar el progreso de un paciente a lo largo del tiempo, ni un vínculo directo entre el nivel de desarrollo comunicativo obtenido y las actividades de estimulación que se asignan después. Esta situación limita la capacidad del centro para medir de forma sistemática el impacto de sus intervenciones y para optimizar la atención individualizada de cada usuario.

Ante esta realidad, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿El desarrollo de una aplicación móvil que digitalice el instrumento PLS-5 e integre actividades de estimulación comunicativa, contribuye a sistematizar los procesos de evaluación y seguimiento de las personas con síndrome de Down del Centro Acción Social Municipal de Cuenca? Se plantea como hipótesis de trabajo que el desarrollo de dicha aplicación contribuirá a sistematizar estos procesos, al centralizar el registro de evaluaciones, automatizar el cálculo de resultados y vincular directamente cada nivel de desarrollo comunicativo con actividades de estimulación pertinentes.

Justificación

Comunicarse de forma efectiva es una condición central para el desarrollo de una persona, su integración social y la construcción de su autonomía. Para las personas con síndrome de Down, el acceso a una comunicación funcional representa un gran desafío que exige procesos de evaluación y estimulación sistemáticos, respaldados por herramientas que permitan medir el progreso y adaptar las intervenciones a las necesidades individuales de cada usuario.

Las dificultades comunicativas de esta población no son circunstanciales: tienen una base neurobiológica documentada. La trisomía 21 genera alteraciones en la neurogénesis, la sinaptogénesis y la mielinización, con reducciones de hasta el 50% en el número de células en regiones corticales como el lóbulo frontal y temporal, áreas directamente vinculadas al lenguaje expresivo y la memoria de trabajo (Russo et al., 2024). Esta evidencia es justamente la que sostiene la necesidad de evaluaciones estandarizadas como el PLS-5, capaces de identificar con precisión el nivel de desarrollo comunicativo de cada persona y de orientar las actividades de estimulación de manera estructurada (Zimmerman et al., 2011).

A esto se suma que el uso de aplicaciones móviles en entornos terapéuticos ya ha probado ser una estrategia efectiva y accesible para mejorar la atención en centros de rehabilitación infantil, con buena aceptación por parte de profesionales y cuidadores (Oros Méndez et al., 2019); una tendencia que se viene consolidando como parte de la transformación digital de los servicios de salud a nivel global (Muñoz Ñañez et al., 2025).

Digitalizar el PLS-5 no es solo cuestión de comodidad: permite vincular directamente los resultados de cada evaluación con actividades de estimulación organizadas por niveles, algo que el papel simplemente no puede ofrecer. Esa integración le da al terapeuta una metodología flexible y adaptable al progreso de cada usuario, con un seguimiento continuo, estructurado y orientado a resultados concretos.

Para el desarrollador, este proyecto también representa la oportunidad de aplicar conocimientos técnicos en un contexto real con impacto social directo. Diseñar una aplicación para personas con discapacidad no es un ejercicio técnico neutral: exige trabajar con criterios de accesibilidad, usabilidad y experiencia de usuario pensados específicamente para el terapeuta como usuario principal, lo que eleva tanto la calidad del producto como la formación profesional de quien lo construye.

En última instancia, esta propuesta se alinea con principios de inclusión, equidad y accesibilidad tecnológica, y responde al derecho de las personas con discapacidad a contar con procesos de atención sistematizados que favorezcan su desarrollo comunicativo y su participación plena en la sociedad.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil que digitalice el instrumento PLS-5 e integre actividades de estimulación comunicativa basadas en CAA, para fomentar los procesos de evaluación y seguimiento de las personas con síndrome de Down del Centro Acción Social Municipal de Cuenca.

Objetivos específicos

- Analizar los procesos de evaluación y estimulación comunicativa que realiza el Centro Acción Social Municipal de Cuenca con sus usuarios con síndrome de Down, mediante instrumentos de recolección de información.

- Desarrollar una primera beta de la aplicación con los módulos de evaluación basados en el PLS-5 y de estimulación comunicativa mediante CAA, conforme a los requerimientos identificados en el Centro Acción Social Municipal de Cuenca.
- Evaluar la funcionalidad de la primera beta de la aplicación móvil mediante pruebas con los terapeutas del centro, verificando su usabilidad y pertinencia como herramienta de apoyo terapéutico.

Capítulo I: Problemática

Diagnóstico

Las personas con síndrome de Down suelen presentar un desarrollo del lenguaje más lento, debido a alteraciones neurobiológicas propias de la condición que se detallan con mayor profundidad en el Marco Referencial (Capítulo II). Estas alteraciones repercuten directamente en su comunicación y su interacción social, lo que exige procesos de evaluación y estimulación adaptados al nivel real de desarrollo comunicativo de cada persona.

En Cuenca, esto no es un dato abstracto. El Centro Acción Social Municipal atiende a unas 80 personas con esta condición, y hasta hoy el lenguaje se evalúa aplicando el PLS-5 a mano: sin nada que registre los resultados, sin nada que dé seguimiento al progreso de cada usuario, sin ningún vínculo entre lo que arroja la evaluación y las actividades de estimulación que después se le asignan. Ese es el vacío concreto sobre el que se construye este proyecto.

Antecedentes

La evidencia internacional respalda la efectividad de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA) en el desarrollo comunicativo de personas con síndrome de Down: desde ensayos clínicos controlados (Kent-Walsh et al., 2025) hasta intervenciones lideradas por los propios padres (Ronski et al., 2023). En Latinoamérica y en el ámbito local, distintos proyectos han aplicado herramientas digitales de estimulación y gamificación en esta población, incluyendo experiencias previas dentro del propio Centro Acción Social Municipal de Cuenca (Abril Ruiz y Abril Ruiz, 2023; Mendieta Parra et al., 2023). Ninguna de estas soluciones, sin embargo, integra la evaluación estandarizada del lenguaje con la estimulación comunicativa y el registro de progreso en una sola herramienta; ese vacío se analiza con mayor profundidad en el Marco Referencial (Capítulo II).

Formulación del problema

Aun con la evidencia disponible sobre la efectividad de las herramientas digitales en la evaluación y estimulación comunicativa de personas con síndrome de Down, el Centro Acción

Social Municipal de Cuenca sigue sin contar con una solución que integre estos procesos de manera sistemática: lo que existe en la literatura evalúa, estimula o registra el progreso, pero nunca las tres cosas a la vez, y ninguna de esas soluciones responde realmente a las necesidades de quienes trabajan a diario con esta población. En el centro esto se traduce en un problema muy concreto: los cerca de 80 usuarios con síndrome de Down que se atienden ahí son evaluados con el PLS-5 de forma manual, sin que sea posible vincular esos resultados con actividades de estimulación ni dar seguimiento sistemático a su evolución.

Ante esta realidad, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿El desarrollo de una aplicación móvil que digitalice el instrumento PLS-5 e integre actividades de estimulación comunicativa, contribuye a sistematizar los procesos de evaluación y seguimiento de las personas con síndrome de Down del Centro Acción Social Municipal de Cuenca? Se plantea como hipótesis de trabajo que el desarrollo de dicha aplicación contribuirá a sistematizar estos procesos, al centralizar el registro de evaluaciones, automatizar el cálculo de resultados y vincular directamente cada nivel de desarrollo comunicativo con actividades de estimulación pertinentes.

Delimitación

El estudio se delimita geográficamente al Centro Acción Social Municipal de Cuenca, ubicado en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. La población de interés es el personal especializado del área de Terapia del Lenguaje del centro, encargado de la evaluación y estimulación comunicativa de las personas con síndrome de Down atendidas ahí. El proyecto, por su parte, se desarrolla entre marzo y agosto de 2026, en el marco del Proyecto Técnico de Titulación de la carrera de Desarrollo de Software del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.

Capítulo II: Marco Referencial

Antecedentes

A nivel internacional, la investigación sobre herramientas digitales para el desarrollo comunicativo de personas con síndrome de Down viene acumulando evidencia sólida. Kent-Walsh et al. (2025) llevaron a cabo un ensayo controlado aleatorizado con niños con síndrome de Down usando el programa AAC Generative Language Intervention, y encontraron que las intervenciones estructuradas con CAA producen mejores resultados en la producción gramatical expresiva frente a un grupo control, uno de los estudios con mayor rigor metodológico dentro de este campo. Ronski et al. (2023) trabajaron con 20 niños de entre 2 y 5 años y sus familias, y documentaron que cuando son los propios padres quienes implementan la intervención CAA, las mejoras en comunicación receptiva, expresiva y vocabulario funcional se sostienen en el tiempo, lo que pone sobre la mesa el papel del entorno familiar como agente activo del proceso. Holyfield et al. (2023), por su parte, trabajaron con tres participantes con habla funcionalmente limitada y encontraron mejoras en el reconocimiento de palabras nuevas al integrar funciones de decodificación lectora dentro de sistemas CAA. Y Russo et al. (2024), a través de una revisión sistemática de estudios en humanos y en modelos animales, sentaron las bases neurobiológicas que explican por qué la trisomía 21 hace tan necesaria una intervención temprana y adaptada.

En Latinoamérica, el uso de herramientas CAA apoyadas en tecnología también viene creciendo. Robles Soto et al. (2025) revisaron casos exitosos de implementación de CAA con TIC en estudiantes con síndrome de Down de Ecuador y Perú, con mejoras sostenidas en comunicación receptiva y expresiva, aunque destacan la importancia de adaptar cada herramienta a las necesidades individuales del usuario. Rincón Patiño (2024) trabajó con dos niños con síndrome de Down en Bogotá y documentó mejoras en comunicación, memoria, motivación e interacción social a partir de un recurso educativo digital con elementos audiovisuales interactivos. Huapaya Coronado y Carrasco Mallma (2024), en Lima, evaluaron el uso de la herramienta Pictoboard con 19 estudiantes con síndrome de Down, TEA y discapacidad

intelectual, y concluyeron, mediante pre y post test validados por expertos, que las tecnologías con pictogramas funcionan bien en entornos educativos especializados.

