

Sistema de Avatar 3D para Traducción de Voz a Lengua de Señas Chilena (LSCh) CatCh AI

Versión MVP: interpretación a español signado como etapa intermedia hacia LSCh

Integrantes: Marcos Bombalas

Eyleen Collado

Luis Gómez

Marcos Hernández

# Índice

Contenido

[Índice 2](#_Toc209890983)

[Control de Versiones 3](#_Toc209890984)

[Introducción 4](#_Toc209890985)

[Desarrollo 5](#_Toc209890986)

[EDT del proyecto CatCh AI 5](#_Toc209890987)

[Categorías de Riesgo 7](#_Toc209890988)

[Categorías del RBS 7](#_Toc209890989)

[Diagrama RBS 8](#_Toc209890990)

[Definiciones de Roles, Metodología y Recursos 9](#_Toc209890991)

[Información General del Proyecto 9](#_Toc209890992)

[Definición de Roles 10](#_Toc209890993)

[Metodología 10](#_Toc209890994)

[Planilla de Costos 13](#_Toc209890995)

[Carta Gantt y Matriz RACI 15](#_Toc209890996)

[Cronograma Gantt 15](#_Toc209890997)

[Matriz RACI 20](#_Toc209890998)

[Leyenda 21](#_Toc209890999)

[Análisis Cualitativo 22](#_Toc209891000)

[Análisis Cuantitativo 26](#_Toc209891001)

[Conclusión 30](#_Toc209891002)

[Bibliografía 31](#_Toc209891003)

### Control de Versiones

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Versión** | **Fecha** | **Autor** | **Descripción** |
| 1.0 | 15/09/25 | Eyleen Collado | Creación del documento |
| 1.2 | 21/09/25 | Eyleen Collado | Actualización de cronogramas y gastos |
| 1.3 | 26/09/2025 | Eyleen Collado | Actualización de Riesgos |
| 2.0 | 03/11/2025 | Eyleen Collado | Cambio en el objetivo del MVP |

# 

# Introducción

El presente plan establece el enfoque integral para identificar, analizar, tratar y monitorear los riesgos del proyecto CatchAI, cuyo objetivo es implementar un MVP que traduzca voz a texto y active la animación correspondiente en un avatar 3D de Lengua de Señas Chilena (LSCh). Dada la naturaleza académica, la dependencia de terceros y las restricciones explícitas de presupuesto, el plan se centra en medidas de bajo costo, priorizando estabilidad funcional del MVP, cumplimiento de plazos del semestre y calidad mínima aceptable para presentar a los stakeholders. La evaluación combina análisis cualitativo (probabilidad, impacto y criticidad) y cuantitativo (estimación PERT para tiempos, árbol de decisión sin gasto adicional y simulación de Monte Carlo basada en la planilla de costos del proyecto).

# Desarrollo

La gestión de riesgos se integra al trabajo por sprints definido para el proyecto, de forma que la identificación y el tratamiento de riesgos acompañen cada incremento funcional. En la práctica, esto implica medir tempranamente la latencia del flujo voz→texto→seña, verificar compatibilidad Blender↔Godot antes de producir animaciones a gran escala, y actualizar la matriz de riesgos al cierre de cada sprint con evidencia de pruebas y lecciones aprendidas. La priorización de acciones se guía por la criticidad y por la relación directa con los hitos comprometidos en el cronograma.

## EDT del proyecto CatCh AI

El Estructurado de Desglose del Trabajo (EDT) constituye la base para planificar, controlar y asignar responsabilidades dentro del proyecto. En el caso del proyecto CatCh AI, el EDT ha sido diseñado para reflejar de forma jerárquica todas las fases, entregables y tareas necesarias para el desarrollo exitoso Sistema de Avatar 3D para Traducción de Voz a Lengua de Señas Chilena (LSCh). Esta estructura permite visualizar con claridad el alcance del proyecto, identificar puntos críticos para la gestión de riesgos y facilitar la asignación de recursos a cada componente. A continuación, se presenta el desglose general por fases, subfases y actividades clave.

Gráfico, Tabla

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

## Categorías de Riesgo

De acuerdo con el estándar definido para el proyecto, los riesgos se agrupan en cuatro categorías.

Esta taxonomía simplifica la asignación de responsables, facilita la trazabilidad con el EDT y permite priorizar acciones de mitigación de bajo presupuesto, tal como exige el alcance.

