



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Ingeniería Industrial

“Nivel de Madurez de los Proyectos de Investigación en la Universidad de Cuenca”

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera
Industrial

Autora:

Sherlin Maithe Pérez Cobos

CI:0150332120

Correo electrónico: maitheperez93@gmail.com

Directora:

Ing. Silvia Alexandra Peña González

CI: 0103985164

Cuenca, Ecuador

20-diciembre-2021



Resumen

El presente estudio tiene como objetivo medir el nivel de madurez de los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca con el fin de analizar si los proyectos están listos para ser transferidos con éxito a la sociedad. Para este propósito se desarrolló un modelo basado en los Niveles de preparación tecnológica (TRL) con cuatro enfoques diferentes: Enfoque TRL, Enfoque basado en NBR ISO 16290, Enfoque porcentual y Enfoque por Pesos. Se elaboraron dos instrumentos y se aplicaron a 55 proyectos seleccionados primeramente mediante un muestreo no probabilístico intencional. El primer instrumento se dirigió a proyectos técnicos, mientras que el segundo se centró en proyectos de área social. Los parámetros tratados como variables son: componentes tecnológicos, recursos disponibles y modelo de negocio. El modelo propuesto permite la inclusión de la visión del director del proyecto, las variables de análisis y la definición de las actividades esenciales para superar los niveles de madurez. Estos factores conducen a una comparación de los 4 enfoques y un análisis exhaustivo del nivel de madurez tecnológico de los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca. En general, se pudo demostrar que los proyectos de investigación de esta Institución de Educación Superior (IES) se encuentran dentro de la categoría de Spin-off académico con tecnología de prueba, es decir, sus proyectos están en proceso de investigación y desarrollo de la nueva tecnología a utilizar y realizando las primeras pruebas experimentales y de concepto. Estos proyectos, se clasifican entre los niveles TRL 1 a TRL 3.

Palabras Claves:

Instituciones de Educación Superior. Nivel de madurez tecnológica. Nivel de madurez. Proyectos de investigación. Spin-off académico.



Abstract

The objective of this research project is to measure the maturity level of the research projects of the University of Cuenca in order to analyze whether the projects are ready to be successfully transferred to society. It is based on the Technology Readiness Levels (TRL) with four different approaches: the TRL Calculator Approach, the Approach based on the NBR ISO 16290, the Percentual Approach, and the Approach by weights. Two instruments were elaborated and applied to fifty-five projects selected by an intentional no probabilistic sampling. The first instrument was addressed to technical projects, while the second one was focused on social ones. The parameters treated as variables are technological components, available resources, and business model. The proposed model allows the inclusion of the project manager's vision, analysis variables and the definition of the essential activities to overcome maturity levels. These factors lead to a comparison and comprehensive analysis of the reliable measurement maturity level approaches of the research projects from University of Cuenca that can be successfully transferred to society. In general, it was possible to show that the research projects of this Higher Education Institutions (HEI) are in the category of academic spin-off with test technology, i. e. their projects are in the process of research and development of the new technology to be used and carrying out the first experimental and concept tests. These projects are classified between TRL 1 to TRL 3.

Keywords

Higher Education Institutions. Technology Readiness Level. Maturity level. Research projects. Academic spin-off.



Contenido

1. Introducción	7
2. Materiales y métodos	9
3. Resultados y Discusión	21
4. Conclusiones	34
5. Agradecimiento	37
6. Dedicatoria	37
7. Bibliografía	37



Cláusula de Propiedad Intelectual

Sherlin Maithe Pérez Cobos autora del trabajo de titulación "Nivel de Madurez de los Proyectos de Investigación en la Universidad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20-diciembre-2021

Sherlin Maithe Pérez Cobos

CI:0150332120



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Sherlin Maithe Pérez Cobos en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Nivel de Madurez de los Proyectos de Investigación en la Universidad de Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20-diciembre-2021

Sherlin Maithe Pérez Cobos

C.I: 0150332120



1. Introducción

Actualmente las Instituciones de Educación Superior (IES) se han visto obligadas a reaccionar a las nuevas demandas que plantean el sector productivo, el estado y la sociedad debido a los grandes cambios tecnológicos, económicos y sociales. Hoy en día las universidades asumen el desafío de promover la innovación y el emprendimiento de base científico - tecnológico (EBCT) como estrategia fundamental para la extensión y transferencia del conocimiento básico hacia la sociedad, como eje fundamental para el desarrollo de una región.