En el contexto ecuatoriano, Bravo Zambrano y Enríquez Caro (2023) identificaron niveles bajos de habilidades comunicativas en escolares con discapacidad intelectual de Portoviejo, agravados por el período de confinamiento, lo que deja ver la urgencia de sistematizar la intervención comunicativa en los centros especializados del país. A nivel local, Abril Ruiz y Abril Ruiz (2023) implementaron un ecosistema digital multisensorial con niños con síndrome de Down del propio Centro Acción Social Municipal de Cuenca, reportando mejoras en capacidades comunicativas y sensoriales mediante un enfoque de estimulación general, sin apoyarse en un instrumento estandarizado como el PLS-5. Mendieta Parra et al. (2023) desarrollaron en Cuenca una aplicación móvil con gamificación para la estimulación cognitiva de niños con síndrome de Down, con buenos resultados en la evaluación por expertos, aunque enfocada solo en la estimulación cognitiva, sin evaluación ni seguimiento clínico. Y en el ámbito clínico local, Sánchez León y Ordóñez Morales (2025) aplicaron el PLS-5 en el Centro de Discapacidades del Centro Acción Social Municipal de Cuenca para evaluar a niños con TEA bajo el modelo ImPACT, lo que confirma que el instrumento es viable y pertinente en este mismo contexto.

De esta revisión se desprende que, aunque hay evidencia consolidada sobre la efectividad de la CAA y de las herramientas digitales en esta población, ninguno de los estudios revisados integra en una sola solución la evaluación estandarizada del lenguaje mediante el PLS-5, las actividades de estimulación por niveles y el registro sistemático del progreso individual. Ese vacío es justamente el que motiva este proyecto en el contexto del Centro Acción Social Municipal de Cuenca, donde el PLS-5 se sigue aplicando de forma manual, sin ningún vínculo con herramientas digitales de seguimiento o de intervención.

Marco Teórico

Síndrome de Down y desarrollo del lenguaje

El síndrome de Down es una condición genética originada por la presencia de una copia adicional del cromosoma 21, conocida como trisomía 21. Es la causa genética más común de discapacidad intelectual y suele venir acompañada de un desarrollo del lenguaje retrasado, con

repercusiones directas sobre la comunicación y la interacción social (Russo et al., 2024). A nivel neurobiológico hay cambios en la neurogénesis, la conectividad sináptica y la mielinización, con reducciones de hasta el 50% en el número de células en regiones corticales como el lóbulo frontal y el temporal, precisamente las áreas que sostienen el lenguaje expresivo y la memoria de trabajo (Russo et al., 2024). El hipocampo también se ve afectado, lo que impacta la velocidad de procesamiento y la adquisición del lenguaje (Klein y Haydar, 2022); y a esto se suma un factor clínico que agrava todo lo demás: la pérdida auditiva conductiva, presente entre el 60 y el 80% de los casos, que dificulta aún más la práctica y adquisición del habla (Yahia et al., 2025).

Todo esto se traduce en un perfil comunicativo particular, donde la comprensión del lenguaje suele ser una fortaleza, mientras que la expresión oral resulta mucho más difícil. De hecho, se estima que el 67% de las personas con síndrome de Down tienen dificultades para ser comprendidas durante la etapa escolar, algo que puede acompañarlas hasta la mitad de su vida (Kumin, 1994, como se citó en Kent-Walsh et al., 2025). Ese desfase entre comprender y expresarse es, en el fondo, la razón por la que hacen falta evaluaciones estandarizadas: solo así es posible identificar con precisión el nivel de desarrollo comunicativo de cada persona y orientar la estimulación de forma estructurada y adaptada.

Pero esto no es solo un tema clínico. Las dificultades comunicativas también repercuten en la participación social, en el acceso a procesos educativos y en la autonomía personal de quien las vive. La evidencia es clara en esto: las intervenciones tempranas, sistemáticas y adaptadas al nivel de desarrollo de cada usuario generan mejoras sostenidas tanto en la comunicación receptiva como en la expresiva, además de fortalecer la interacción con pares y con el entorno familiar (Ronski et al., 2023; Robles Soto et al., 2025). De ahí la importancia de contar con herramientas que permitan evaluar y estimular a la vez, de forma integrada.

Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA)

La Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA) reúne un conjunto de estrategias, herramientas y sistemas pensados para apoyar o incluso reemplazar el habla funcional en personas con dificultades severas de comunicación oral. No busca sustituir el lenguaje natural, sino ampliar lo que el usuario puede comunicar, dándole medios alternativos o complementarios para expresar necesidades, emociones e ideas (Beukelman y Mirenda, 2013). Va desde

soluciones sencillas, como tableros con pictogramas e imágenes, hasta sistemas más sofisticados, como dispositivos generadores de voz o aplicaciones móviles con salida de voz digitalizada.

Uno de los sistemas más documentados es el PECS (Sistema de Comunicación por Intercambio de Imágenes), que usa pictogramas para que el usuario inicie intercambios comunicativos de forma progresiva y funcional. Los pictogramas, de hecho, son el elemento central de buena parte de los sistemas CAA: se apoyan en la comunicación visual porque esta población tiende a procesar mejor la información visual que la auditiva (Holyfield et al., 2023). Y en el caso específico de las personas con síndrome de Down, esa preferencia por lo visual y lo espacial hace que imágenes, símbolos y tableros de comunicación funcionen especialmente bien.

En este proyecto, la CAA no es solo un marco teórico de fondo: orienta directamente el diseño de las actividades de estimulación de la aplicación. El PLS-5 determina en qué nivel de desarrollo comunicativo está cada usuario, pero son los principios CAA los que definen cómo se construyen esas actividades, con elementos visuales, interacción táctil y una progresión por niveles adaptada a cada persona. Articular una evaluación estandarizada con una estimulación basada en CAA es, precisamente, lo que ningún desarrollo existente ha logrado hacer de forma integrada hasta ahora (Robles Soto et al., 2025; Mendieta Parra et al., 2023).

Instrumento PLS-5

La Escala de Lenguaje Preescolar, quinta edición (PLS-5, por sus siglas en inglés), es un instrumento de evaluación normado que mide el desarrollo del lenguaje en población infantil, desde el nacimiento hasta los 7 años y 11 meses. Lo desarrollaron Zimmerman et al. (2011) y lo publica Pearson, y evalúa dos dimensiones del desarrollo comunicativo: la comprensión auditiva, que mide qué tanto entiende el niño el lenguaje y responde a estímulos verbales, y la comunicación expresiva, que valora su capacidad de producir lenguaje de forma funcional. De estas dos subescalas sale un puntaje total de lenguaje que permite ubicar el nivel de desarrollo comunicativo del usuario frente a los parámetros normativos de su edad.

Lo que hace valioso al PLS-5 en la práctica clínica es que permite identificar con precisión tanto las fortalezas como las brechas en el desarrollo del lenguaje de cada usuario, algo clave para planificar intervenciones individualizadas. Ya se ha documentado su aplicación en

centros especializados, tanto con población con trastorno del espectro autista como con otras condiciones del neurodesarrollo que afectan la comunicación (Sánchez León y Ordóñez Morales, 2025), lo que respalda que sea el instrumento de referencia en el Centro Acción Social Municipal de Cuenca, donde ya se aplica de forma rutinaria.

Digitalizarlo, entonces, no es más que el siguiente paso natural de su uso clínico: permite registrar cada evaluación de forma sistemática, vincularla directamente con actividades de estimulación por nivel de desarrollo, y generar un historial de progreso que facilite el seguimiento a largo plazo de cada usuario. Esa integración entre evaluación y estimulación, mediada por tecnología móvil, responde a una necesidad real, tanto en la literatura como en el propio centro (Oros Méndez et al., 2019; Muñoz Ñañez et al., 2025).

Tecnología asistiva y aplicaciones móviles terapéuticas

La tecnología asistiva reúne dispositivos, equipos, software y sistemas pensados para mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidad, facilitando su participación en actividades cotidianas, educativas y terapéuticas (Molero-Aranda et al., 2021). Con la masificación de los dispositivos móviles, este campo cambió bastante: pasó de soluciones costosas y especializadas a herramientas accesibles que se pueden implementar en contextos clínicos y educativos sin infraestructura adicional. García Rivas (2024) documenta que, en Ecuador, los educadores y profesionales valoran la tecnología asistiva como una herramienta clave para la inclusión, aunque también identifican barreras de accesibilidad, formación y soporte, lo que confirma que hace falta desarrollar soluciones pensadas para la realidad local.

Los dispositivos con pantalla táctil, en particular, funcionan especialmente bien para usuarios con discapacidad intelectual: exigen menos procesamiento cognitivo y una respuesta motora más simple que los dispositivos convencionales (Dorantes Salazar et al., 2022). Eso los vuelve una plataforma ideal para herramientas terapéuticas dirigidas a personas con síndrome de Down, cuyo perfil cognitivo se beneficia de interfaces visuales simples, interacción táctil directa y retroalimentación inmediata. Y esto no es solo teoría: Abril Ruiz y Abril Ruiz (2023) reportaron mejoras comunicativas y sensoriales con un ecosistema digital implementado en el propio Centro Acción Social Municipal de Cuenca, y Mendieta Parra et al. (2023) obtuvieron

buenos resultados con una aplicación gamificada para estimulación cognitiva en niños con síndrome de Down, también en Cuenca.

Todo esto se enmarca en lo que se conoce como mHealth: la digitalización de procesos terapéuticos mediante aplicaciones móviles, que ha probado ser una estrategia viable para mejorar el registro clínico, dar seguimiento al progreso de los pacientes y optimizar el tiempo de los profesionales (Oros Méndez et al., 2019). Es una tendencia que ya forma parte de la transformación digital de los servicios de salud a nivel global, con evidencia cada vez mayor de su efectividad en rehabilitación y atención a poblaciones con necesidades específicas (Muñoz Ñañez et al., 2025). Una aplicación que digitalice el PLS-5 e integre estimulación comunicativa encaja exactamente en esa tendencia, y responde a un vacío tanto de la literatura como de la práctica clínica local.

