**Rúbrica de Evaluación de Madurez Tecnológica para Proyectos de I+D+I**

Este documento presenta una rúbrica de evaluación detallada diseñada para medir y asegurar la eficacia de los proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) en cada uno de los Niveles de Maduración Tecnológica (TRL) definidos por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) de Chile. Esta herramienta de evaluación sistemática está orientada a proporcionar una metodología clara y coherente para evaluar el progreso tecnológico desde las etapas iniciales de investigación hasta la implementación comercial de la tecnología.

**Metodología Utilizada**

El desarrollo de la rúbrica de evaluación se ha basado en un análisis meticuloso de los criterios establecidos por ANID[[1]](#footnote-1) y la experiencia de la NASA[[2]](#footnote-2), adaptando estos parámetros a las necesidades específicas y al contexto de I+D+i en Chile. La metodología de evaluación se fundamenta en los siguientes principios:

1. **Evaluación Basada en Evidencia:** Cada nivel de TRL debe ser validado a través de evidencias concretas que respalden la madurez y efectividad de la tecnología en cuestión. Esto incluye (pero no se limita) a: documentos de investigación, resultados de pruebas de laboratorio y entornos operacionales reales, así como estudios de mercado y análisis de manufacturabilidad.
2. **Cumplimiento Incremental:** La transición de un TRL a otro requiere el cumplimiento completo de todos los criterios establecidos para el nivel actual antes de avanzar al siguiente. Este enfoque asegura que cada etapa del desarrollo tecnológico sea completada con la rigurosidad necesaria, minimizando los riesgos asociados con el salto prematuro entre etapas de desarrollo.
3. **Validación de Concepto y Tecnología:** Desde las primeras fases, tanto el concepto como la tecnología deben ser validados teórica y experimentalmente. Esta validación es crucial para garantizar que la tecnología no sólo sea viable en teoría sino también efectiva en la práctica.
4. **Integración y Escalabilidad:** A medida que la tecnología avanza en los niveles de TRL, es fundamental evaluar su capacidad de integración en sistemas más grandes y su escalabilidad. Esto es esencial para asegurar que la tecnología pueda ser fabricada y comercializada a gran escala.
5. **Revisión Continua y Ajuste de Estrategias**: La metodología implica una revisión continua de todos los aspectos del proyecto, lo que permite realizar ajustes basados en el feedback del mercado, los avances tecnológicos, y otros factores críticos que puedan influir en el desarrollo tecnológico.

**Explicación de la Metodología**

La rúbrica está diseñada para ser utilizada como una herramienta dinámica de evaluación que no solo mide el cumplimiento de los requisitos técnicos, sino que también fomenta una reflexión y revisión continua sobre el proceso de desarrollo tecnológico. A través de su estructura, promueve una disciplina de validación rigurosa que es fundamental para el éxito en las etapas posteriores de comercialización y despliegue tecnológico.

En resumen, esta rúbrica y la metodología subyacente proporcionan un marco robusto para la evaluación de proyectos de I+D+i, garantizando que cada paso del desarrollo tecnológico se ejecute de manera efectiva y alineada con los estándares internacionales y las expectativas del mercado.

**Rúbrica de Evaluación para Proyectos de I+D+i Basada en TRL**

**TRL 1 – Principios Básicos Estudiados**

* **Investigación inicial completa**: Se ha completado y documentado adecuadamente la investigación científica básica. (Evidencia: documentos de investigación)
* **Identificación de principios básicos**: Se han identificado y documentado los principios básicos de la tecnología. (Evidencia: informes técnicos)
* **Planificación de transición**: Se ha esbozado un plan claro para la transición hacia la investigación aplicada. (Evidencia: plan de proyecto)

**TRL 2 – Concepto Tecnológico Formulado**

* **Formulación del concepto**: Se ha formulado y documentado claramente el concepto tecnológico con posibles aplicaciones. (Evidencia: documentación del concepto)
* **Desarrollo de herramientas analíticas**: Se han desarrollado herramientas para la simulación o análisis del concepto. (Evidencia: software o modelos analíticos)
* **Documentación de análisis preliminar**: Se ha proporcionado documentación de los análisis preliminares realizados. (Evidencia: informes de análisis)