### Categorías del RBS

* **Tecnología:** Esta categoría abarca los aspectos críticos del pipeline técnico del MVP: captura con FreeMoCap, transcripción de voz, animación/rig del avatar y su integración en Godot. Los riesgos más relevantes identificados son: insuficiencia de hardware para captura 3D, ruido y errores de calibración en FreeMoCap, incompatibilidades entre Blender y Godot en rig/retarget, latencia en el flujo voz→texto→seña por ejecución en CPU, y limitaciones gráficas locales que afectan la renderización del avatar. La mitigación prioriza ajustes de configuración y simplificación técnica: reducción de FPS y resolución, control de iluminación y fondo en sesiones, uso de plantillas de exportación probadas, adopción de modelos de STT ligeros, optimización del pipeline local y simplificación de materiales en el avatar para asegurar continuidad sin necesidad de inversión adicional.
* **Humano:** Reúne factores vinculados a las capacidades del equipo y a la validación del sistema. Aunque el riesgo principal de la matriz se centra en lo tecnológico, se reconoce que la experiencia limitada del equipo en calibración y rigging puede agravar los problemas técnicos si no se gestiona adecuadamente. La mitigación contempla la implementación de rúbricas de evaluación internas, revisiones por pares entre integrantes, uso de videos capturados de manera “ciega” para validar la comprensibilidad de las señas y la elaboración de guías operativas simples que reduzcan la variabilidad en la ejecución.
* **Entorno:** Considera condiciones fuera del control inmediato del equipo que pueden afectar hitos de captura y pruebas. Si las sesiones se realizan en zonas no controladas, el clima, la iluminación no estable, el ruido ambiental o el acceso a infraestructura externa (salas, energía, conectividad local) pueden degradar resultados o forzar reprogramaciones. La mitigación contempla planes de sesión corta con condiciones mínimas controladas (espacio, luz uniforme, fondo neutro), alternativas de trabajo offline para momentos sin red y protocolos de resguardo del material capturado.
* **Organizacional:** Abarca los elementos de gobernanza y soporte operativo: roles y responsables definidos en el RACI, coordinación con autoridades o dirección (si aplica), disponibilidad de recursos y burocracia de compras. Los riesgos principales son los retrasos en adquisiciones y los desalineamientos de agenda que impactan la secuencia de sprints. La mitigación se basa en anticipación (solicitudes con holgura), propuestas de equivalencias técnicas ya aprobadas, reutilización de recursos disponibles, y congelamiento del alcance en cada sprint para asegurar cumplimientos parciales demostrables.

### Diagrama RBS

Tabla

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

## Definiciones de Roles, Metodología y Recursos

Para asegurar una gestión efectiva de los riesgos, es fundamental definir con claridad las funciones de cada integrante del equipo, la metodología de trabajo aplicada y los recursos disponibles para ejecutar el proyecto. Esta sección consolida los elementos clave de planificación que permiten abordar el ciclo de vida del riesgo de forma estructurada, desde la identificación hasta el monitoreo. La correcta asignación de roles garantiza la trazabilidad de las acciones; la metodología asegura rigurosidad técnica y adaptabilidad; y los recursos materiales y digitales permiten viabilizar la ejecución dentro de las restricciones presupuestarias y operativas del entorno escolar.

### Información General del Proyecto

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre de la institución** | Canal 13C |
| **Nombre del proyecto** | Sistema de Avatar 3D para Traducción de Voz a Lengua de Señas Chilena (LSCh) CatCh AI |
| **Fecha de inicio** | 11/08/2025 |
| **Fecha de finalización** | 06/11/2025 |
| **Encargado del proyecto** | Giocrisrai Godoy |
| **Visión general** | El proyecto desarrolla un MVP de un sistema con avatar 3D que traduce voz en español a Español Signado como paso a Lengua de Señas Chilena (LSCh). El alcance comprende: captura y preparación de movimientos con FreeMoCap, transcripción y normalización de voz a texto, biblioteca inicial de señas (diccionario y deletreo como respaldo), rig/retarget en Blender y exportación GLB/FBX para su integración en Godot. Se prioriza estabilidad, legibilidad de la seña y tiempos de respuesta acordes al contexto académico, utilizando herramientas de bajo costo y recursos disponibles. El desarrollo se ejecuta por sprints, con demostraciones incrementales y evidencias (medición de latencia, compatibilidad Blender↔Godot y checklists de captura), en coordinación con Canal 13C. |