Usabilidad e interfaces para discapacidad cognitiva

La usabilidad, en términos generales, es el grado en que un sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos concretos con efectividad, eficiencia y satisfacción. Pero cuando se diseña para personas con discapacidad cognitiva, esa definición se queda corta: hace falta adaptar la interfaz a las capacidades cognitivas, perceptuales y motoras del usuario, de modo que la experiencia no genere ansiedad, confusión ni frustración (Dorantes Salazar et al., 2022). A esto se le llama diseño centrado en el usuario, y su punto de partida son siempre las necesidades reales de la población, no las del diseñador.

Para personas con síndrome de Down, esto se traduce en criterios concretos: interfaces visuales simples con elementos gráficos claros, navegación intuitiva con pocas opciones por pantalla, pictogramas e íconos reconocibles, retroalimentación visual y sonora inmediata, y textos breves con apoyo visual (Molero-Aranda et al., 2021). Nada de esto es azar: responde a un perfil cognitivo que procesa bien lo visual, pero que tiene más dificultad con la memoria de trabajo y el procesamiento auditivo secuencial. La interacción táctil ayuda bastante en este sentido, porque reduce la carga cognitiva al quitar de en medio intermediarios como el teclado o el mouse (Dorantes Salazar et al., 2022).

Ahora bien, en este proyecto el usuario principal de la aplicación no es la persona con síndrome de Down, sino el terapeuta. Por eso los criterios de usabilidad apuntan a otra cosa: una interfaz profesional, eficiente y clara, que le permita registrar evaluaciones, asignar actividades y revisar el progreso de cada usuario de forma ágil durante la sesión clínica. El diseño tiene que minimizar los pasos de cada tarea, mantener una navegación lógica entre evaluación, estimulación y seguimiento, y asegurar que la información de cada usuario esté siempre accesible.

Desarrollo móvil con Flutter

Flutter es un framework de código abierto creado por Google para construir aplicaciones nativas de Android e iOS desde una sola base de código. Funciona con el lenguaje Dart y un sistema de widgets que dibuja la interfaz directamente en el lienzo del dispositivo, sin depender de los componentes nativos de cada plataforma. El resultado es una experiencia visual consistente entre sistemas operativos y un rendimiento comparable al de las apps nativas, con compilaciones más rápidas y actualización en tiempo real gracias a la recarga en caliente (Gutiérrez Pullopaxi y Porras Atiaja, 2025).

Para un proyecto de impacto social con recursos limitados, esto no es un detalle menor: mantener una sola base de código para varias plataformas reduce bastante los costos y los tiempos de desarrollo, sin sacrificar calidad ni rendimiento. De hecho, Gutiérrez Pullopaxi y Porras Atiaja (2025) ya demostraron en Ecuador que Flutter es técnicamente viable para aplicaciones móviles con fines educativos y sociales, con resultados funcionales y accesibles en un entorno universitario parecido al de este proyecto.

Elegir Flutter acá responde a razones técnicas y prácticas por igual. Técnicamente, permite compilar para Android e iOS sin duplicar esfuerzo de desarrollo. En lo práctico, su curva de aprendizaje accesible, la documentación en español y una comunidad activa de desarrolladores facilitan implementarlo dentro de los plazos de un proyecto de titulación. Todo esto lo posiciona como la herramienta indicada para construir los módulos de evaluación PLS-5, estimulación comunicativa y seguimiento de progreso que forman el núcleo funcional de la aplicación.

Marco Conceptual

Los siguientes términos constituyen los conceptos fundamentales que estructuran el presente proyecto y orientan tanto el desarrollo de la aplicación como la interpretación de los resultados obtenidos.

Síndrome de Down: condición genética por trisomía 21, ya descrita en el Marco Teórico; en este proyecto se toma como la población objetivo de la aplicación, con las implicaciones comunicativas discutidas en esa sección (Russo et al., 2024).

Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA): marco de estrategias de apoyo o reemplazo del habla funcional, definido en el Marco Teórico; en este proyecto orienta específicamente el diseño de las actividades de estimulación de la aplicación (Beukelman y Mirenda, 2013).

Escala de Lenguaje Preescolar, quinta edición (PLS-5): el instrumento de evaluación central del proyecto, ya descrito en el Marco Teórico; aquí se retoma únicamente como referencia para las dos subescalas que digitaliza la aplicación (Zimmerman et al., 2011).

Comprensión auditiva: una de las dos subescalas del PLS-5; mide la capacidad del usuario para entender el lenguaje verbal, responder a estímulos auditivos y procesar instrucciones orales (Zimmerman et al., 2011).

Comunicación expresiva: la segunda subescala del PLS-5. Evalúa la capacidad del usuario para producir lenguaje de forma funcional, ya sea mediante habla, gestos, pictogramas u otros medios alternativos (Zimmerman et al., 2011).

Tecnología asistiva: en este proyecto, cualquier recurso digital, como el que se está desarrollando, que funciona como apoyo funcional dentro del proceso terapéutico, según el concepto general planteado por Molero-Aranda et al. (2021).

Aplicación móvil terapéutica: software para dispositivos móviles orientado a apoyar procesos clínicos o terapéuticos: registra evaluaciones, asigna actividades y da seguimiento al progreso de los usuarios en centros de atención especializada (Dorantes Salazar et al., 2022).

mHealth: así se conoce a la atención en salud que se apoya en dispositivos móviles para digitalizar procesos terapéuticos, mejorar el registro clínico y facilitar el seguimiento del

progreso de los pacientes, optimizando el tiempo de los profesionales (Oros Méndez et al., 2019).

Usabilidad: criterio de diseño aplicado en este proyecto al perfil del terapeuta como usuario principal, priorizando una navegación eficiente y ágil durante la sesión clínica; su definición completa se desarrolla en el Marco Teórico (Molero-Aranda et al., 2021).

Estimulación comunicativa: en este proyecto, el conjunto de actividades que la aplicación asigna automáticamente según el nivel de desarrollo obtenido en el PLS-5, conforme al enfoque terapéutico ya descrito en el Marco Teórico (Zimmerman et al., 2011).

Centro Acción Social Municipal de Cuenca (CASMC): institución municipal de Cuenca que brinda atención y servicios sociales a personas en situación de vulnerabilidad, entre ellas personas con síndrome de Down, a través de su Centro de Discapacidades y el área de Terapia del Lenguaje.

Terapeuta (usuario principal): el profesional del área de Terapia del Lenguaje que aplica instrumentos como el PLS-5 y asigna actividades de estimulación. En este proyecto es el usuario principal de la aplicación, a diferencia de la persona con síndrome de Down, que es el sujeto evaluado y beneficiario indirecto de la herramienta.

Marco Legal

El presente proyecto se sustenta en un conjunto de disposiciones legales vigentes en el Ecuador que regulan los derechos de las personas con discapacidad, la atención en salud, la protección de datos personales y el acceso a tecnologías de información y comunicación.

La **Constitución de la República del Ecuador** (2008, actualizada en 2021) es clara al respecto: su artículo 11 numeral 2 prohíbe cualquier discriminación por discapacidad y obliga al Estado a adoptar medidas de acción afirmativa que promuevan la igualdad real. El artículo 47 va más allá y reconoce expresamente el derecho de las personas con discapacidad a medios, mecanismos y formas alternativas de comunicación, además de atención especializada y rehabilitación integral; el artículo 48, por su parte, exige medidas concretas de inclusión social, incluyendo programas y políticas para el ejercicio pleno de estos derechos. Este es, en el fondo,

el sustento constitucional de todo el proyecto: desarrollar una herramienta tecnológica que mejore la atención comunicativa de esta población.

La **Ley Orgánica de Salud** (2006, reformada en 2015) reconoce en su artículo 7 (literales a y b) el derecho de toda persona al acceso universal, equitativo y de calidad a los servicios de salud, con atención preferente a los grupos vulnerables. El artículo 10 obliga a quienes forman parte del Sistema Nacional de Salud a aplicar políticas de atención integral que incluyan rehabilitación, y el artículo 13 exige que los planes para grupos vulnerables reconozcan sus necesidades particulares. Con esta base, digitalizar los procesos de evaluación y estimulación comunicativa en un centro como el CASMC deja de ser solo una mejora técnica y se vuelve una obligación con respaldo legal.

La **Ley Orgánica de Discapacidades** (2012) dispone en su artículo 1 que el Estado debe garantizar la habilitación, rehabilitación y plena vigencia de los derechos de las personas con discapacidad. Dos principios de su artículo 4 son especialmente relevantes acá: el numeral 8, que garantiza el acceso a las tecnologías de información y comunicación, y el numeral 10, que obliga a brindar atención prioritaria adaptada a las necesidades particulares de esta población. Ambos principios avalan directamente el desarrollo de una aplicación móvil orientada a la evaluación y el seguimiento comunicativo en entornos clínicos especializados.

Y por último, la **Ley Orgánica de Protección de Datos Personales** (2021), que regula el tratamiento de datos personales en cualquier soporte, incluidas las aplicaciones digitales. Su artículo 1 garantiza el derecho a la protección de datos personales, incluyendo el acceso, decisión y protección de esa información; el artículo 4 va más allá y clasifica como sensibles los datos relativos a la salud, cuyo mal manejo puede derivar en discriminación o vulnerar derechos fundamentales. Como esta aplicación registra y gestiona información clínica de personas con síndrome de Down, su diseño e implementación tienen que respetar estos principios sin excepción: consentimiento informado, confidencialidad y seguridad de los datos de cada usuario.

Capítulo III: Metodología de investigación

Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolla en un enfoque mixto con predominio cualitativo. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) plantean que lo cualitativo busca comprender los fenómenos explorándolos desde la perspectiva de los propios participantes, en su ambiente natural, y eso es exactamente lo que este estudio necesita: entender a fondo cómo el Centro Acción Social Municipal de Cuenca evalúa y estimula la comunicación de sus usuarios, a partir del levantamiento directo de información con el personal especializado del área.

Ese insumo es la base para definir los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación. Lo cuantitativo entra después, en la fase de validación, cuando se mida qué tan usable y pertinente les resulta la aplicación a los terapeutas que la utilicen, en una escala numérica que permita un análisis descriptivo de los resultados.

