Bases de la Convocatoria a

# Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Aplicados

# PICT Aplicados 2021

Financiamiento del Banco Centroamericano de Integración Económica BCIE

## ANEXO II

## Niveles de Maduración Tecnológica o TRLs (Technology Readiness Levels).

A continuación se detallan los niveles de maduración tecnológica según el Ministerio de Energía de Estados Unidos, y se dispone más información en un enlace de la página de esta convocatoria:

**TRL 1 Principios básicos observados e informados**

Este es el nivel más bajo de madurez tecnológica. La investigación científica comienza a traducirse en I+D aplicada. Los ejemplos pueden incluir estudios en papel de las propiedades básicas de una tecnología o trabajo experimental que consiste principalmente en observaciones del mundo físico. La información de respaldo incluye investigaciones publicadas u otras referencias que identifican los principios que subyacen a la tecnología.

**TRL 2 Formulación del concepto de tecnología y/o uso**

Una vez que se verifican los principios básicos, se pueden inventar aplicaciones prácticas. Las aplicaciones son especulativas, y puede que no haya pruebas o análisis detallados que respalden los supuestos. Los ejemplos aún se limitan a estudios analíticos. La información de respaldo incluye publicaciones u otras referencias que describen la aplicación que se está considerando y que proporcionan análisis para respaldar el concepto. El paso de TRL 1 a TRL 2 mueve las ideas de la investigación pura a la aplicada. La mayor parte del trabajo son estudios analíticos o en papel con énfasis en comprender mejor la ciencia. El trabajo

experimental está diseñado para corroborar las observaciones científicas básicas realizadas durante el trabajo TRL 1.

**TRL 3 Prueba de concepto analítica y experimental de función crítica y / o característica**

Se inicia activamente la investigación y desarrollo (I + D). Esto incluye estudios analíticos y estudios a escala de laboratorio para validar físicamente las predicciones analíticas de elementos separados de la tecnología. Los ejemplos incluyen componentes que aún no están integrados o probados de forma representativa con simuladores. En TRL 3, el trabajo ha pasado de la fase de papel al trabajo experimental que verifica que el concepto funciona como se espera en simulantes. Los componentes de la tecnología están validados, pero no se intenta integrar los componentes en un sistema completo. El modelado y la simulación pueden usarse para complementar los experimentos físicos.

**TRL 4 Validación de componentes y / o sistemas en entornos de laboratorio.**

Los componentes tecnológicos básicos se integran para comprobar que las piezas funcionarán juntas. Esto es relativamente de "baja fidelidad" en comparación con el sistema terminado final. Los ejemplos incluyen la integración de hardware ad hoc en un laboratorio y pruebas con una variedad de simuladores y pruebas a pequeña escala con condiciones /cargas reales. La información de respaldo incluye los resultados de los experimentos integrados y las estimaciones de cómo los componentes experimentales y los resultados de las pruebas experimentales difieren de los objetivos de rendimiento del sistema esperados. TRL 4-6 representa el puente de la investigación científica a la ingeniería. TRL 4 es el primer paso para determinar si los componentes individuales funcionarán juntos como un sistema. El sistema de laboratorio probablemente será una combinación de equipos disponibles y algunos componentes de propósito especial que pueden requerir un manejo, calibración o alineación especiales para que funcionen.

**TRL 5 Escala de laboratorio, validación de sistema similar en entorno relevante**

Los componentes tecnológicos básicos están integrados de forma tal que la configuración del sistema sea similar (coincida) con la aplicación final en casi todos los aspectos. Los ejemplos incluyen probar un sistema a escala de laboratorio de alta fidelidad en un entorno simulado con una gama de esimulantes y situaciones reales. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas a escala de laboratorio, el análisis de las diferencias entre el laboratorio y el eventual sistema operativo / entorno, y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno. La principal diferencia entre TRL 4 y 5 es el aumento de la fidelidad del sistema y el entorno a la aplicación real. El sistema probado es casi un prototipo.

**TRL 6 Ingeniería / escala piloto, validación de sistema similar (prototipo) en entorno relevante**

Los modelos o prototipos a escala de ingeniería se prueban en un entorno relevante. Esto representa un paso importante en demostrar la madurez de una tecnología. Los ejemplos incluyen probar un sistema prototipo a escala de ingeniería con una gama de simulantes. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas a escala de ingeniería y el análisis de las diferencias entre la escala de ingeniería, el sistema / entorno del prototipo y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno. En TRL 6 comienza el verdadero desarrollo de ingeniería de la tecnología como un sistema operativo. La principal diferencia entre TRL 5 y 6 es el paso de la escala de laboratorio a la escala de ingeniería y la determinación de los factores de escala que permitirán el diseño del sistema operativo. El prototipo debe ser capaz de realizar todas las funciones que se requerirán del sistema operativo. El entorno operativo para la prueba debe ser una buena representación del entorno operativo real.

**TRL 7 Sistema similar a gran escala (prototipo) demostrado en un entorno relevante.**

Esto representa un paso importante con respecto a TRL 6, que requiere la demostración de un prototipo de sistema real en un entorno relevante. Los ejemplos incluyen probar prototipos a gran escala en el campo con una variedad de simulantes en la puesta en marcha en frío. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas y análisis a gran escala de las diferencias entre el entorno de prueba y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno. El diseño final está prácticamente completo.

**TRL 8 Sistema real completado y calificado a través de prueba y demostración.**

Se ha demostrado que la tecnología funciona en su forma final y en las condiciones esperadas. En casi todos los casos, este TRL representa el final del verdadero desarrollo del sistema. Los ejemplos incluyen pruebas de desarrollo y evaluación del sistema con elementos reales en la puesta en marcha en caliente. La información de respaldo incluye procedimientos operativos que están prácticamente completos. Se ha completado con éxito una Revisión de Aprestamiento Operativo (Operational Readiness Review- ORR) antes del inicio de las pruebas en caliente.

**TRL 9 Sistema real operado en todo el rango de condiciones esperadas.**

La tecnología está en su forma final y funciona bajo una amplia gama de condiciones de operación. Los ejemplos incluyen el uso del sistema real con la gama completa de estados y situaciones en caliente.