



MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN -MINCIENCIAS-

CONVOCATORIA PARA LA CREACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE EMPRESAS TIPO SPIN-OFF

ANEXO 1. TECHNOLOGY READINESS LEVELS - TRL

Con el fin de identificar el alcance de las actividades asociadas a la investigación, el desarrollo tecnológico y la Innovación (I+D+i) de las propuestas de Spin Off de base tecnológica presentados a esta convocatoria, y considerando sus posibilidades de transferencia de conocimiento y tecnologías generadas, resulta de gran importancia identificar el alcance de dichas propuestas en términos del concepto de Nivel de Madurez Tecnológica o TRL por sus siglas en inglés (Technology Readiness Level), que tuvo su origen en la NASA a mediados de los años 70.

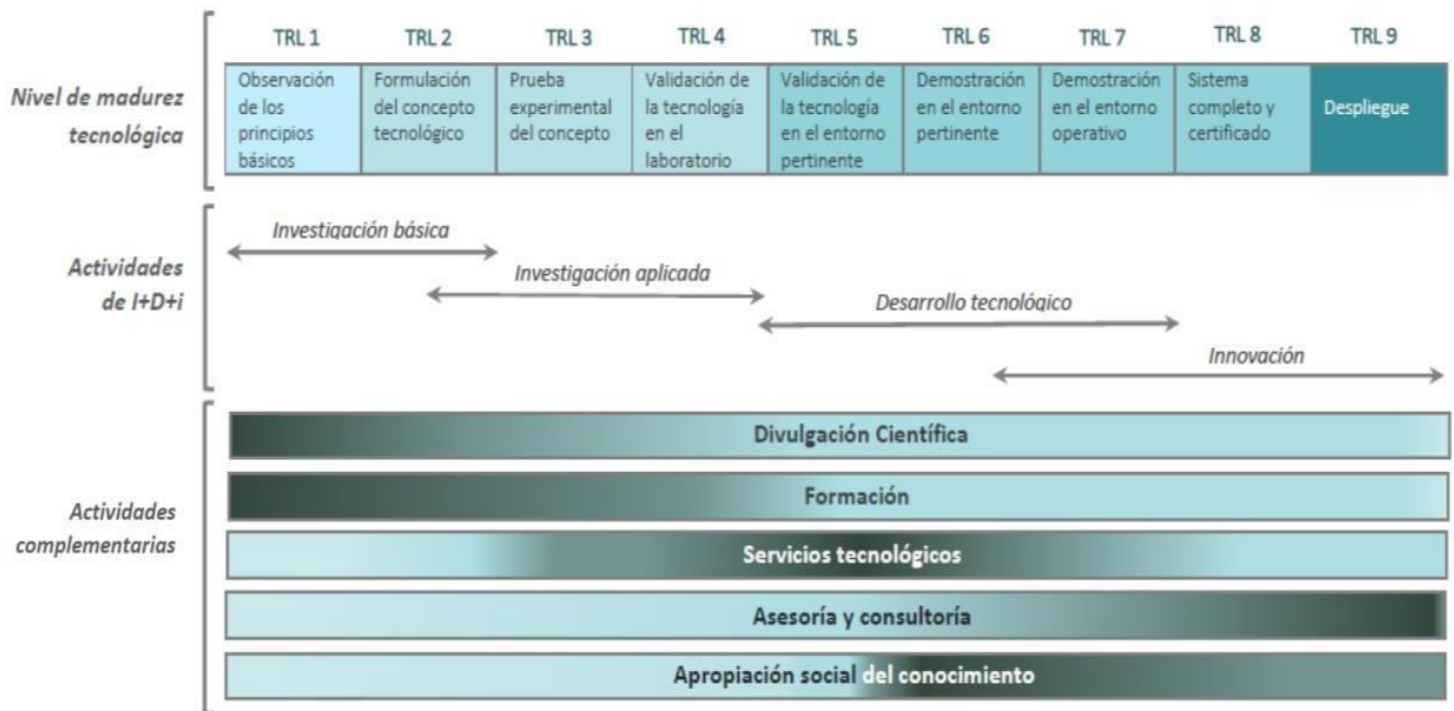
El TRL, a pesar de haber sido creado para establecer el grado de madurez tecnológica, también ha sido adaptado para otros usos. Particularmente MINCIENCIAS hace uso de los TRL como un referente para la organización de las actividades relacionadas con la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTel con una adaptación del esquema TRL, el cual sirve para identificar la correspondencia de las actividades de I+D+i con las diferentes etapas del desarrollo tecnológico, y, como todo modelo, corresponde a una simplificación práctica de la realidad, por lo que debe interpretarse de acuerdo al contexto, con el fin de caracterizar el rol y la concentración de estos actores, según se evidencia en el Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1602¹.

En la siguiente gráfica tomada del documento de Política de Actores del SNCTel se presenta un esfuerzo por relacionar el alcance de las diferentes etapas de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación I+D+i con los diferentes niveles de madurez de la tecnología o TRL. En el gráfico las actividades que son

¹ Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1602: Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. COLCIENCIAS, 2016.



consideradas como complementarias deben entenderse que tienen un mayor énfasis en el TRL que corresponde a la mayor intensidad de color de la actividad.



Fuente: Minciencias. Relación de los TRL y las etapas de la I+D+i²

A continuación, se describe la correspondencia y características de cada TRL³ y⁴:

- **TRL 1 – Principios básicos observados y reportados**

Este corresponde al nivel más bajo en cuanto al nivel de maduración tecnológica. En este nivel comienza la investigación científica básica y se da inicio a la transición a la investigación aplicada. Las herramientas descriptivas pueden ser formulaciones matemáticas o algoritmos. En esta fase de desarrollo no existe todavía ningún grado de aplicación comercial.