Tipo y diseño de investigación

El estudio es de tipo aplicado: no se queda en la teoría, propone una solución tecnológica concreta frente a una necesidad comunicativa real. Su diseño, en la fase diagnóstica, es no experimental y de campo, porque la información se recolectó directamente en el entorno de trabajo del CASMC, sin manipular ninguna variable. Esto coincide con lo que describen Hernández-Sampieri y Mendoza (2018): estudiar los fenómenos tal como ocurren, sin alterar el contexto observado. Más adelante, una vez construida la aplicación, esta fase se complementa con una etapa de validación de usabilidad, de carácter descriptivo.

Población y muestra

La población de este estudio es el personal especializado del área de Terapia del Lenguaje del CASMC, encargado de aplicar instrumentos como el PLS-5. Para la fase diagnóstica se trabajó con una muestra no probabilística, elegida por criterio de experticia: la fonoaudióloga del centro, que funciona como informante clave y contraparte técnica del proyecto. No es una elección arbitraria; como bien señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), en el muestreo

cualitativo lo que importa es la riqueza y profundidad de lo que puede aportar el participante, no su representatividad estadística. Para la fase de validación de usabilidad, en cambio, la muestra sí se amplía: serán los terapeutas del centro que utilicen la aplicación durante el periodo de pruebas.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la fase diagnóstica se usó la entrevista semiestructurada, aplicada de forma virtual, organizada en torno a varios ejes: accesibilidad y usabilidad para la población atendida, rangos de edad y perfiles de desarrollo comunicativo, instrumentos clínicos que ya usa la institución (PLS-5, CELF-5), la secuencia de evaluación y seguimiento de cada paciente, el manejo actual de fichas e historiales, la infraestructura tecnológica disponible y aspectos de sostenibilidad y costos. La entrevista la realizaron el autor del proyecto y el tutor técnico, a la fonoaudióloga del CASMC.

Como técnica complementaria se recurrió a la revisión documental del instrumento PLS-5, cuyo manual físico facilitó la institución; ese análisis se profundizará más adelante, durante la construcción del módulo de evaluación.

Para la fase de validación, en cambio, se aplicará un cuestionario semiestructurado de usabilidad a los terapeutas del centro, con ítems en escala Likert sobre facilidad de uso, utilidad percibida y pertinencia de las actividades de estimulación integradas en la aplicación.

Procedimiento de la investigación

El proceso arrancó estableciendo contacto con el CASMC y designando a la fonoaudióloga del centro como contraparte técnica. Luego la institución facilitó el manual físico del PLS-5, y a partir de ahí se realizó la entrevista semiestructurada con el autor y el tutor técnico del proyecto. Una vez transcrita y organizada esa información, se identificaron de forma preliminar los requerimientos funcionales y no funcionales que orientan el desarrollo de la aplicación, detallados en el Capítulo V. El cuestionario de usabilidad, por su parte, se aplicará ya con la primera beta terminada, y sus resultados se presentan en el Capítulo IV.

Métodos de análisis de datos

La información cualitativa de la fase diagnóstica se procesó por categorización temática de la entrevista, una técnica que, como explican Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), permite organizar los datos en unidades de significado para facilitarles la interpretación. De ahí salieron siete categorías: accesibilidad y usabilidad, rangos de edad y perfil de desarrollo, instrumentos clínicos, flujo de evaluación y seguimiento, manejo de historiales, infraestructura tecnológica y sostenibilidad del proyecto. Estas categorías fueron las que tradujeron lo que expresó la informante clave en requerimientos concretos para el diseño. Los datos del cuestionario de usabilidad, ya en la fase de validación, se analizarán con estadística descriptiva (frecuencias y promedios por ítem), lo que permite valorar de forma objetiva qué tan bien recibe la herramienta el personal del centro.

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados

Tabla 1

Resultados del diagnóstico realizado con el Centro de Acción Social Municipal de Cuenca

Categoría	Hallazgos obtenidos	Implicaciones para el desarrollo de la aplicación
Accesibilidad y usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva, con uso moderado del color para evitar ruido visual. Debe implementarse como aplicación instalable.	Diseñar interfaz intuitiva; app móvil nativa optimizada para tabletas.
Rangos de edad y perfil de desarrollo	El centro atiende de meses de vida hasta la adultez, organizando intervenciones por edad de desarrollo, no cronológica. La mayoría presenta lenguaje equivalente a hasta ocho años, por lo que se usará el rango del PLS-5 (0 a 7 años 11 meses), excluyendo los primeros 18 meses por baja interacción con dispositivos.	La app se centrará en edades de desarrollo de 18 meses a 7 años 11 meses, con actividades por niveles evolutivos, no por edad biológica.
Instrumentos clínicos utilizados	El instrumento principal es el PLS-5 , por ajustarse al perfil de desarrollo de la mayoría. Para usuarios con mayor desarrollo lingüístico se usa el CELF-5 , complementado con materiales físicos para estimular respuestas espontáneas.	La primera versión digitalizará el PLS-5 con actividades alineadas a sus dimensiones, dejando abierta la integración de otros instrumentos a futuro.
Flujo de evaluación y seguimiento	Inicia con evaluación diagnóstica (PLS-5) y reevaluación cada 6 meses con el mismo instrumento. Actividades organizadas por niveles, con 8–10 actividades por nivel antes de reevaluar.	Integrar flujo con evaluación inicial, actividades por niveles y reevaluaciones periódicas para visualizar avance y apoyar la planificación terapéutica.
Manejo de historiales clínicos	Documentación actualmente física (evaluación inicial, informe clínico, seguimiento, reevaluaciones, resultados, planificación). Uso exclusivo del centro; se comparte con familias solo mediante informe específico.	Incorporar módulo de historiales digitales con acceso restringido, confidencialidad y generación de informes diferenciados (interno/familias).
Infraestructura tecnológica disponible	El centro cuenta con 3–4 tabletas Android para la atención terapéutica.	Priorizar compatibilidad y optimización para tabletas Android (pantalla, táctil, rendimiento).

Fuente: Elaboración propia a partir de la entrevista semiestructurada aplicada a la fonoaudióloga del CASMC.

Resultados de la evaluación de usabilidad de la aplicación con los terapeutas del CASMC

Tabla 2

Resultados del cuestionario de usabilidad.

Ítem	Puntaje (1-5)	Observación registrada
1. Navegación clara e intuitiva	5	Puede interactuar con todos los módulos de la aplicación fácilmente, sin necesidad de preguntar por apartados.
2. Registro sin ayuda adicional	5	Sí puede crear pacientes y terapeutas sin ayuda
3. Cantidad de pasos adecuada	5	Todo claro, no redundante, con pasos necesarios
4. Textos e íconos legibles	5	Los textos están bien, y los elementos visuales para los pacientes, acorde al dispositivo.
5. Historial accesible rápidamente	5	De fácil acceso en el perfil del paciente-
6. Agiliza el proceso vs. papel	5	Ayuda en ahorro de tiempo; ya que la evaluación debe rendirse en una hora, facilita elaborar los informes y el buscar ítems
7. Cálculo automático reduce errores	5	Facilita el hecho de tener que estar sumando y los cálculos manuales
8. Curva de progreso comprensible	5	La aplicación muy fácil de manejar, sin necesidad de capacitación previa
9. Usaría la app regularmente	5	Uso activo de la aplicación con los pacientes.
10. Mejora el seguimiento sistemático	5	Sí, comparativa de edad con evaluaciones pasadas.
11. Actividades coherentes con nivel de desarrollo	5	ninguna observación
12. Elementos visuales apropiados	5	Bastante visible, todo de acuerdo al tamaño del dispositivo.
13. Actividades adecuadas para la sesión	5	Actividades correctas en base al PLS-5, sin alteraciones.

Nota. Escala: 1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis descriptivo

En los 13 ítems del cuestionario, la participante marcó la puntuación máxima (5 = Totalmente de acuerdo) y, en varios casos, acompañó su respuesta con un comentario verbal explicando por qué. Su reacción durante toda la sesión fue consistentemente positiva. En las preguntas abiertas señaló que lo más útil de la aplicación es que resulta "manejable, intuitiva y rápida", y como mejora sugirió poder exportar los informes a Word, para que el terapeuta pueda editarlos si hace falta. Durante la sesión también salió a la luz un problema técnico, algo esperable en cualquier primera beta: solo se identificó uno, lo cual, más que preocupar, deja ver que la aplicación llegó bastante sólida a esta primera etapa de validación.

Interpretación inicial

Estos resultados van en línea con los criterios de usabilidad para discapacidad cognitiva que guiaron el diseño de la aplicación, sobre todo en lo referido a la simplicidad de navegación y a reducir los pasos administrativos del terapeuta. Que se haya valorado tan bien el cálculo automático de puntajes y el ahorro de tiempo frente al método en papel confirma, en la práctica, lo que se buscaba con el objetivo de evaluar la funcionalidad y pertinencia de esta primera beta como herramienta de apoyo terapéutico.

Capítulo V: Propuesta de investigación

Justificación de la propuesta

El diagnóstico en el Centro Acción Social Municipal de Cuenca confirmó algo concreto: los procesos de evaluación y seguimiento comunicativo se ejecutan de forma completamente manual, con los resultados del PLS-5 registrados en fichas físicas, sin ningún mecanismo que permita comparar evaluaciones a lo largo del tiempo. Esto quedó evidenciado tanto en el planteamiento del problema (Capítulo I) como en las categorías de la entrevista diagnóstica, sobre todo en el manejo de historiales clínicos y en el flujo de evaluación y seguimiento, y limita la capacidad del centro para medir de forma sistemática el progreso de sus aproximadamente 80 usuarios con síndrome de Down.

Tampoco ayuda que las soluciones tecnológicas existentes para esta población, según muestra la revisión de antecedentes (Capítulo II), aborden la evaluación, la estimulación o el registro de progreso de forma aislada (Robles Soto et al., 2025; Mendieta Parra et al., 2023), sin integrar estos tres componentes en una sola herramienta. Ninguna incorpora un instrumento estandarizado como el PLS-5 vinculado directamente a actividades de estimulación CAA organizadas por nivel de desarrollo, que es justamente el vacío detectado en el CASMC.