En el Ecuador, si bien es cierto ha surgido un interés particular por incrementar las actividades de investigación dentro de las IES y generar una cultura emprendedora en los alumnos universitarios, construyendo políticas y tácticas que permitan posicionar al emprendimiento como una línea transversal en las mallas curriculares; todavía no se ha logrado generar mecanismos necesarios para promover la creación de novedosas empresas fundamentadas en el conocimiento científico generado a partir de la investigación dentro de la academia, para contribuir al desarrollo de la economía basada en el conocimiento e innovación. Así, se evidencia un crecimiento del número de investigadores y publicaciones científicas en revistas indexadas, no obstante, estas investigaciones no reflejan un efecto directo en el desarrollo económico poblacional, traducido en la generación de nuevos negocios y empleos o la innovación de modelos de negocios o emprendimientos de base científico-tecnológico. (Zamora Boza, 2017)

Hoy en día, las Instituciones de Educación Superior (IES) en su afán por incrementar sus métricas relacionadas con la formación e investigación, han descuidado la creación de herramientas y mecanismos que les permita evaluar la madurez tecnológica de sus proyectos de investigación para ser transferidos a la sociedad como fuente de desarrollo social y económico del país. La madurez tecnológica es un conjunto de procesos reproducibles (que pueden repetirse en el tiempo) para el diseño, creación, ensayo y operación de un elemento (en este caso, el producto final de la investigación). Estos procesos tienen como objetivo cumplir un conjunto de requisitos de desempeño definidos por el cliente en un entorno operativo real, en el que tienen condiciones naturales, y que restringen el concepto diseñado de un producto al momento de ponerlo en operación (Barbosa, et. al, 2019).

A lo largo del tiempo han surgido algunas metodologías destinadas a la evaluación del nivel de madurez de una tecnología para ser transferida a la sociedad como un proyecto técnico y comercialmente viable. Una de las herramientas más usadas para la evaluación de tecnologías que



permite definir el grado de madurez tecnológica es Technology Readiness Levels - TRL (ISO, 2013). Los niveles de TRL son un sistema de medición sistemático que ayuda a evaluar y comparar el grado de madurez de una tecnología (Mankins, 1995). Para ello se definen diferentes niveles de madurez tecnológica como una escala del 1 al 9 que permite cuantificar el grado en el que una tecnología está lista para ser transferida a la sociedad.

Los niveles del 1 al 3 del TRL, comprenden las etapas de diseño de la innovación, mientras que los niveles del 4 al 6 del TRL comprenden las etapas de desarrollo del producto innovador. Finalmente, los niveles TRL 7 al TRL 9 indican las etapas de finalización de la innovación (ISO, 2013). Una tecnología alcanza el nivel de madurez correspondiente a TRL 9 cuando está bien definida por un conjunto de procesos reproducibles para el diseño, fabricación, prueba y operación de esta tecnología. Además, el producto (definido en el vocabulario ISO como un elemento) cumple un conjunto de requisitos de rendimiento en un entorno operativo real.

No obstante, el TRL presenta varias limitaciones y su enfoque es netamente técnico, debido a que la escala TRL fue creada para proyectos espaciales que, a comparación con otros campos, su entorno operativo es esencialmente invariable. Por ello, cuanto más física sea la naturaleza de una disciplina, mejor se le puede aplicar el TRL (Héder, 2017). Esta metodología carece de un enfoque que permita entender las interacciones entre la tecnología y los humanos, y la dificultad en el progreso de la I+D hasta que la tecnología pueda ser lanzada al mercado.

Por ello, han surgido metodologías como el CRI (Índice de preparación comercial), IRL (Nivel de preparación para la integración), entre otras que de manera general tienen un enfoque específico de acuerdo a su objeto de estudio, y pueden generar un análisis integral de la madurez de los resultados de un proyecto de investigación dentro de un contexto universitario.