### Definición de Roles

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nombre | Rol | Responsabilidades principales |
| Eyleen Collado | Product Owner | Prioriza objetivos del MVP, valida entregables y gestiona el alcance acordado con el docente/cliente. Autoriza cambios y vela por que las decisiones respeten las restricciones del proyecto. |
| Marcos Bombalas | Scrum Master/ Desarrollador | Planifica y facilita los sprints; coordina al equipo y gestiona impedimentos. Además, ejecuta tareas técnicas: captura de movimientos con FreeMoCap, depuración y ajuste de animaciones en Blender, implementación e integración del avatar y menús en Godot y verificación de compatibilidad GLB/FBX. Mantiene evidencia de pruebas por sprint (checklists, videos y exportaciones) y asegura que cada entrega cumpla criterios de aceptación sin aumentar el presupuesto. |
| Luis Gómez | Desarrollador/QA | Implementa y mantiene el módulo Voz→Texto (Whisper/faster-whisper) y la normalización; integra el STT con la biblioteca de señas. Mide y controla la latencia extremo a extremo, define SLA mínimos del MVP y documenta reproducibilidad en CPU. Ejecuta pruebas funcionales y deja evidencia (registros y capturas) para cada sprint. |
| Marcos Hernández | Desarrollador/QA | Responsable de captura y animación 3D: planificación de sesiones, calibración con patrones, control de iluminación/fondo y registro en checklist. Realiza rig/retarget en Blender, exporta GLB/FBX y verifica compatibilidad en Godot. Optimiza el avatar/escena para equipos modestos (simplificación de malla/materiales) y gestiona QA de animaciones con evidencia de pruebas. |

### Metodología

El presente plan de gestión de riesgos se estructura sobre una metodología iterativa e incremental, alineada con los lineamientos institucionales y adaptada al contexto del proyecto CatchAI (sistema de avatar 3D que traduce voz a Español Signado). Esta metodología permite identificar tempranamente los riesgos, analizarlos de forma progresiva y aplicar medidas de mitigación de bajo presupuesto, ajustadas a la evolución del proyecto y al cronograma vigente.

#### Fuentes de información:

* Levantamiento con actores clave: entrevistas estructuradas y semi-estructuradas con el encargado del proyecto, equipo técnico y usuarios/operadores piloto.
* Revisión documental del proyecto: EDT, Carta Gantt, Matriz RACI, planilla de costos, especificaciones técnicas y reportes de avance.
* Observación directa y evidencias técnicas: sesiones de captura (calibración, iluminación, fondo), pruebas de compatibilidad Blender↔Godot (rig/retarget, exportación GLB/FBX) y mediciones de latencia del flujo voz→texto→seña; bitácoras, checklists y registros audiovisuales.

#### Fases metodológicas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fase** | **Objetivo** | **Actividades clave** | **Entregables / Evidencias** | **Frecuencia** |
| **Planificación inicial** | Establecer el marco del plan de riesgos, responsables y calendario de revisión. | Revisar EDT, Gantt, RACI y planilla de costos; definir escala 1–3 para probabilidad e impacto; acordar criterios de criticidad y formato del registro; versionar el documento. | Versión del plan publicada; calendario de revisiones; registro base de supuestos y restricciones. | Una vez al inicio y cuando haya replanificación. |
| **Identificación de riesgos** | Levantar riesgos por Tecnología, Humano, Entorno, Organizacional y mapearlos al EDT. | Sesiones con equipo y actores; construcción/actualización del RBS; registro de fuente de riesgo y supuestos; vinculación de cada riesgo a paquetes del EDT. | RBS vigente; lista de riesgos con categoría y fuente; actas de levantamiento. | Al inicio y ante eventos gatillantes (p. ej., retraso de compras, cambios de alcance). |
| **Análisis cualitativo** | Priorizar según impacto en cronograma, demostrabilidad del MVP y costo. | Asignar Prob e Imp (1–3); calcular Puntaje y Calificación (bajo/medio/alto/crítico); establecer semáforos y orden de tratamiento. | Matriz cualitativa actualizada y priorizada; semáforo de criticidad. | En cada hito/sprint y tras cambios relevantes. |
| **Análisis cuantitativo** | Dimensionar incertidumbre en tiempo y costo sin ampliar presupuesto. | PERT para tareas críticas (captura, integración, validación); árbol de decisión para alternativas técnicas sin costo extra (p. ej., configuración local vs apoyos gratuitos intermitentes); Monte Carlo sobre la planilla de costos del proyecto. | Tablas PERT; árbol documentado con supuestos; resultados Monte Carlo (rango y parámetros usados). | Cuando el riesgo lo amerite y en hitos de planificación. |
| **Plan de respuesta** | Definir acciones de mitigación/ aceptación/ eliminación de bajo costo con responsable y criterio de cierre. | Diseñar acciones específicas por riesgo (p. ej., bajar FPS/resolución, controlar iluminación, plantillas GLB/FBX, rúbricas internas); asignar responsable RACI y evidencia esperada; fijar fecha objetivo. | Plan de respuesta por riesgo; registro de acciones con responsable y evidencia requerida. | Con cada actualización de criticidad y antes del siguiente hito. |
| **Seguimiento y control** | Verificar eficacia de las acciones, cerrar evidencias y mantener trazabilidad. | Medir latencia extremo a extremo; verificar compatibilidad Blender↔Godot (GLB/FBX de referencia); checklist de captura (calibración/iluminación/fondo); revisar estado de compras y dependencias; actualizar RBS y matriz; registrar lecciones aprendidas. | Actas de revisión; métricas y capturas de evidencia; control de versiones del plan actualizado. |  |