Frente a esto, el desarrollo de la aplicación responde de manera directa a los hallazgos del diagnóstico: digitaliza el PLS-5 con cálculo automático de puntajes, elimina el registro físico fragmentado con un historial digital por paciente, y cierra el ciclo evaluación-estimulación-seguimiento al asignar automáticamente actividades CAA según el nivel de desarrollo obtenido, permitiendo además visualizar la evolución mediante una curva de progreso. Y se ajusta, de paso, a una condición muy concreta que señaló la fonoaudióloga del centro: compatibilidad con las tablets Android que ya tienen disponibles.

Objetivos de la propuesta

Desarrollar la primera beta de una aplicación móvil que digitalice la administración del instrumento PLS-5 e integre un módulo de actividades de estimulación comunicativa basadas en

CAA, conforme a los requerimientos identificados en el Centro Acción Social Municipal de Cuenca.

Objetivos específicos de la propuesta

- Implementar la administración digital del instrumento PLS-5, incluyendo el cálculo automático de puntajes (basal, techo, puntaje crudo, puntaje estándar y edad equivalente) y la determinación del nivel de desarrollo comunicativo del paciente.
- Integrar un módulo de actividades de estimulación CAA que se asigne automáticamente según el nivel de desarrollo comunicativo obtenido en cada evaluación.

Marco de la propuesta

Marco técnico

La propuesta adopta Flutter como framework de desarrollo: permite compilar para Android e iOS desde una única base de código, lo que reduce tiempos y costos sin sacrificar rendimiento (Gutiérrez Pullopaxi & Porras Atiaja, 2025), un criterio central para un proyecto de impacto social con recursos limitados. Como backend se eligió Supabase (PostgreSQL con autenticación y API REST automática), evitando construir un servidor propio desde cero. Ambas decisiones están pensadas para la infraestructura real que identificamos en el diagnóstico (sección 4.1): el centro solo cuenta con tablets Android, y no tiene personal técnico propio que mantenga un servidor.

Marco operativo (reglas de negocio del dominio clínico)

El diseño de la primera beta se rige por las reglas derivadas del instrumento PLS-5 y de las condiciones clínicas confirmadas por la fonoaudióloga del CASMC, entre ellas: el trabajo en función de la edad de desarrollo del lenguaje del paciente y no su edad cronológica; la cobertura del rango de 0 a 7 años 11 meses conforme al alcance oficial del instrumento; el establecimiento de un punto basal y un punto de techo (ceiling) en cada evaluación; y el cálculo independiente de las subescalas de Comprensión Auditiva y Comunicación Expresiva antes de combinarlas en un puntaje total de lenguaje (Zimmerman et al., 2011). Estas reglas constituyen el fundamento operativo que garantiza la validez clínica de la digitalización propuesta.

Marco de diseño

El diseño de interfaz prioriza al terapeuta como usuario principal de la aplicación, ya que es quien opera la app durante toda la sesión clínica, mientras que el paciente interactúa únicamente de forma puntual y supervisada con los ítems de evaluación y las actividades de estimulación en pantalla. Por ello, el diseño se orienta ante todo a la eficiencia administrativa del terapeuta: minimizar la cantidad de pasos para registrar una evaluación, mantener una navegación clara entre los módulos, y presentar la información de cada paciente de forma organizada y accesible durante la consulta.

En los tramos de la interfaz donde el paciente interactúa directamente, que son las láminas de los ítems de evaluación y actividades CAA, el diseño adopta un enfoque predominantemente visual con uso moderado de color, acorde al perfil cognitivo de la población atendida (Molero-Aranda et al., 2021).

Desarrollo de la propuesta

Actores del sistema:

Terapeuta. Registra pacientes, inicia y administra sesiones de evaluación PLS-5, visualiza resultados e interpretación, asigna actividades de estimulación CAA según el nivel de desarrollo obtenido, consulta el historial de evaluaciones de cualquier paciente del centro y visualiza su curva de progreso.

Paciente. Visualiza las láminas de dibujo de los ítems, para una comprensión de la evaluación e interactúa directamente con las actividades de estimulación en pantalla; sus respuestas son capturadas automáticamente por el sistema.

Sistema. Determina automáticamente si cada respuesta es correcta según las reglas del PLS-5; calcula basal, techo, puntaje crudo, puntaje estándar y edad equivalente; determina el nivel de desarrollo comunicativo.

Requerimientos funcionales:

Módulo 1: Gestión de pacientes

- RF01: Registrar un nuevo paciente con datos generales (nombres, apellidos, cédula, fecha de nacimiento, fecha de ingreso).
- RF02: Editar la información de un paciente existente.
- RF03: Consultar la lista completa de pacientes registrados.
- RF04: Buscar un paciente específico por nombre o número de cédula.
- RF05: Visualizar el perfil completo de un paciente (datos generales + historial de evaluaciones).

Módulo 2: Acceso al sistema

- RF06: Permitir el inicio de sesión de los terapeutas mediante credenciales.
- RF07: Permitir el registro de nuevos terapeutas en el sistema.

Módulo 3: Evaluación PLS-5

- RF08: Iniciar una nueva evaluación PLS-5 para un paciente seleccionado.
- RF09: Presentar los ítems de Comprensión Auditiva según el rango de edad de desarrollo correspondiente.
- RF10: Presentar los ítems de Comunicación Expresiva según el rango de edad de desarrollo correspondiente.
- RF11: Capturar automáticamente la respuesta del paciente a cada ítem.
- RF12: Determinar automáticamente si cada respuesta es correcta o incorrecta.
- RF13: Establecer automáticamente el punto basal de la evaluación.
- RF14: Establecer automáticamente el punto de techo (ceiling).
- RF15: Registrar observaciones del terapeuta como comentarios a la evaluación.

Módulo 4: Cálculo de resultados

- RF16: Calcular el puntaje crudo de cada subescala (AC y EC).
- RF17: Convertir los puntajes crudos en puntajes estándar, percentiles e intervalos de confianza.
- RF18: Calcular el puntaje total de lenguaje combinando ambas subescalas.
- RF19: Determinar la edad equivalente de desarrollo del lenguaje.

- RF20: Clasificar el nivel de desarrollo comunicativo según las tablas de interpretación del PLS-5.

Módulo 5: Actividades de estimulación CAA

- RF21: Presentar actividades interactivas organizadas por rango de edad de desarrollo.
- RF22: Permitir al terapeuta seleccionar qué actividad asignar dentro del rango correspondiente.

Módulo 6: Historial y seguimiento

- RF23: Mantener un historial completo de todas las evaluaciones realizadas a un paciente.
- RF24: Generar una visualización gráfica de la curva de progreso del paciente a lo largo del tiempo.

Requerimientos no funcionales:

Usabilidad

- RNF01: La interfaz destinada al paciente debe ser predominantemente visual, con uso mínimo de texto.
- RNF02: El diseño visual debe evitar el "ruido visual" colores controlados, pocos elementos por pantalla, navegación simple.
- RNF03: La interfaz del terapeuta debe permitir completar tareas administrativas con la menor cantidad de pasos posible.

Rendimiento

- RNF04: La aplicación debe responder a las interacciones del paciente sin demoras perceptibles.
- RNF05: El cálculo de puntajes y resultados debe ejecutarse de forma inmediata al finalizar cada evaluación.

Compatibilidad

- RNF06: La aplicación debe ser compatible con dispositivos Android (tablets del centro).

- RNF07: La aplicación debe funcionar correctamente en tablets de gama media/baja.

Seguridad y privacidad

- RNF08: Los datos clínicos deben almacenarse cumpliendo la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales.
- RNF09: El acceso al sistema debe requerir autenticación de los terapeutas mediante credenciales propias.
- RNF10: Los resultados de las evaluaciones no deben ser visibles ni accesibles para los pacientes o terceros ajenos al equipo terapéutico.

Modelo de datos:

El modelo de datos implementado en Supabase (PostgreSQL) está compuesto por ocho entidades relacionadas entre sí (ver Figura 1):

- **terapeuta**: almacena las credenciales y datos del profesional (nombre, correo, cédula, teléfono), incluyendo el vínculo con la autenticación de Supabase (auth_id) y campos de control de acceso (es_admin, requiere_config_pin).
- **paciente**: datos generales del paciente (nombres, apellidos, identificador, fecha de nacimiento, fecha de ingreso, observaciones).
- **pls5_item**: catálogo maestro de los ítems del protocolo PLS-5 (código, escala, rango de edad, procedimiento, materiales, instrucción verbal, criterios de puntaje, láminas asociadas), utilizado como referencia para construir cada evaluación.
- **evaluación**: registra cada aplicación del instrumento a un paciente, con su estado, fecha, terapeuta responsable y los puntos de corte obtenidos (basal y techo) por subescala.
- **respuesta_item**: almacena la respuesta registrada para cada ítem dentro de una evaluación (subescala, si es correcta, si constituye basal o techo).
- **resultado evaluación**: contiene los puntajes calculados de la evaluación (crudo, estándar, total, percentil, edad equivalente y clasificación del nivel de desarrollo).
- **actividad**: catálogo de actividades de estimulación CAA, con su rango de edad de desarrollo y tipo de interacción.

- **sesión actividad:** registra la asignación y el desempeño de un paciente en una actividad específica.

Arquitectura del sistema:

La arquitectura de la aplicación se organiza en cuatro capas (ver Figura 2). La capa de presentación contiene las pantallas de gestión de pacientes, evaluación PLS-5 y actividades CAA, con Provider para el manejo del estado y go_router para la navegación entre pantallas. La capa de lógica de negocio concentra el motor de cálculo del PLS-5 y el servicio de actividades CAA. La capa de datos combina almacenamiento local (SQLite) y remoto (Supabase/PostgreSQL). La capa de autenticación se apoya en Supabase Auth para el login de terapeutas.