Es importante señalar que la realidad de las IES dentro de los proyectos de investigación de diversas áreas sociales, tecnológicos desde diferentes campos como: Agropecuarias y Biociencias, Ciencias de la Salud Humana, Ciencias Exactas, Ingeniería y Tecnologías, Ciencias Sociales, Administración y Servicios, Educación y Artes, presentan resultados que pueden ser productos tangibles o intangibles, y la mayoría de los proyectos no han sido diseñados con un enfoque comercial para ser implementados en un mercado específico.

En este sentido, con el objetivo de generar una herramienta que permita evaluar de manera más precisa el nivel de madurez de los resultados de proyectos de investigación dentro de la Universidad de Cuenca en un contexto de países en vías de desarrollo, fue necesario generar un modelo basado en



la metodología del TRL, combinando otras metodologías que permitan superar las limitaciones de las ya existentes y disponibles y adaptarlas a un contexto universitario. El modelo creado permitió establecer diferentes niveles de madurez de acuerdo a la escala del TRL, a partir de criterios que permitieron evaluar el estado real de los resultados de una investigación para ser convertidos en emprendimientos de base científico tecnológico EBCT.

2. Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo de la presente investigación, de generar una herramienta que permita la evaluación más exacta del nivel de madurez de los proyectos de la Universidad de Cuenca, fue necesario establecer una metodología que permita vincular variables e indicadores de madurez tecnológica para una evaluación más precisa en contextos de complejidad y heterogeneidad de los productos de investigación existentes dentro de la IES, desde diferentes áreas de actuación, niveles de desarrollo y alcance, factores que deben ser considerados al momento de analizar los proyectos existentes dentro del ecosistema de investigación. Por ello, utilizar una sola métrica para medir el nivel de madurez de este tipo de proyectos, no garantiza cubrir todos los aspectos necesarios para evidenciar el grado en que los resultados de una investigación dentro de un contexto académico puedan ser transferidos a la sociedad a partir de un modelo de negocio comercialmente viable.

En este contexto, fue necesario la integración de métricas establecidas por otras metodologías como el Índice de Preparación Comercial (CRI), el Nivel de preparación de los sistemas (SRL), el Nivel de preparación humana (HRL), para obtener una herramienta consolidada y más precisa que permita establecer el nivel de madurez tecnológica de los proyectos.

En la presente sección son descritas las diferentes fases y criterios adoptados para el planteamiento de este modelo, para después realizar un análisis de los resultados obtenidos a la hora de implementar el modelo planteado dentro de una IES del Ecuador.

2.1. Definición de requisitos del modelo de acuerdo al contexto universitario

Para la construcción del modelo fue necesario establecer ciertos parámetros que eran necesarios evaluar para entender el nivel de madurez de los proyectos de investigación dentro de un contexto universitario, a partir de una revisión sistemática de las metodologías disponibles en la literatura, sus ventajas, limitaciones y usos. Para este propósito se inició con un análisis y traducción de las preguntas usadas en la metodología del TRL y clasificarlas en subvariables para relacionarlas con el

enfoque de cada indicador estudiado, para luego realizar un análisis de las limitaciones de esta metodología, identificadas a partir de literatura existente.

De las definiciones de los indicadores mencionados anteriormente se procedió a adaptar la traducción de las preguntas del TRL y, abarcando así las limitaciones encontradas en el instrumento. Es decir, para poder hacer la clasificación que sigue a continuación, se tradujeron las preguntas del instrumento y se las estructuraron de forma que se disponga de preguntas que respondan a modelo de negocio que tiene que ver netamente con el enfoque del CRI, preguntas relacionadas a componentes y experimentación como nos indica el enfoque IRL y SRL, preguntas dirigidas hacia la satisfacción del beneficiario y la participación del mismo en el proceso de diseño y desarrollo de la tecnología como se nos indica el enfoque HRL, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Relación entre Limitación, Enfoque y Subvariable.