### 

### Planilla de Costos

**REMUNERACIONES, HONORARIOS E INCENTIVOS**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rol** | **Equipo** | **Cantidad** | **Valor/hora (CLP)** | **Horas totales** | **Costo total** |
| Estudiantes Desarrolladores | DuocUC | 4 | 4,000 | 480 | 7,680,000 |
| Profesor Tutor | DuocUC | 2 | 15,000 | 60 | 1,800,000 |
| Coordinador del proyecto | C13 | 1 | 45,000 | 80 | 3,600,000 |
| Experto IA/Transformers | Externo | 1 | 40,000 | 40 | 1,600,000 |
| Reuniones conjuntas | Mixto | 6 | 5,000 | 30 | 900,000 |
| Experto Lenguaje Señas | C13 | 1 | 40,000 | 80 | 3,200,000 |
| Testers | Externo | 2 | 15000 | 80 | 1200000 |
|  |  |  |  |  |  |
| **Total** |  |  |  |  | **19,980,000** |

**INFRAESTRUCTURA**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Servicio** | **Especificación** | **Costo mensual** | **Meses** | **Costo total** |
| EC2 entrenamiento IA | Instancia p3.2xlarge (GPU) 30 h/mes | 250,000 | 6 | 1,500,000 |
| EC2 backend API | Instancia t3.medium | 60,000 | 6 | 360,000 |
| S3 + almacenamiento | 500 GB | 40,000 | 6 | 240,000 |
| Transcripción de voz | Amazon Transcribe (500 h/mes) | 100,000 | 6 | 600,000 |
| MediaPipe y renderizado | EC2 + EBS + tráfico | 80,000 | 6 | 480,000 |
| Otros servicios | Logs, IAM, CloudWatch | 20,000 | 6 | 120,000 |
| API GPT | Consumo Local | 200000 | 6 | 1200000 |
|  |  |  |  |  |
| Total |  |  |  | 4,500,000 |

**HERRAMIENTAS**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Herramienta / Servicio** | **Uso principal** | **Costo estimado CLP** |
| Licencias PyCharm Pro (4) | IDE para Python | 320,000 |
| HuggingFace API | Uso de modelos y tokenizer | 400,000 |
| Unity/Unreal Engine/Godot | Animación de avatar | - |
| Plugin de avatar | Sistema de esqueleto MediaPipe-ready | 500,000 |
| Assets de motor gráfico Unreal/Unity/Godot | Agregar funcionalidades al avatar 3D | 1,000,000 |
| Webcams de captura | Captura de señas | 500,000 |
| Tripodes | Soporte de camaras | 120000 |
| Otros accesorios | Cables, extensores, etc. | 60000 |
|  |  |  |
| Total |  | 2,900,000 |

**OTROS COSTOS**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Detalle** | **Costo estimado CLP** | **Descripción** |
| Computador de escritorio | Alta performance para utilizar un avatar de muchos poligonos | 5,000,000 |  |
| Materiales de difusión | Infografías, videos, PPT | 400,000 |  |
| Pruebas en ambiente TV | Pruebas piloto | 5,000,000 | 10hr sala de control master para la visualización del resultado del proceso de generación de señas |
| Set de Motion Capture | Set para la captura de movimientos realistas | 10,000,000 |  |
|  |  |  |  |
| Total |  | 20,400,000 |  |

**COSTOS TOTALES DEL PROYECTO**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Presupuesto Proyecto Lenguaje de Señas** | | |
|  |
| **Recursos Humanos** |  | **19,980,000** |  |
| **Infraestructura Cloud** |  | **4,500,000** |  |
| **Herramientas** | | **2,900,000** |  |
| **Otros Costos** | | **20,400,000** |  |
| **Subtotal** | | **47,780,000** |  |
| **Imprevistos** | | **1,433,400** |  |
| **Total** | | **49,213,400** |  |

## Carta Gantt y Matriz RACI

### Cronograma Gantt

Gráfico

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Gráfico, Gráfico de cajas y bigotes