De estas cuatro capas, el servicio de sincronización ilustrado en la capa de lógica de negocio no está implementado en la beta actual: por el momento, la aplicación opera únicamente en modo conectado, sin persistencia local ni sincronización diferida, quedando ambas como trabajo futuro.

Diseño de interfaz

El sistema de diseño visual definido para la aplicación establece una paleta de colores funcional: azul/celeste como color primario para botones y encabezados; verde para indicar respuestas correctas o evaluaciones finalizadas; ámbar y rojo para alertas, errores de validación y respuestas incorrectas; y una escala de neutros (gris claro, gris medio, negro) para bordes, textos secundarios y fondos de pantalla. Esta paleta responde al criterio de "ruido visual controlado" establecido en el Marco de diseño, asignando un significado consistente a cada color en vez de usarlos de forma decorativa.

A partir de esta planificación y de los requerimientos identificados, se adoptó la metodología Scrum para el desarrollo ágil de la primera beta de la aplicación.

Metodología Scrum

Product Backlog

El Product Backlog se construyó a partir de los requerimientos funcionales definidos, expresando cada uno desde la perspectiva del usuario mediante historias de usuario con su respectiva trazabilidad al RF correspondiente.

Tabla 3

Historias de usuario del Product Backlog

ID	Historia de usuario	RF relacionado
HU01	Como terapeuta, quiero registrar un nuevo paciente, para llevar su historial clínico digitalizado.	RF01
HU02	Como terapeuta, quiero editar los datos de un paciente existente, para mantener su información actualizada.	RF02
HU03	Como terapeuta, quiero consultar la lista completa de pacientes, para ubicar rápidamente a quien necesito evaluar.	RF03
HU04	Como terapeuta, quiero buscar un paciente por nombre o cédula, para no tener que revisar la lista completa.	RF04
HU05	Como terapeuta, quiero ver el perfil completo de un paciente, para revisar sus datos y evaluaciones previas antes de una sesión.	RF05
HU06	Como terapeuta, quiero iniciar sesión con mis credenciales, para acceder de forma segura a la información de mis pacientes.	RF06
HU07	Como terapeuta, quiero registrarme como nuevo usuario del sistema, para poder empezar a usar la aplicación.	RF07
HU08	Como terapeuta, quiero iniciar una nueva evaluación PLS-5 para un paciente, para medir su desarrollo comunicativo actual.	RF08
HU09	Como terapeuta, quiero que el sistema me presente los ítems de Comprensión Auditiva según el rango de edad de desarrollo, para aplicar solo los ítems pertinentes.	RF09
HU10	Como terapeuta, quiero que el sistema me presente los ítems de Comunicación Expresiva según el rango de edad de desarrollo, para aplicar solo los ítems pertinentes.	RF10

HU11	Como terapeuta, quiero registrar la respuesta del paciente a cada ítem, para que el sistema calcule los resultados automáticamente.	RF11
HU12	Como terapeuta, quiero que el sistema determine si cada respuesta es correcta, para no depender de un cálculo manual propenso a errores.	RF12
HU13	Como terapeuta, quiero que el sistema establezca automáticamente el punto basal, para seguir la regla oficial del PLS-5 sin calcularlo yo mismo.	RF13
HU14	Como terapeuta, quiero que el sistema establezca automáticamente el punto de techo, para detener la evaluación en el momento correcto.	RF14
HU15	Como terapeuta, quiero registrar observaciones durante la evaluación, para documentar detalles relevantes de la sesión.	RF15
HU16	Como terapeuta, quiero que el sistema calcule el puntaje crudo de cada subescala, para obtener resultados objetivos y consistentes.	RF16
HU17	Como terapeuta, quiero que el sistema convierta los puntajes crudos en puntaje estándar y percentil, para interpretar el resultado clínicamente.	RF17
HU18	Como terapeuta, quiero que el sistema calcule el puntaje total de lenguaje, para tener una medida global del desarrollo comunicativo del paciente.	RF18
HU19	Como terapeuta, quiero que el sistema determine la edad equivalente de desarrollo, para comunicar el resultado de forma comprensible.	RF19
HU20	Como terapeuta, quiero que el sistema clasifique el nivel de desarrollo comunicativo, para saber qué actividades de estimulación asignar.	RF20
HU21	Como terapeuta, quiero que el sistema me presente actividades de estimulación CAA organizadas por rango de edad de desarrollo, para estimular al paciente según su nivel real.	RF21
HU22	Como terapeuta, quiero seleccionar qué actividad asignar dentro del rango correspondiente, para adaptar la sesión a las necesidades del paciente.	RF22
HU23	Como terapeuta, quiero consultar el historial completo de evaluaciones de un paciente, para dar seguimiento a su evolución.	RF23
HU24	Como terapeuta, quiero visualizar una curva de progreso del paciente, para comunicar su avance de forma clara y visual.	RF24

Fuente: Elaboración propia

Criterios de aceptación (muestra representativa)

- **HU01:** Dado que ingreso los datos del paciente, cuando presiono guardar, entonces el paciente aparece en la lista de pacientes registrados.
- **HU08:** Dado que seleccionó un paciente y presionó "Nueva evaluación", cuando confirmó el método (RC/E), entonces el sistema presenta el primer ítem correspondiente a su rango de edad de desarrollo.
- **HU13/HU14:** Dado que registró respuestas consecutivas, cuando se cumple la regla de basal o de techo, entonces el sistema marca automáticamente el ítem correspondiente sin intervención del terapeuta.
- **HU20:** Dado que finaliza una evaluación, cuando el sistema calcula el puntaje total, entonces clasifica automáticamente el nivel de desarrollo comunicativo del paciente.
- **HU21:** Dado que se clasifica el nivel de desarrollo, cuando el terapeuta abre el módulo de actividades, entonces el sistema muestra únicamente las actividades correspondientes a ese nivel.

Priorización del backlog

La priorización siguió las dependencias técnicas del propio flujo clínico: no es posible evaluar sin un paciente registrado (HU01-05 primero), ni calcular resultados sin antes capturar respuestas (HU08-15 antes que HU16-20), ni asignar actividades sin conocer el nivel de desarrollo obtenido (HU16-20 antes que HU21-22). El acceso mediante login (HU06-07) se priorizó en paralelo a la gestión de pacientes, al ser prerequisite de cualquier otra funcionalidad.

Factibilidad y viabilidad

Factibilidad técnica

El desarrollo de la beta se sustenta en tecnologías de código abierto y de bajo costo de licenciamiento: Flutter para el frontend multiplataforma y Supabase como backend gestionado. Ambas tecnologías cuentan con documentación extensa y comunidades activas, lo que reduce el riesgo técnico del proyecto. La compatibilidad con dispositivos Android de gama media/baja que responde directamente a la infraestructura tecnológica actual del centro (tablets Android), sin requerir inversión adicional en hardware para la fase de validación.

Factibilidad operativa

El centro cuenta con el recurso humano necesario para operar la aplicación: los terapeutas ya utilizan tablets en su práctica diaria, y la interfaz fue diseñada explícitamente para minimizar la curva de aprendizaje. La validación de la beta con los propios terapeutas del CASMC, permite confirmar si el nivel de capacitación requerido es mínimo o si se necesitaría una inducción adicional antes de una eventual adopción definitiva.

Factibilidad económica

El desarrollo de la aplicación no representó ningún costo, ya que se emplearon únicamente recursos y herramientas existentes. En cuanto a su funcionamiento en producción, el stack tecnológico actual tampoco genera costos: dado que la aplicación está destinada exclusivamente al uso interno del CASMC, el volumen de datos que maneja es reducido, lo que permite operar con el plan gratuito de Supabase. Por el lado del cliente, la aplicación se instala directamente en los dispositivos que se use, sin requerir infraestructura o distribución adicional.

Factibilidad legal

El tratamiento de los datos clínicos se ajusta a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales del Ecuador (consentimiento, confidencialidad y seguridad de la información). El acceso permanece restringido al personal terapéutico autorizado, sin exposición a padres o terceros, conforme a la política de confidencialidad vigente en el centro.

En conjunto, estos cuatro criterios confirman que la propuesta es viable para el CASMC: se apoya en herramientas gratuitas y bien documentadas, encaja con la infraestructura y capacidad operativa del centro, no representa carga económica a corto ni mediano plazo, y cumple con la normativa de protección de datos vigente. Esto no impide que la beta sea evaluada por los terapeutas del centro.

Cronograma de actividades

El cronograma de actividades del proyecto se detalla en la Tabla 4 y se representa gráficamente mediante un diagrama de Gantt (ver Figura 3)

Tabla 4

Cronograma de actividades del proyecto

Actividad	Período	Indicador de cumplimiento
Definición del tema, revisión bibliográfica y formulación de objetivos	27 abr – 17 may 2026	Anteproyecto aprobado por el tutor
Recolección del manual físico del instrumento PLS-5	18 may 2026	Documento PLS-5 obtenido del CASMC
Diseño del guion de entrevista y gestión de permisos con el CASMC	19 may – 11 jun 2026	Guion de entrevista validado
Aplicación de la entrevista semiestructurada a la fonoaudióloga del CASMC	12 jun 2026	Entrevista transcrita
Desarrollo Sprint 1: gestión de pacientes y acceso al sistema	15 – 30 jun 2026	Módulos de pacientes y login funcionales
Recolección de las láminas del manual de dibujos PLS-5	3 jul 2026	49 láminas digitalizadas e integradas
Desarrollo Sprint 2: evaluación PLS-5, cálculo de resultados y actividades CAA	1 – 16 jul 2026	Beta funcional para validación
Aplicación del cuestionario de usabilidad a los terapeutas	20 jul 2026	Cuestionarios completados
Procesamiento y análisis de resultados (Capítulo IV)	21 – 24 jul 2026	Capítulo IV redactado
Redacción y revisión de capítulos, formato APA, corrección de estilo	27 abr – 17 jul 2026	Documento completo entregado al tutor

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

- Se analizaron los procesos de evaluación y estimulación comunicativa del Centro Acción Social Municipal de Cuenca mediante la revisión documental del manual de administración y puntuación del PLS-5 (subescalas de Comprensión Auditiva y Comunicación Expresiva, reglas de basal y techo, cálculo de puntajes crudo, estándar, percentil y edad equivalente) y una entrevista semiestructurada a la fonoaudióloga del centro, que además permitió recopilar el manual físico de láminas del instrumento. Se confirmó así que el registro de fichas de evaluación, seguimiento y reevaluación sigue siendo en formato físico, sin ningún mecanismo para comparar evaluaciones en el tiempo ni organizar las actividades terapéuticas según la edad de desarrollo comunicativo del paciente.
- Se desarrolló la primera beta de la aplicación con los módulos de evaluación basados en el PLS-5 y de estimulación comunicativa mediante CAA, conforme a los requerimientos identificados en el centro. Esta beta integra la gestión de pacientes, el acceso de terapeutas, el cálculo automático de resultados y un módulo de historial con curva de progreso del paciente.
- Se evaluó la funcionalidad de la beta mediante una validación preliminar con una terapeuta del centro. La valoración fue positiva en los tres componentes analizados (facilidad de uso, utilidad percibida y pertinencia de las actividades CAA), y destacó sobre todo el ahorro de tiempo en la elaboración de informes y la reducción de errores frente al cálculo manual. También se identificó una incidencia técnica puntual y la necesidad de incorporar informes exportables, quedando pendiente ampliar esta validación a una muestra mayor de terapeutas.