LIMITACIÓN	ENFOQUE PARA SUPERAR LA LIMITACIÓN	SUBVARIABLES
El TRL deja de lado los elementos de la preparación para el lanzamiento al mercado de una tecnología.	CRI	Comercialización
		Transferencia
		Inversión
		Costos
El TRL no calcula el nivel de preparación general del sistema a partir del TRL de los componentes.	IRL Y SRL	Componentes
		Experimentación
		Prototipado
La escala TRL no aborda las interacciones entre las tecnologías y los humanos en el sistema.	HRL	Diseño de la Solución
		Beneficiarios

Fuente: Construcción propia

2.1.1. Definición de Variables

Se partió del marco conceptual del TRL, el cual considera en cada uno de sus niveles actividades secuenciales que se deben ir efectuando para demostrar el avance del nivel tecnológico. Nolte, manifiesta que las actividades se desarrollan en diferentes entornos:

- Nivel 1 y 2: Entorno investigativo.
- Nivel 3: Entorno de simulación y experimentación.
- Nivel 4: Ambiente de laboratorio.

- Nivel 5 y 6: Ambiente relevante.
- Nivel 7: Ambiente real.
- Nivel 8 y 9: Ambiente operativo en donde se llegaría a obtener la solución final del proyecto.

(Nolte, et. al, 2003)

Una vez determinado el tipo de actividades a considerar en cada nivel se procedió a definir 3 variables que enmarcaron a 19 subvariables a medirse en el instrumento, las cuales se encuentran detalladas en la tabla 2.

Tabla 2 Variables y subvariables consideradas para la metodología TRL.

VARIABLES	SUBVARIABLES
ELEMENTOS TECNICOS	Estado del arte
	Diseño de la solución
	Componentes
	Experimentación
	Prototipado
	Desarrollo de la solución
	Calidad
	Limitaciones / fallas
	Riesgos
	Trámites de acreditación
	Documentación
RECURSOS DISPONIBLES	Recursos
	Capacitación
MODELO DE NEGOCIO	Propuesta de valor
	Beneficiarios
	Costos
	Inversión
	Comercialización
	Transferencia

Fuente: Construcción propia



2.2. Elaboración del instrumento de evaluación

Para recolectar datos sobre los proyectos de investigación disponibles en la Universidad de Cuenca, se elaboró un cuestionario basado en la aplicación TRL Calculator 2.2 (Nolte, et. al, 2003). El cuestionario original constaba de 274 preguntas, mismas que fueron filtradas, agrupadas y categorizadas de acuerdo a las variables y subvariables previamente definidas, con el fin de evitar duplicidad de preguntas que analicen el mismo aspecto.

Las preguntas fueron adaptadas para lograr un enfoque social y técnico, debido a la diversidad de ramas encontradas en la IES estudiada. Se obtuvieron dos instrumentos, uno de carácter más técnico aplicado para las áreas de Agropecuarias y Biociencias, Ciencias de la Salud Humana, Ciencias Exactas, Ingeniería y Tecnologías conformado por 113 preguntas, y un instrumento para proyectos relacionados con las áreas de Ciencias Sociales, Administración y Servicios, Educación y Artes conformado por 111 preguntas, en ambos casos de tipo check list y con formato de respuestas dicotómicas.

En esta investigación se utilizó la estrategia del estudio de casos múltiples, para analizar el grado de madurez tecnológica en los proyectos de la Universidad de Cuenca. Se empleó las definiciones de los niveles TLR de la Norma Brasileña NBR ISO 16290: 2015 para la construcción del instrumento de evaluación.

Para recolectar datos sobre los proyectos de investigación, se evaluó la madurez de la escala de manera creciente. Por ejemplo: el investigador encuestado comienza a verificar la evolución de la subvariable “Trámites de acreditación”, tal y cómo se muestra a continuación:

- Fueron iniciados procesos de acreditación (verificación, validación o certificación) de la solución disponible.
- Los trámites de acreditación en proceso (verificación, validación o certificación) cumplieron con las especificaciones de la solución final.
- Los trámites de acreditación de la solución se completaron (verificación, validación o certificación) la solución funcionó en el mundo real.

Para cada tarea, el director entrevistado debe indicar si ha completado o no la actividad. Si la actividad no se ha iniciado o el investigador no ha podido informar el avance de la actividad respectiva, o si el investigador desconoce la actividad, no deberá seleccionar la actividad. Asimismo, si la tarea se ha ejecutado en su totalidad, el investigador deberá seleccionar la actividad. Las preguntas se agrupan en categorías por subvariable con actividades relacionadas. Al agrupar las

preguntas relacionadas, el instrumento obliga al investigador a considerar todas las preguntas relevantes para una variable determinada al mismo tiempo. Esto ayuda a evitar confusiones, ya que todas las preguntas sobre "Estado del Arte" se abordan antes de pasar a "Diseño de la Solución", "Componentes", etc.