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Tabla

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Tabla

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

### Matriz RACI

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad** | **Eyleen Collado (PM)** | **Marcos Hernández (Dev)** | **Marcos Bombalás (SM)** | **Luis M. Gómez (Dev)** | **Canal 13C (C)** |
| **Kick-off y planificación inicial** | A/R | C | C | C | I |
| **Elaboración del ERS** | A/R | C | C | C | I |
| **Selección y priorización de historias de usuario** | A/R | C | C | C | I |
| **Configuración del entorno local (Sprint 0)** | C | C | C | R | I |
| **Implementación módulo STT (voz → texto)** | I | C | C | R | I |
| **Creación diccionario LSCh básico** | C | C | R | C | I |
| **Captura y animación de señas (avatar 3D)** | I | R | C | C | I |
| **Integración en motor gráfico (Godot)** | I | R | C | C | I |
| **Gestión de logs y trazabilidad** | C | C | R | R | I |
| **Pruebas internas y validación técnica** | A | R | R | R | I |
| **Validación piloto con usuarios sordos** | A | C | C | C | C/I |
| **Informes de avance y minutas** | A/R | I | I | I | I |
| **Presentación final del MVP** | A/R | C | C | C | I |

##### 

##### **Indicadores para niveles de probabilidad e impacto**

Para realizar un análisis cualitativo estructurado de los riesgos identificados, se ha definido una escala de valoración que permite evaluar cada evento según dos criterios clave: su probabilidad de ocurrencia y el impacto que generaría en caso de materializarse. Esta clasificación facilita priorizar los riesgos de acuerdo a su criticidad y orientar las estrategias de mitigación de forma proporcional a su nivel de amenaza. Los indicadores se expresan en niveles numéricos simples que permiten una lectura ágil y una representación visual efectiva en la matriz de riesgos. La multiplicación de los puntajes nos proporciona un resultado final, el cual nos permite evaluar y calificar el riesgo con un nivel de manera de priorizar al realizar las medidas de mitigación.

### Leyenda

#### Impacto

|  |  |
| --- | --- |
| Nivel de Impacto | Valores Impacto |
| Baja | 1 |
| Medio | 2 |
| Alta | 3 |

#### Nivel de Probabilidad

|  |  |
| --- | --- |
| Nivel de Impacto | Valores Impacto |
| Baja | 1 |
| Medio | 2 |
| Alta | 3 |

#### 

#### Calificación

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Alto |  |  |  |
| Medio |  |  |  |
| Bajo |  |  |  |
|  | Bajo | Medio | Alto |

#### 

### Análisis Cualitativo

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Riesgo** | **Categoría** | **Fuente de riesgo** | **Impacto** | **Probabilidad** | **Puntaje** | **Calificación** |
| Hardware insuficiente para captura 3D | Tecnología | Equipos con insuficiente capacidad de procesamiento; cámaras heterogéneas | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Problemas en FreeMoCap (calibración/ruido) | Tecnología | Errores de calibración, oclusiones | 2 | 3 | 6 | Alto |
| Compatibilidad Blender-Godot (rig/retarget) | Tecnología | Incompatibilidad de esqueleto/formatos | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Latencia en flujo voz→texto→seña | Tecnología | Inferencia lenta en CPU | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Problemas con renderización del avatar | Tecnología | Limitación gráfica local | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Falta de datos para entrenamiento | Tecnología | Dataset LSCh insuficiente | 3 | 3 | 9 | Crítico |
| Problemas con fine tuning (overfitting) | Tecnología | Modelo no generaliza | 3 | 2 | 6 | Alto |
| No conseguir validación de expertos LSCh | Humano | No hay intérpretes disponibles | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Brecha de habilidades del equipo (rigging/FT) | Humano | Curva de aprendizaje | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Retrasos en compras por burocracia | Entorno | Procesos administrativos | 2 | 3 | 6 | Alto |
| Dependencia de convenios (Canal 13C) y calendario académico | Organizacional | Desfase de plazos | 3 | 2 | 6 | Alto |
| No cumplir tiempos de respuesta definidos | Organizacional | Criterios de rendimiento exigentes | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Gestión de alcance | Organizacional | Ingreso de requisitos nuevos | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Resistencia/expectativas no alineadas de usuarios/operadores | Humano | Cambios de hábito; criterios de aceptación no claros | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Condiciones de entorno no controladas (clima/iluminación/ruido) | Entorno | Sesiones de captura en espacios compartidos o no controlados | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Dependencia de infraestructura externa (salas/energía/acceso) | Entorno | Indisponibilidad temporal o permisos restringidos | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Falla o incompatibilidad en drivers de GPU al usar Blender o Godot | Tecnología | Drivers desactualizados, incompatibilidades con versiones de Blender/Godot o sistema operativo | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Crash/instabilidad con escenas muy pesadas | Tecnología | Geometría alta, texturas grandes, fugas de memoria, drivers GPU inestables, addons conflictivos | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Corrupción o pérdida de archivos .blend | Tecnología | Guardado interrumpido por crash, fallo de disco, sobrescritura accidental | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Addons incompatibles o que dejan de funcionar tras update | Tecnología | Cambios de API en Blender, addons no mantenidos, conflictos entre addons | 2 | 3 | 6 | Alto |
| Tiempos de render excesivos / renders impredecibles | Tecnología | Hardware insuficiente (GPU/VRAM), settings de render no optimizados, volumétricos o samples altos | 3 | 3 | 9 | Alto |
| Errores al exportar (FBX/GLB) — mallas/animaciones rotas | Tecnología | Limitaciones del formato, transforms sin aplicar, huesos/names inconsistentes | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Fallos en rigging / retargeting (animaciones corruptas) | Tecnología | Pesos de skin incorrectos, ejes/escala no aplicados, convenciones de nombres distintas | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Materiales/shaders no reproducen igual en el motor objetivo | Tecnología | Diferencias entre Cycles/Eevee y el motor destino; nodos no soportados | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Tiempos de bake largos o caches de simulación corruptos | Tecnología | Simulaciones (smoke/cloth/particles) con alta resolución, caches guardados incorrectamente | 2 | 2 | 4 | Medio |
| Uso de assets/addons con licencias no compatibles | Tecnología | Assets descargados sin verificar condiciones (uso comercial, redistribución) | 3 | 2 | 6 | Alto |
| Addon de terceros con código malicioso / riesgo de seguridad | Tecnología | Addons no verificados con acceso a filesystem o ejecución de scripts | 3 | 1 | 3 | Bajo |