Recomendaciones

Para la práctica y gestión institucional (CASMC)

- Incorporar el uso de la aplicación como herramienta habitual en las sesiones de evaluación y estimulación comunicativa, una vez validada su usabilidad con los terapeutas del centro.
- Capacitar brevemente al personal terapéutico en el manejo de la aplicación antes de su adopción definitiva: la interfaz ya fue pensada para minimizar la curva de aprendizaje, así que no debería tomar mucho tiempo.

Para futuras investigaciones

- Desarrollar el módulo de generación automática de informes clínicos (inicial, de seguimiento y de reevaluación), que quedó pendiente como trabajo futuro en la propuesta.
- Ampliar la cobertura etaria del sistema incorporando instrumentos adicionales (CELF-5, Peabody), para llegar también a pacientes con una edad de desarrollo comunicativo superior a los 7 años 11 meses.
- Profundizar en estudios de usabilidad con una muestra mayor de terapeutas y en distintos centros de atención a personas con síndrome de Down; entre más contextos se validen, más sólidos serán los hallazgos.

Institucionales

- Formalizar un convenio de colaboración a largo plazo entre el Instituto Tecnológico Superior Sudamericano y el Centro Acción Social Municipal de Cuenca, que respalde el mantenimiento y la evolución de la aplicación más allá del período de cobertura inicial.
- Evaluar la posibilidad de extender el modelo desarrollado a otros centros de atención similares en Cuenca: son pocos, todavía, los centros del país que cuentan con una herramienta de este tipo.

Referencias

- Abril Ruiz, E. A., & Abril Ruiz, R. S. (2023). Ecosistema digital para la estimulación multisensorial en niños con síndrome de Down. *Revista Publicando*, 10(40), 1–13. <https://doi.org/10.51528/RP.VOL10.ID2398>
- Beukelman, D. R., & Mirenda, P. (2013). *Augmentative and alternative communication: Supporting children & adults with complex communication needs* (4.^a ed.). Paul H. Brookes.
- Bravo Zambrano, G. N., & Enríquez Caro, L. C. (2023). Desarrollo de habilidades comunicativas en estudiantes con discapacidad intelectual. *Revista Cognosis*, 8(EE1), 173–190. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v8iEE1.5218>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449.
- Dorantes Salazar, A., Tello Leal, E., & López López, J. A. (2022). Prototipo de aplicación móvil de apoyo educativo para niños con síndrome de Down. *Transversalidad Científica y Tecnológica*, 6(1), 19–28.
- García Rivas, N. E. (2024). Tecnología asistiva para la inclusión educativa en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 417–433. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11228
- Gutiérrez Pullopaxi, R. A., & Porras Atiaja, W. F. (2025). *Desarrollo de una aplicación móvil para la alfabetización de jóvenes y adultos mediante el uso de Flutter, en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión Pujilí* [Propuesta tecnológica de titulación, Universidad

Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/14296>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education.

Holyfield, C., Pope, L., Light, J., Jakobs, E., Laubscher, E., McNaughton, D., & Pfaff, O. (2023). Effects of an augmentative and alternative communication technology decoding feature on single-word reading by individuals with Down syndrome and limited functional speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 32(3), 1195–1211.
https://doi.org/10.1044/2023_AJSLP-22-00255

Huapaya Coronado, M., & Carrasco Mallma, J. (2024). *Desarrollo de habilidades comunicativas con el uso de la herramienta pictoboard en niños con síndrome de Down, trastorno del espectro autista (TEA) y discapacidad intelectual en un centro de educación básica especial* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/676442>

Kent-Walsh, J., Harrington, N., Hahs-Vaughn, D., & Binger, C. (2025). Generative language intervention for young children with Down syndrome using augmentative and alternative communication: A randomized controlled trial. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 56(3), 542–564. https://doi.org/10.1044/2025_LSHSS-24-00117

Klein, J. A., & Haydar, T. F. (2022). Neurodevelopment in Down syndrome: Concordance in humans and models. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 16, 941855.
<https://doi.org/10.3389/fncel.2022.941855>

Ley Orgánica de Discapacidades. (2012). Registro Oficial Suplemento 796.

Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. (2021). Registro Oficial Suplemento 459.

Ley Orgánica de Salud. (2006). Registro Oficial Suplemento 423.

Mendieta Parra, D. I., Balarezo Lata, E. D., Pérez Pérez, J. M., & Hurtado Crespo, G. P. (2023).

Desarrollo de una aplicación móvil aplicando la gamificación como apoyo a la estimulación cognitiva de niños con síndrome de Down. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 2132–2154.

<https://doi.org/10.56712/LATAM.V4I1.403>

Molero-Aranda, T., Lázaro, J. L., Vallverdú-González, M., & Gisbert, M. (2021). Tecnologías

digitales para la atención de personas con discapacidad intelectual. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 265–283.

<https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27509>

Muñoz Ñañez, D., Gómez Sayas, J., & Andrade Díaz, K. V. (2025). Salud móvil (mHealth) en profundidad: Un estudio bibliométrico. *Revista Espacios*, 46(3).

<https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n03p11>

Oros Méndez, L. A., Flores Cedillo, M. L., Roldán Reyes, E., Rodríguez Morales, Á. L., &

Morales Barbosa, M. de la L. (2019). Innovación tecnológica en la práctica de mHealth mediante una App como soporte a la terapia ocupacional infantil. *Salus*, 23(3), 24–27.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375967800005>

- Rincón Patiño, W. M. (2024). La competencia en tecnología para niños con síndrome de Down: Una aproximación desde la implementación de un recurso educativo digital. *Diálogos*, 16(28), 57–84. <https://doi.org/10.61604/DL.V16I28.357>
- Robles Soto, A. A., Araujo Araujo, P. I., Ullco Jailaca, S. M., Gordón Villamarín, A. D., & Hidalgo Morales, S. X. (2025). La aplicación de herramientas de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) apoyadas en TIC en estudiantes con síndrome de Down: Una revisión de casos exitosos. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 6(1), 3702–3725. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.591>
- Romski, M. A., Sevcik, R. A., Barton-Hulsey, A., Fisher, E., King, M., Albert, P., Kaldes, G., & Walters, C. (2023). Parent-implemented augmented communication intervention and young children with Down syndrome: An exploratory report. *Frontiers in Psychology*, 14, 1168599. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1168599>
- Russo, M. L., Sousa, A. M. M., & Bhattacharyya, A. (2024). Consequences of trisomy 21 for brain development in Down syndrome. *Nature Reviews Neuroscience*, 25(11), 740–755. <https://doi.org/10.1038/s41583-024-00866-2>
- Sánchez León, M. Á., & Ordóñez Morales, E. F. (2025). Análisis de la comunicación mediante ImPACT en niños(as) con TEA. Serie de casos. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca*, 43(2), 59–66. <https://doi.org/10.18537/RFCM.43.02.08>
- Yahia, S., Metawea, M., Megahed, A., ELshawaf, W., Wahba, Y., & Mahmoud, R. (2025). The prevalence of hearing impairment in infants and children with Down syndrome: A cross