² Tomado de Documento de: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1602.: Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2016. COLCIENCIAS, Página 12.

³ Basado en la información publicada por la en https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf y https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html

⁴ Basado en los indicadores de la madurez de las tecnologías publicado en el documento “etapas de maduración tecnológica, según “Technology Readiness level” de la Nasa”, Elaborado por el Fondo de Innovación Tecnológica Secretaría de Economía - CONACYT



- **TRL 2 – Concepto de tecnología y/o aplicación formulada**

Investigación aplicada. La teoría y principios científicos están enfocados en áreas específicas de aplicación para definir el concepto. En esta fase se ha formulado el concepto de la tecnología, su aplicación y su puesta en práctica. Se perfila el plan de desarrollo. Estudios y pequeños experimentos proporcionan información valiosa para las posteriores pruebas de conceptos de la tecnología. Se pueden empezar a formular eventuales aplicaciones de las tecnologías y herramienta analíticas para la simulación o análisis. Sin embargo, todavía no se cuenta con pruebas que validen dicha aplicación. El tema de propiedad intelectual cobra gran interés.

- **TRL 3 – Pruebas de concepto de las características analíticas y experimentales**

Esta fase incluye la realización de actividades de investigación y desarrollo (I+D) dentro de las cuales se incluye la realización de pruebas analíticas, pruebas de concepto o a escala en laboratorio, orientadas a demostrar la factibilidad técnica de los conceptos tecnológicos. Se incluyen pruebas de laboratorio para medir parámetros y comparación con predicciones analíticas de subsistemas críticos. El concepto y los procesos han sido demostrados a escala de laboratorio. Esta fase implica la validación de los componentes de una tecnología específica, aunque esto no derive en la integración de todos los componentes en un sistema completo.

- **TRL 4 – Validación de componentes/subsistemas en pruebas de laboratorio**

En esta fase, los componentes que integran determinada tecnología han sido identificados y se busca establecer si dichos componentes individuales cuentan con las capacidades para actuar de manera integrada, funcionando conjuntamente en un sistema. Una unidad de prototipo ha sido construida en el laboratorio y en un entorno controlado. Las operaciones proporcionan datos para identificar el potencial de ampliación dado que se ha validado de manera preliminar el ciclo de vida y los modelos de evaluación económica iniciales. (diseño de producto).



- **TRL 5 – Validación de los sistemas, subsistemas o componentes en un entorno relevante (o industrialmente relevante en caso de tecnologías habilitadoras clave)**

Los elementos básicos de determinada tecnología son integrados de manera que la configuración final es similar a su aplicación final, es decir que está listo para ser usado en la simulación de un entorno real, por lo que se mejoran los modelos tanto técnicos como económicos del diseño inicial, se ha identificado adicionalmente aspectos de seguridad, limitaciones ambientales y/o regulatorios entre otros. Sin embargo, la operatividad del sistema y tecnologías ocurre todavía a nivel de laboratorio. La principal diferencia entre el nivel 4 y 5 es el incremento en la fidelidad del sistema y su ambiente hacia la aplicación final.

- **TRL 6 – Validación de sistema, subsistema, modelo o prototipo en condiciones cercanas a las reales**

En esta fase es posible contar con prototipos piloto capaces de desarrollar todas las funciones necesarias dentro de un sistema determinado, habiendo superado pruebas de factibilidad en condiciones de operación o funcionamiento real. Es posible que los componentes y los procesos se hayan ampliado para demostrar su potencial industrial en sistemas reales. La documentación disponible puede ser limitada, sin embargo, se puede iniciar la documentación con el prototipo que se ha probado en condiciones muy cercanas a las que se espera vaya a funcionar, se han identificado y modelado el sistema a escala comercial completa, perfeccionando la evaluación del ciclo de vida y la evaluación económica. El prototipo debe ser capaz de desarrollar todas las funciones requeridas por un sistema operativo en condiciones muy cercanas a las que se espera vaya a funcionar es la demostración de pruebas “Beta”.

- **TRL 7 – Demostración de sistema o prototipo validados en el entorno operativo real.**

El sistema se encuentra o está próximo a operar en escala pre-comercial. Es posible llevar a cabo la fase de identificación de aspectos relacionados con la fabricación, la evaluación del ciclo de vida, y la evaluación económica de las tecnologías, contando con la mayor parte de funciones disponibles para pruebas. La documentación disponible puede ser limitada, sin embargo, se cuenta con la demostración de que la tecnología funciona y opera a escala pre-comercial, se han perfeccionado la evaluación del ciclo de vida y la evolución económica. En esta etapa se realiza la primera corrida piloto y las pruebas finales reales.



- **TRL 8 – Sistema completo y calificado a través de pruebas y demostraciones en ambientes operacionales**

En esta fase, los sistemas están integrados, las tecnologías han sido probadas en su forma final y bajo condiciones supuestas, habiendo alcanzado en muchos casos, el final del desarrollo del sistema. Todas las cuestiones operativas y de fabricación han sido resueltas, la mayoría de la documentación disponible está completa ya que se cuenta con manuales para el uso y mantenimiento del producto. La tecnología ha sido probada en su forma final y bajo condiciones supuestas, por lo que se ha demostrado su potencial a nivel comercial. En muchos casos significa el final del desarrollo del sistema.

- **TRL 9 – Sistema probado y operando con éxito en un entorno real**

Tecnología/sistema en su fase final y operable en un sin número de condiciones operativa, está probada y disponible para su comercialización y/o producción disponible para la sociedad. Entrega de producto o tecnología para producción en serie y comercialización.