###### **Acciones frente a riesgos cualitativos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Riesgo** | **Categoría** | **Fuente de riesgo** | **Mitigación** |
| Hardware insuficiente para captura 3D | Tecnología | Equipos con insuficiente capacidad de procesamiento; cámaras heterogéneas | Optimizar set de captura (iluminación/fondo); reducir FPS/resolución; sesiones cortas; pruebas por lotes; modelos livianos y simplificación del avatar. |
| Problemas en FreeMoCap (calibración/ruido) | Tecnología | Errores de calibración, oclusiones | Sesiones cortas con control de iluminación, fondo uniforme, repetir calibración, guías visuales de postura; registro de checklists. |
| Compatibilidad Blender-Godot (rig/retarget) | Tecnología | Incompatibilidad de esqueleto/formatos | Estandarizar rig (Mixamo/Godot), exportar GLB/FBX probados, plantillas de exportación; pruebas tempranas de 1 animación. |
| Latencia en flujo voz→texto→seña | Tecnología | Inferencia lenta en CPU | Uso de modelos ligeros (Fast Whisper small), batching, caché de señas frecuentes, bajar resolución facial/frames del avatar. |
| Problemas con renderización del avatar | Tecnología | Limitación gráfica local | Simplificar malla/materiales, LOD, reducir sombras y post-proceso; animaciones sin blend shapes costosos. |
| Falta de datos para entrenamiento | Tecnología | Dataset LSCh insuficiente | Generar dataset incremental interno, data augmentation en Blender (variar cámara/iluminación), priorizar diccionario base + deletreo. |
| Problemas con fine tuning (overfitting) | Tecnología | Modelo no generaliza | Validación cruzada, regularización, early stopping, reducir parámetros, baseline por reglas antes de FT. |
| No conseguir validación de expertos LSCh | Humano | No hay intérpretes disponibles | Validación interna por pares con rúbricas y video ciego; contactar voluntariamente a organizaciones/escuelas LSCh para revisión puntual sin costo. |
| Brecha de habilidades del equipo (rigging/FT) | Humano | Curva de aprendizaje | Capacitación autodidacta con tutoriales oficiales, guías internas, pairing y revisión por checklist técnica. |
| Retrasos en compras por burocracia | Entorno | Procesos administrativos | Anticipar OC con cronograma, alternativas equivalentes ya aprobadas, reutilizar equipos disponibles; plan de trabajo offline sin compras. |
| Dependencia de convenios (Canal 13C) y calendario académico | Organizacional | Desfase de plazos | Repriorizar MVP (diccionario básico + deletreo), hitos intermedios demostrables; buffers en Gantt. |
| No cumplir tiempos de respuesta definidos | Organizacional | Criterios de rendimiento exigentes | Definir SLA realistas para MVP, medir latencia desde el inicio, optimizar solo tramo crítico. |
| Gestión de alcance | Organizacional | Ingreso de requisitos nuevos | Control de cambios: checklist de alcance, priorización, congelamiento de features antes del cierre. |
| Resistencia/ expectativas no alineadas de usuarios/ operadores | Humano | Cambios de hábito; criterios de aceptación no claros | Definir criterios de aceptación mínimo MVP; demos tempranas; manual breve de uso/operación. |
| Condiciones de entorno no controladas (clima/ iluminación/ ruido) | Entorno | Sesiones de captura en espacios compartidos o no controlados | Sesiones cortas; control mínimo de luz y fondo; seleccionar horarios con menor ruido; plan de reintento. |