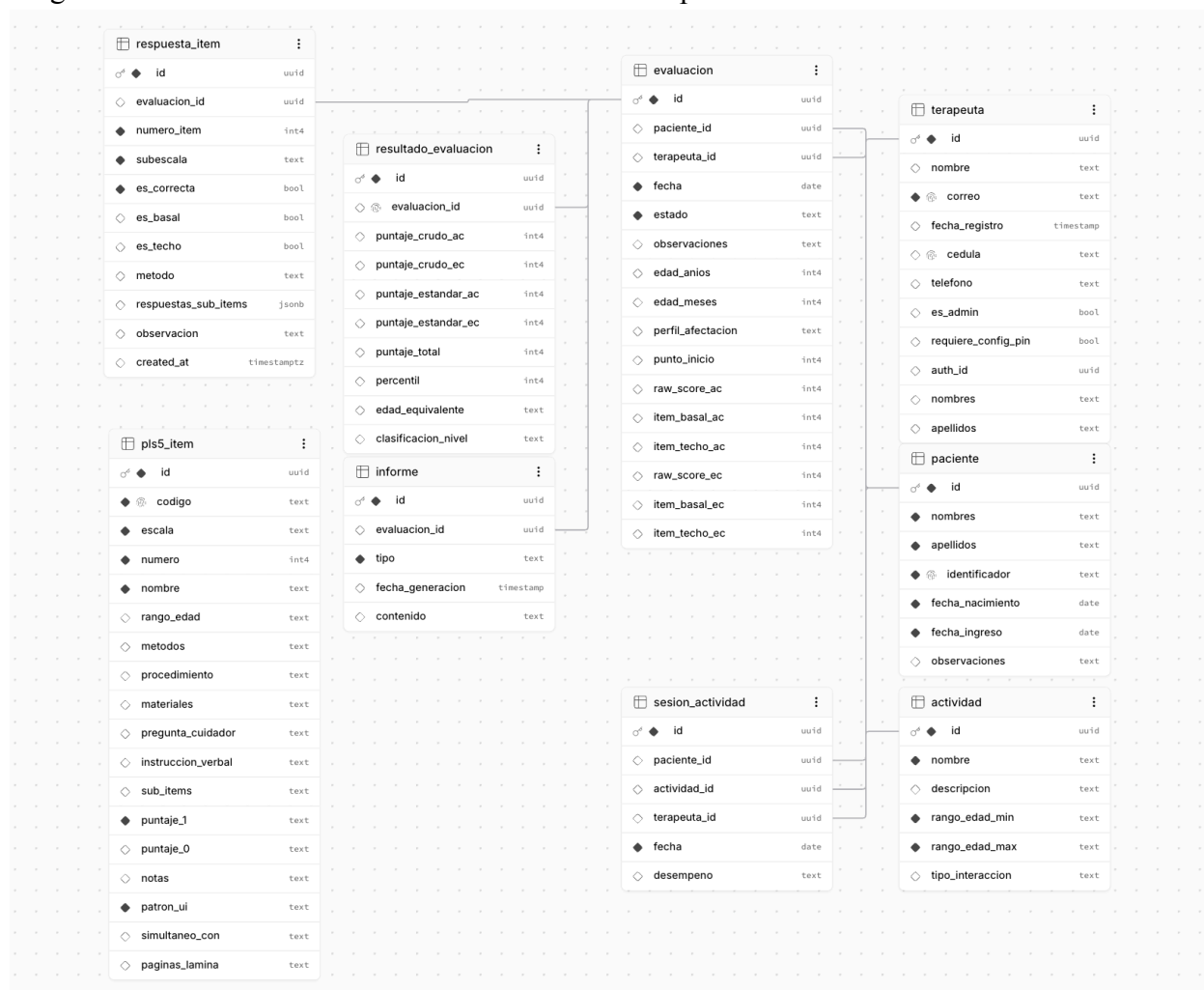
sectional study in a tertiary care center. *Scientific Reports*, 15.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-90500-7>

Zimmerman, I. L., Steiner, V. G., & Pond, R. E. (2011). *Preschool Language Scales, Fifth Edition (PLS-5)*. Pearson.

Figuras

Figura 1

Diagrama entidad-relación del modelo de datos de la aplicación.



Nota. Diagrama correspondiente a la sección "Modelo de datos".

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

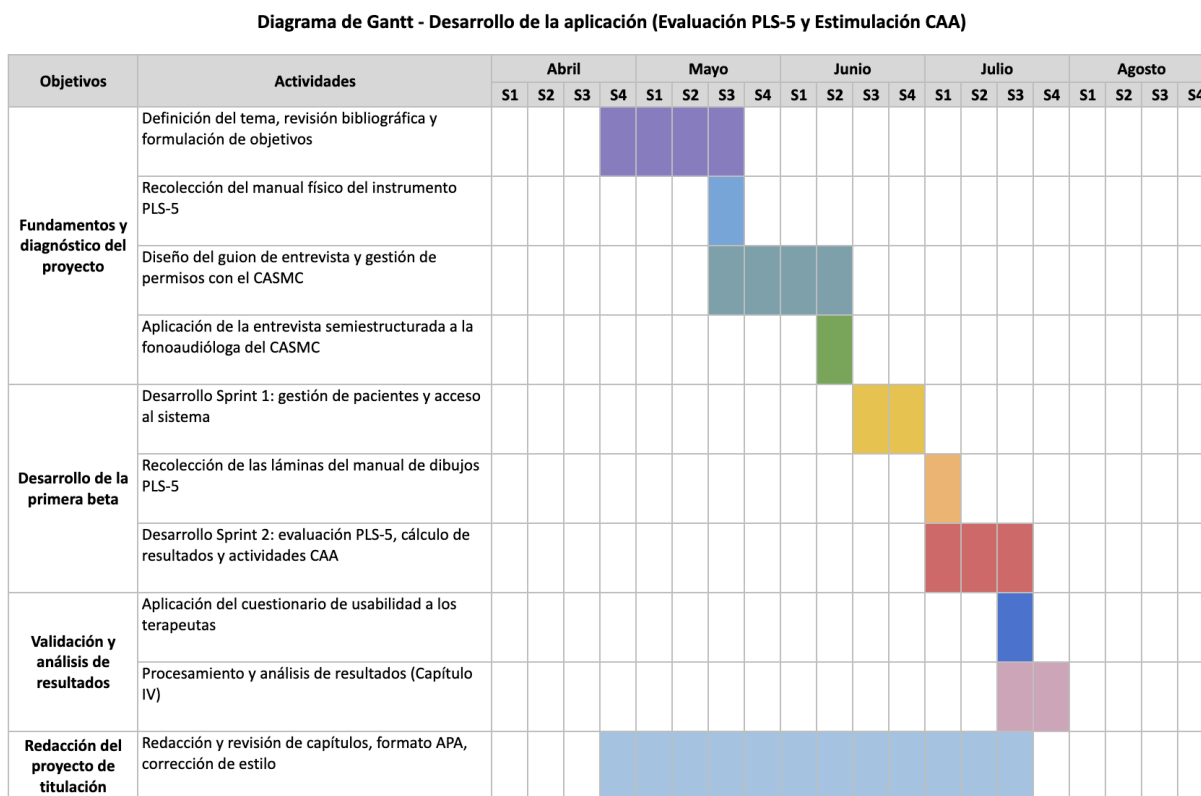
Arquitectura del sistema de la aplicación.



*Nota. Diagrama correspondiente a la sección "Arquitectura de la aplicación".
Fuente: Elaboración propia.*

Figura 3

Diagrama de Gantt del cronograma de actividades



Nota. Diagrama correspondiente al cronograma de actividades presentado en la Tabla 4.

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice

Apéndice A

Guión de Entrevista Semiestructurada

El Apéndice A contiene el guión de la entrevista semiestructurada aplicada a la fonoaudióloga del Centro Acción Social Municipal de Cuenca (CASMC), durante la fase diagnóstica del proyecto. El instrumento se organizó alrededor de seis ejes temáticos, orientados a levantar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.

1. Accesibilidad y usabilidad

1. ¿Qué características esperaría en cuanto a accesibilidad y facilidad de uso de la aplicación, tanto para el terapeuta como para el paciente?
2. ¿Qué tipo de diseño visual (colores, gráficos, nivel de estímulo visual) considera más adecuado para la población atendida?
3. ¿La herramienta debería ser una aplicación instalable o una plataforma web?

2. Rangos de edad y perfiles de desarrollo comunicativo

4. ¿Qué rango de edades atiende el centro?
5. ¿A partir de qué edad los pacientes interactúan de forma funcional con dispositivos tecnológicos?

3. Instrumentos clínicos utilizados actualmente

6. ¿Qué instrumentos de evaluación del lenguaje utiliza actualmente el centro?
7. ¿Con qué frecuencia y bajo qué criterios se aplica cada instrumento?
8. ¿Qué materiales de apoyo se emplean durante la aplicación de estos instrumentos?

4. Secuencia de evaluación y seguimiento

9. ¿Cuál es el proceso habitual desde la evaluación inicial hasta el seguimiento del paciente?
10. ¿Cada cuánto tiempo se realiza una reevaluación?

5. Manejo actual de fichas e historiales clínicos

11. ¿Cómo se registra actualmente la información de cada paciente (fichas, informes, planificación)?
12. ¿Los resultados de las evaluaciones se comparten con los padres de familia o son de uso interno?

6. Infraestructura tecnológica disponible

13. ¿Con qué dispositivos tecnológicos cuenta actualmente el centro (tablets, celulares, otros)?
14. ¿Qué sistema operativo utilizan dichos dispositivos?

Apéndice B

Cuestionario de Usabilidad de AppDawn

El Apéndice B contiene el cuestionario de usabilidad aplicado a los terapeutas del Centro Acción Social Municipal de Cuenca (CASMC) tras utilizar la primera beta de la aplicación. El instrumento fue diseñado en escala tipo Likert de cinco puntos, organizado en tres dimensiones —facilidad de uso, utilidad percibida y pertinencia de las actividades de estimulación CAA—, complementadas con dos preguntas abiertas de carácter semiestructurado.

Cuestionario de Usabilidad

Dirigido a terapeutas del Centro Acción Social Municipal de Cuenca

Escala de valoración: 1 = Totalmente en desacuerdo · 2 = En desacuerdo · 3 = Neutral · 4 = De acuerdo · 5 = Totalmente de acuerdo

A. Facilidad de uso

1. La navegación entre los módulos (evaluación, estimulación, seguimiento) es clara e intuitiva.
2. Puedo registrar una evaluación PLS-5 sin necesidad de ayuda o capacitación adicional.
3. La cantidad de pasos para completar una evaluación es adecuada (no es tediosa).
4. Los textos, íconos y botones son legibles y comprensibles durante la sesión clínica.
5. Puedo encontrar rápidamente el historial de un paciente cuando lo necesito.

B. Utilidad percibida

6. La aplicación agiliza el proceso de evaluación en comparación con el método en papel.
7. El cálculo automático de puntajes (basal, techo, edad equivalente) reduce errores frente al cálculo manual.
8. La curva de progreso me permite entender mejor la evolución del paciente.
9. Usaría esta aplicación de forma regular en mi práctica clínica.
10. La app mejora mi capacidad de dar seguimiento sistemático a cada paciente.

C. Pertinencia de las actividades de estimulación CAA

11. Las actividades asignadas son coherentes con el nivel de desarrollo comunicativo obtenido en el PLS-5.
12. Los elementos visuales (pictogramas, imágenes) de las actividades son apropiados para el perfil de mis pacientes.
13. Las actividades son adecuadas para usar durante o después de la sesión terapéutica.

Preguntas abiertas (semiestructuradas)

14. ¿Qué aspecto de la aplicación le pareció más útil?
15. ¿Qué cambiaría o mejoraría de la aplicación?