2.3. Construcción del modelo de evaluación

Al disponer de un instrumento estructurado a partir de preguntas sobre actividades relacionadas a las 19 sub-variables que componen los Elementos Tecnológicos, Recursos y el Modelo de Negocio a ser evaluados, se procedió a asignar una valoración a cada una de las preguntas organizadas en función de cada nivel del TRL, de acuerdo a los criterios establecidos para cada nivel de madurez, descritos en la tabla 3.

Tabla 3 Definición de los niveles de Technology Readiness Levels TRL

TRL	NOMBRE	DEFINICIÓN
1	Principios básicos observados y reportados	Se identifica que algún tipo de investigación científica se puede aplicar
2	Tecnología de concepto y / o solicitud formulada	La aplicación práctica de la tecnología no ha sido probada a nivel experimental
3	Se ha probado el concepto y las funciones críticas	Se han montado pruebas de laboratorio en contexto y escala apropiado para validar predicciones analíticas
4	Prueba de componentes y montajes para validar en un laboratorio	Se montan los elementos de la tecnología y otros subsistemas en el laboratorio
5	Prueba de componentes y montajes para validar en un entorno real	Se montan los elementos de la tecnología y la solución completa para probarla en un entorno real o muy bien simulado
6	Prototipo para demostrar la tecnología / Solución	Demostrar la tecnología en un ambiente real
7	Prototipo Funcional para asegurar solución confiable	Asegurar calidad y funcionalidad de todo el sistema
8	Sistema completo	Integración completa de todo el sistema de tecnologías y otros elementos que componen la solución completa
9	Sistema completo desarrollado e integrado a otros sistemas	Resolver últimos problemas o bugs para afinar y optimizar el desempeño integral de la solución

Fuente: (Altunok & Cakmak, 2010)

Se otorgó a cada uno de los 9 niveles del TRL 100 puntos, que fueron distribuidos en las diferentes preguntas que integran cada uno de ellos. Para la distribución de la puntuación se definieron actividades esenciales para cada nivel de madurez que representan actividades clave que debían ser cumplidas para poder evolucionar a un siguiente nivel. Las actividades esenciales indican si una tecnología cuenta con cierta madurez tecnológica, mientras que las no esenciales indican que se está



desarrollando investigación y que se está preparando el entorno para los siguientes niveles. El porcentaje de la puntuación restante se distribuye entre las actividades no esenciales.

2.4. Pilotaje

Una vez generados los 2 tipos de instrumentos y luego de realizar varios ajustes al modelo de la encuesta los instrumentos fueron sometidos a una primera prueba piloto con un grupo de investigadores de la Universidad de Cuenca en donde de manera intencional se escogieron proyectos desarrollados en áreas técnicas y también del área social, con la finalidad de incorporar sugerencias y adaptaciones específicas. Consecutivamente se realizó un segundo pilotaje en donde los resultados de esta prueba mostraron que era necesario organizar las preguntas de la encuesta por subvariables, para que al momento de ser aplicada no genere confusión al investigador.

2.5. Validación del instrumento

Posteriormente se elaboró el modelo definitivo del instrumento, el cual fue validado mediante un Grupo Delphi o panel de expertos, conformado por 8 especialistas en el área de: ingeniería, emprendimiento universitario y biomedicina, cuyos títulos se detallan a continuación:

- Msc., Investigadora - becaria (CAPES) del Núcleo de Investigación de Tecnología de la calidad y de la Innovación del Programa de Pos-graduación en Ingeniería de Producción de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil – Docente de la Facultad Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.
- PhD, Miembro de la Association for Symbolic Logic, Association for Computer Machinery, American Philosophical Association y CiE (Computability in Europe) – Docente e Investigador, Esc. Ciencias Matemáticas y Computacionales de la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay Tech.
- PhD, Vicecanciller de Investigación e Innovación de la Universidad de Investigación y Tecnología Experimental Yachay Tech.
- Lcda., Analista Administrativo de Vicecancillería 2. Vicecancillería de Investigación e Innovación de la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay Tech.
- PhD, Docente e Investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca.
- Msc., Coordinador del Centro de Emprendimiento e Innovación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Msc., Administrador Red de Datos y Comunicaciones en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.