| Dependencia de infraestructura externa (salas/ energía/ acceso) | Entorno | Indisponibilidad temporal o permisos restringidos | Calendario con holguras; alternativas de sala; resguardo de equipo; modos offline cuando sea posible. |
| Falla o incompatibilidad en drivers de GPU al usar Blender o Godot | Tecnología | Drivers desactualizados, incompatibilidades con versiones de Blender/Godot o sistema operativo | Mantener drivers actualizados, documentar versiones compatibles, fallback en CPU; segunda GPU/PC de respaldo para pruebas |
| Crash/ inestabilidad con escenas muy pesadas | Tecnología | Geometría alta, texturas grandes, fugas de memoria, drivers GPU inestables, addons conflictivos | Autosaves frecuentes; versiones incrementales (.blend1, .blend2); trabajar con proxies/collections/LOD; optimizar mallas; actualizar drivers; usar render farm si es necesario. |
| Corrupción o pérdida de archivos .blend | Tecnología | Guardado interrumpido por crash, fallo de disco, sobrescritura accidental | Política de versionado (Git/LFS, Perforce) para escenas/exports; backups en la nube; activar Auto Save y “Save Versions”; procedimientos de recuperación y pruebas periódicas. |
| Addons incompatibles o que dejan de funcionar tras update | Tecnología | Cambios de API en Blender, addons no mantenidos, conflictos entre addons | Mantener entorno de pruebas; congelar versión de Blender para producción; catálogo de addons aprobados; test de smoke antes de actualizar; registrar dependencias. |
| Tiempos de render excesivos / renders impredecibles | Tecnología | Hardware insuficiente (GPU/VRAM), settings de render no optimizados, volumétricos o samples altos | Optimizar escenas (baking, proxies); usar denoiser; reducir samples; render por capas; usar GPU/render farm; benchmarking y perfilado. |
| Errores al exportar (FBX/GLB) — mallas/animaciones rotas | Tecnología | Limitaciones del formato, transforms sin aplicar, huesos/names inconsistentes | Checklist de export (aplicar transforms, aplicar escala, revisar names); bake de anim; test de export temprano; plantillas y presets probados. |
| Fallos en rigging / retargeting (animaciones corruptas) | Tecnología | Pesos de skin incorrectos, ejes/escala no aplicados, convenciones de nombres distintas | Estándares de rig y naming; pruebas unitarias por personaje; herramientas de retargeting aprobadas; revisión de weights y constraints. |
| Materiales/shaders no reproducen igual en el motor objetivo | Tecnología | Diferencias entre Cycles/Eevee y el motor destino; nodos no soportados | Diferencias entre Cycles/Eevee y el motor destino; nodos no soportados |
| Tiempos de bake largos o caches de simulación corruptos | Tecnología | Simulaciones (smoke/cloth/particles) con alta resolución, caches guardados incorrectamente | Bake incremental; usar resoluciones de test; cache en disco rápido; scripts para re-bake y verificación; backups de caches. |
| Uso de assets/ addons con licencias no compatibles | Tecnología | Assets descargados sin verificar condiciones (uso comercial, redistribución) | Política de compras, biblioteca de assets aprobados, registro y almacenaje de licencias, revisión legal previa y reemplazos libres si hay duda. |
| Addon de terceros con código malicioso / riesgo de seguridad | Tecnología | Addons no verificados con acceso a filesystem o ejecución de scripts | Política de instalación (solo fuentes confiables); revisión rápida de código antes de instalar; estaciones de trabajo aisladas; listas blancas de addons; controles de endpoint. |