**TRL 3 – Prueba de Concepto Experimental**

* **Realización de pruebas de concepto**: Se han realizado y documentado pruebas experimentales que validan la viabilidad técnica del concepto. (Evidencia: reportes de pruebas)
* **Validación de componentes individuales**: Se ha validado cada componente individualmente sin integración completa. (Evidencia: resultados de pruebas)
* **Documentación de resultados**: Se han documentado todos los resultados de pruebas y análisis detallados. (Evidencia: informes detallados)

**TRL 4 – Tecnología Validada en Laboratorio**

* **Validación de componentes tecnológicos**: Se han validado todos los componentes tecnológicos en un entorno de laboratorio. (Evidencia: informes de validación)
* **Funcionamiento integrado de componentes**: Se ha demostrado el funcionamiento integrado y coherente de los componentes. (Evidencia: reportes de integración)
* **Documentación completa de validación**: Se ha documentado completamente el proceso y los resultados de la validación. (Evidencia: informes de validación completa)

**TRL 5 – Tecnología Validada en un Entorno Relevante**

* **Integración de elementos tecnológicos**: Los elementos tecnológicos se han integrado en configuraciones que simulan aplicaciones finales. (Evidencia: configuraciones integradas)
* **Validación de operatividad del sistema**: La operatividad del sistema se ha validado en condiciones controladas similares al entorno final. (Evidencia: resultados de validación)
* **Documentación de pruebas y validaciones**: Se ha proporcionado documentación detallada de todas las pruebas y validaciones realizadas. (Evidencia: informes detallados)

**TRL 6 – Tecnología Demostrada en un Entorno Relevante**

* **Funcionamiento de prototipos piloto**: Se han desarrollado y probado prototipos piloto que funcionan efectivamente en condiciones reales. (Evidencia: reportes de pruebas piloto)
* **Superación de pruebas de factibilidad**: Los prototipos han superado pruebas de factibilidad demostrando funcionalidad completa. (Evidencia: resultados de pruebas de factibilidad)
* **Documentación del rendimiento del prototipo**: Se ha documentado detalladamente el rendimiento del prototipo en un entorno relevante. (Evidencia: informes de rendimiento)

**TRL 7 – Demostración de Sistema o Prototipo Completo en Entorno Operacional**

* **Operación de sistemas a escala pre-comercial**: El sistema o prototipo funciona exitosamente a escala pre-comercial. (Evidencia: resultados de operación a escala)
* **Evaluación de fabricación y ciclo de vida**: Se han identificado y evaluado aspectos relacionados con la fabricación y el ciclo de vida. (Evidencia: análisis de fabricación y ciclo de vida)
* **Documentación completa de pruebas y evaluaciones**: Se ha proporcionado documentación completa de todas las pruebas y evaluaciones realizadas. (Evidencia: informes de pruebas y evaluaciones)

**TRL 8 – Sistema Completo y Certificado a través de Pruebas y Demostraciones**

* **Conformidad con criterios reglamentarios y de certificación**: La tecnología cumple con todos los criterios reglamentarios y de certificación necesarios. (Evidencia: certificaciones y cumplimientos reglamentarios)
* **Demostración exitosa en condiciones operacionales finales**: El sistema ha sido probado y demostrado exitosamente en su forma final bajo condiciones operacionales. (Evidencia: resultados de pruebas finales)
* **Documentación final de pruebas y certificación**: Se ha documentado completamente el proceso de pruebas y los resultados de certificación. (Evidencia: informes de certificación)

**TRL 9 – Aplicación Comercial Completa**

* **Comercialización exitosa de la tecnología**: La tecnología ha sido comercializada exitosamente y está disponible para la producción. (Evidencia: datos de ventas y mercado)
* **Funcionamiento confirmado en aplicaciones finales**: El sistema ha sido probado y confirmado en su funcionamiento final en aplicaciones reales. (Evidencia: resultados de operación en aplicaciones reales)
* **Documentación comprensiva de operación y resultados**: Se ha proporcionado una documentación completa que incluye la operación final y los resultados en entornos reales. (Evidencia: informes de operación y resultados)

**NOTA:** Para alcanzar un nivel de TRL, es necesario cumplir con todos los ítems correspondientes, cada uno debidamente verificado.

1. <https://anid.cl/concursos/concurso-idea-id-2024/>

   <https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/investigacion-aplicada/2024/IdeaTA/REX_10054_2023_aprueba_bases_TA24_9bD7eU7jI2aE5dR1zA6bW8sLcV6xZ.pdf> [↑](#footnote-ref-1)
2. [Niveles de preparación tecnológica - NASA](https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/) [↑](#footnote-ref-2)