- Msc., Director del Centro de Emprendimiento de la Universidad de Cuenca.

Quienes durante la sesión pusieron en discusión la ponderación de las actividades, en base a la metodología TRL, consensuando que el instrumento debería puntuar sobre un total de 100 puntos por nivel y que aquellas actividades que son esenciales deberían constituir el 50 por ciento del total con la finalidad de generar una mayor importancia sobre estas. El porcentaje de la puntuación restante se distribuye entre las actividades no esenciales, como se puede observar en el Anexo 1. Esta valoración permitirá obtener el nivel de madurez de los proyectos de la IES expresado en 9 niveles en base a la escala TRL.

Se definió también la ponderación de las variables y subvariables, donde el Estado del Arte tiene una valoración de 10 por ciento al igual que el Diseño de la Solución, los componentes lo hará con 11 por ciento, y así sucesivamente, como se muestra en la tabla 4. Debido al menor número de preguntas en el instrumento con enfoque social, la ponderación dentro de “Recursos Disponibles” y “Modelo de Negocio” se diferencia del enfoque técnico. Considerando dichos criterios se tiene certeza que el modelo de medida se adecua satisfactoriamente a la investigación.

Tabla 4 Ponderación de Variables y Subvariables

Variable	Subvariable	Puntaje Técnico	Puntaje Social
Elementos Técnicos	Estado del Arte	10%	10%
	Diseño de la Solución	10%	10%
	Componentes	11%	11%
	Experimentación	21%	21%
	Prototipado	6%	6%
	Desarrollo de la Solución	15%	15%
	Calidad	8%	8%
	Limitaciones / Fallas	7%	7%
	Riesgos	3%	3%
	Trámites de Acreditación	4%	4%
Recursos Disponibles	Documentación	5%	5%
	Recursos	84%	82%
Modelo De Negocio	Capacitación	16%	18%
	Propuesta de Valor	8%	9%
	Beneficiarios	46%	50%
	Costos	11%	3%
	Inversión	9%	10%
	Comercialización	8%	8%
Transferencia	18%	20%	

Fuente: Construcción propia



2.6. Enfoque del instrumento

A partir de la validación del instrumento, se definieron 4 enfoques para el análisis del nivel de madurez tecnológica. El primero corresponde al enfoque de análisis que considera el TRL Calculator. El segundo enfoque se desplegó de acuerdo con la norma NBR 16290 (ABNT, 2015) en base a actividades esenciales. El tercer enfoque fue desarrollado por la autora, considerando el cumplimiento de las variables y subvariables en sus respectivos niveles de TRL en general. Finalmente, el cuarto y último enfoque, también desarrollado por la autora considera una orientación híbrida entre el enfoque NBR y el enfoque porcentual, donde se estima pesos para las actividades suministrando mayor importancia a las actividades esenciales para determinar las actividades completadas y sus respectivos niveles de TRL.

2.6.1. TRL Calculator

En este enfoque, la tecnología se considera madura en un nivel dado si el porcentaje de cumplimiento del nivel es igual o superior al 80% (tolerancia). Este porcentaje utiliza el TRL Calculator como una estimación de que el nivel está cerca de completarse (considerando márgenes de error del 10%) y que los resultados de las actividades respectivas del nivel pueden estar listos, esperando solo la formalización del cierre de las actividades. Por tanto, si se cumple esta condición, este nivel de TRL se considera alcanzado y las actividades del siguiente nivel se verifican hasta que se alcanza el nivel 9 de TRL. (Altunok & Cakma, 2010)

Con esta perspectiva se considera que un nivel de TRL comprende todas las actividades relevantes para alcanzar una madurez tecnológica. Por lo tanto, se estima que un proyecto solo puede pasar de un nivel a otro si se han cumplido plenamente el 80% de todas las condiciones del nivel anterior. En este enfoque, el grado de madurez alcanzado por el proyecto será siempre el grado de escala completo más pequeño. Por ejemplo, el proyecto "X" presenta todas las tareas completadas en TRL nivel 2, tiene algunas tareas completadas en TRL nivel 3 (no todas) y todas las tareas completadas en TRL nivel 4. En estos términos, definimos que el proyecto "X" cumple la madurez tecnológica de TRL nivel 2. Por lo tanto, podemos considerar que este enfoque es lineal y se puede comparar con un modelo de desarrollo en cascada a través de fases secuenciales.