### Análisis Cuantitativo

El análisis cuantitativo se aplica a los riesgos con mayor efecto potencial sobre plazo y costo del proyecto, tomando como base:

* el EDT vigente (captura, rig/retarget y exportación, integración voz→texto→seña, validación interna);
* la matriz de riesgos definitiva (foco en: falta de datos para entrenamiento —crítico—; hardware/captura; compatibilidad Blender–Godot; latencia; burocracia de compras);
* la planilla de costos oficial del proyecto (sin ampliación presupuestaria).

Todas las medidas consideran costo cero o muy bajo y uso de herramientas disponibles.

#### Estimación PERT

Se estiman duraciones en días hábiles para actividades que representan el camino crítico probable del MVP. Para cada actividad se utiliza PERT:

E = (o + 4m + p) / 6 (tiempo esperado) y σ = (p − o) / 6 (desviación estándar).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad crítica** | **Optimista (o)** | **Más probable (m)** | **Pesimista (p)** | **E PERT** | **σ** |
| Integración voz→texto→seña | 10 | 14 | 18 | **14** | **1,33** |
| Entrenamiento/dataset incremental (con deletreo de respaldo) | 12 | 20 | 32 | **20,7** | **3,33** |
| Rig/retarget y preparación de exportación | 8 | 12 | 20 | **12,7** | **2** |
| Captura FreeMoCap (sesiones controladas) | 6 | 10 | 18 | **10,7** | **2** |
| Validación interna (rúbricas y evidencia) | 4 | 6 | 10 | 6,3 | 1 |

Tiempo esperado del tramo crítico (suma de E): 14,0 + 20,7 + 12,7 + 10,7 + 6,3 = 64,4 días.

Desviación estándar total (raíz de suma de varianzas): √(1,33² + 3,33² + 2,00² + 2,00² + 1,00²) ≈ 4,68.

Ventana al 95 % (aprox. E + 2σ): 64,4 + 9,4 ≈ 73,8 días.

Con la configuración actual (mitigaciones de bajo costo ya definidas), el plazo objetivo debería contemplar aproximadamente 64 días hábiles y reservar un estimado de 10 días de buffer para cubrir incertidumbres razonables (como calibración adicional, compatibilidad puntual, reintentos de captura).

#### Árboles de decisión

Diagrama

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Decisión:**

Se **elige A1 (dataset incremental + deletreo)**.

**Justificación:**

Minimiza el atraso esperado (4,4 vs 22,5 d), mantiene el flujo de trabajo sin costo adicional y reduce el riesgo de bloqueo por disponibilidad de expertos. El deletreo actúa como respaldo cuando una seña no esté disponible y el *data augmentation* permite ampliar cobertura sin gastos.

###### 

Diagrama

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Decisión:**

Se **elige B1 (rig estándar + prueba temprana)**.

**Justificación:**

Reduce drásticamente el retrabajo y el atraso esperado (4,1 vs 23,5 d), entrega evidencia de compatibilidad al inicio y evita re-hacer lotes de animaciones.

#### Simulación de Montecarlo

Se evaluó la variabilidad del costo total y del plazo del tramo crítico del MVP. Como costo base (C0) se tomó el total detectado en la planilla oficial (49.213.400, hoja “Totales”). No se consideran incrementos de presupuesto; la variación responde a incertidumbre operativa (reintentos de captura, ajustes de exportación, pruebas adicionales) sin compras nuevas.

Costos: 10.000 iteraciones con variación uniforme ±15% sobre costo base.

Plazo: 10.000 iteraciones con distribuciones triangulares (o, m, p) para las actividades críticas: integración voz→texto→seña; entrenamiento/dataset incremental; rig/retarget y exportación; captura FreeMoCap; validación interna. Los parámetros (o, m, p) se tomaron del análisis PERT del ítem anterior.

Resultados.

Costo total (mismos términos que Costo base): el valor esperado aproximadamente el costo base; el intervalo del 95% se aproxima a Costo base más o menos al 14–15%.

En números, con C0 = 49.213.400, el rango de referencia 95% es aproximadamente 42,1 millones a 56,2 millones.

Plazo total (días hábiles): la simulación confirma un percentil 95% cercano a E + 2σ del PERT. Se recomienda mantener un buffer de alrededor de 10 días hábiles sobre el esperado para cubrir calibraciones adicionales, compatibilidad puntual y reintentos de captura.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **0** | **Costo** | **Plazo días** |
| **media** | 49.170.903 | 66,72022985 |
| **desv** | 4.255.299 | 5,808169681 |
| **p05** | 42.555.902 | 57,50512889 |
| **p50** | 49.188.323 | 66,56161719 |
| **p95** | 55.857.259 | 76,46626205 |
| **min** | 41.836.032 | 44,1435524 |
| **max** | 56.595.071 | 88,83553196 |
| **n** | 10.000 | 10000 |
| **nota** | Costo | Plazo total (suma actividades críticas; días hábiles) |

# Conclusión

El plan de gestión de riesgos mantiene una postura prudente y realista, coherente con las restricciones de bajo presupuesto y el objetivo de entregar un MVP funcional. Se opta por avanzar con dataset incremental respaldado por deletreo y por estandarizar el rig con una prueba temprana, decisiones que reducen el atraso esperado y evitan bloqueos operativos. El análisis PERT y la simulación de Monte Carlo sugieren sostener un margen de holgura cercano a diez días hábiles y confirman que el costo total se moverá, en la mayoría de los escenarios, dentro de un rango acotado respecto del presupuesto base. Con seguimiento periódico, evidencia mínima por hito y control de cambios disciplinado, el riesgo residual se mantiene en niveles aceptables para el calendario académico, asegurando demostrabilidad sin ampliar recursos y preservando la viabilidad del proyecto.

# Bibliografía

Project Management Institute. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.). Project Management Institute.