2.6.2. NBR

El enfoque NBR utiliza como herramienta el TRL Calculator y sus principios, pero incorpora una pequeña diferencia, ya que no considera un mínimo porcentaje de cumplimiento para pasar de un



nivel a otro, es decir, no requiere la finalización de todas las actividades del nivel de TRL para considerar este nivel alcanzado.

Según NBR ISO 16290: 2015, cada nivel de TRL tiene actividades consideradas esenciales, que definen el objetivo a alcanzar en cada nivel. Por lo tanto, en el enfoque NBR, se considera que el nivel de TRL se ha completado si se cumplen todas las actividades esenciales del nivel. (ABNT, 2015)

Considerando así la posibilidad de tener niveles TRL completos aún con la presencia de niveles previos incompletos, en donde el grado de madurez tecnológica se encuentra definido por el nivel TRL más bajo con todas las actividades esenciales completadas. Estas actividades esenciales no se diferenciaron de otras en el momento de la aplicación del instrumento de evaluación, precisamente para verificar si los investigadores encuestados conocen la importancia de las mismas.

La definición de las actividades esenciales se realizó con el mismo Grupo Delphi mencionado anteriormente, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Son actividades básicas que se desarrollan de forma sistemática y ordenada.
- En cada nivel de TRL, la actividad esencial responde al menos a una categoría de las variables: Elementos Técnicos, Recursos disponibles y Modelo de Negocio.
- Son actividades relacionadas con el nivel anterior de TRL y cumplen con el objetivo a alcanzar en cada nivel para pasar al siguiente.
- La actividad tiene importancia con el beneficio a la sociedad o colectividad una vez que el proyecto entre en vigencia.

2.6.3. *Enfoque Porcentual*

En este caso se consideran todas las tasas porcentuales de cumplimiento de todas las actividades. Sin embargo, este enfoque no busca calcular el grado de madurez tecnológica e identificarlo entre los niveles de TRL. Esta perspectiva tiene como objetivo verificar qué tan completo es el cumplimiento de las variables y subvariables en cada nivel de TRL en cada proyecto, y, asimismo, determinar el cumplimiento general de la variable. Cabe destacar que este enfoque es propuesto por la autora basándose en la metodología TRL donde las actividades esenciales y no esenciales poseen el mismo peso.

El porcentaje de cumplimiento de la variable se calcula de la siguiente manera: los porcentajes de todas las actividades pertenecientes a la variable o subvariable se suman y se dividen por el valor



total porcentual de todas las actividades pertenecientes a esa variable por 100%. Por ejemplo, al analizar la variable Elementos Técnicos del nivel TRL 5, un proyecto obtuvo los siguientes resultados: 10%, 0%, 10%, 10% y 10%, cabe recalcar que el 0% refleja que el proyecto no realizó esta actividad. Por lo tanto, el cálculo según el método de porcentaje quedaría:

$$ELEMENTOS TÉCNICOS = \frac{10\% + 10\% + 0\% + 10\% + 10\%}{50\%} = 80\%$$

Ecuación 1. *Cálculo del grado de cumplimiento por variable.*

Fuente: Autores.

En conclusión, el proyecto habría completado el 80% dentro de la variable Elementos Técnicos del nivel 5 del TRL. Este cálculo se realizaría para todos los niveles de TRL y, por lo tanto, se conocería la idea del cumplimiento por variable de cada nivel de su tecnología dándonos así una visión completa de las debilidades del proyecto. En este caso, no se considera el porcentaje de tolerancia del 80%, porque se busca identificar cuánto se completó cada variable en cada nivel y no si el nivel alcanzó el mínimo de cumplimiento.

2.6.4. *Enfoque Ponderado*

El enfoque ponderado propuesto por la autora presenta un tratamiento híbrido entre el enfoque NBR y el enfoque porcentual, es decir considera todas las tasas porcentuales de cumplimiento de las actividades independientemente de la variable que pertenezca, pero otorga más peso a las actividades esenciales por nivel de TRL tal y como se muestra en el Anexo 1.

Por ejemplo, las actividades esenciales en el nivel 1 de TRL son 3, y las mismas representan el 50% de peso del nivel, mientras que las 5 actividades restantes tienen un peso menor e igual entre ellas. Esto se debe a que las actividades esenciales son importantes para aumentar el grado de madurez tecnológica de un proyecto. Es decir, estas indican que la tecnología ya tiene cierta madurez tecnológica, mientras que las no esenciales indican que se está desarrollando investigación y que se está preparando el entorno para los siguientes niveles. Es importante resaltar que, en este enfoque, todas las actividades descritas en todos los niveles son importantes y lo que difiere son los pesos que tendrá cada una en el cálculo de la madurez tecnológica. Así, al analizar el nivel 1 de TRL con 8 actividades, el proyecto obtuvo los siguientes resultados: 20%, 15%, 15% en actividades esenciales, y 10%, 10%, 0%, 0%, 0% en actividades restantes, cabe recalcar que el 0% indica que no se realizó la actividad. Por lo tanto, el cálculo del grado de madurez tecnológica sólo sería la suma de los porcentajes de las actividades realizadas, tal y como se muestra en la Ecuación 2.



$$\text{Nivel TRL 1} = 20\% + 15\% + 15\% + 10\% + 10\% + 0\% + 0\% + 0\% = 70\%$$

Ecuación 2. *Cálculo del grado de cumplimiento del nivel de madurez.*

Fuente: Autores.

En este caso, si se considera el porcentaje de tolerancia del 80%, porque se busca identificar en qué nivel de TRL se encuentra según el cumplimiento de las actividades. Por lo tanto, el proyecto no pasaría del nivel 1 de TRL, debido a que no cumple con el mínimo requerido.

2.7. Aplicación del Instrumento

El instrumento final se evidencia en una encuesta que se puede consultar en <https://www.questionpro.com/t/AS0lSZmo0J> colgada en la plataforma Questionpro, la misma que fue distribuida a los directores de los proyectos de investigación seleccionados en la Universidad de Cuenca.

2.7.1. Tamaño de la población

Para la aplicación del instrumento elaborado por la autora a través de la herramienta en línea “Question Pro”, fue necesario realizar la construcción de una base de datos de los directores de los proyectos de investigación a ser analizados en la Universidad de Cuenca.

Para ello se propuso en primer lugar un muestreo no probabilístico intencional de los productos de investigación logrado por la Universidad de Cuenca desde el año 2015 al 2020, utilizando Excel como herramienta informática, teniendo en cuenta los siguientes criterios: financiamiento obtenido, producción académica, convenios con instituciones externas, transferencia de resultados a la sociedad, consecución de patentes y la continuidad del proyecto, en donde cada uno de estos criterios presentan una puntuación definida por el mismo Grupo Delphi o panel de expertos mencionados anteriormente. A continuación, se definen una o varias consideraciones de los criterios establecidos:

Financiamiento: La puntuación correspondiente al financiamiento tiene un total de 29 puntos y se divide según los siguientes parámetros:

1. Si el presupuesto total del proyecto es superior al presupuesto promedio de los proyectos desarrollados por la Universidad de Cuenca, tiene una puntuación de 8.
2. Si el proyecto de investigación fue o está siendo financiado por una institución externa (pública o privada) nacional, tiene una puntuación de 9.



3. Si el proyecto de investigación fue o está siendo financiado por una entidad extranjera, tiene una puntuación de 12.

Producción Académica: La puntuación correspondiente a la producción académica tiene un total de 24 puntos y se divide según los siguientes parámetros:

1. Si el proyecto de investigación generó artículos científicos en revistas indexadas de alto impacto Web of Science o Scopus, tiene una puntuación de 9.

2. Si el proyecto de investigación generó artículos científicos en revistas indexadas de impacto regional Latindex o Scielo, tiene una puntuación de 6.

3. Si el proyecto de investigación fue presentado y publicado en un congreso internacional, tiene una puntuación de 4.

4. Si a partir del proyecto de investigación se generó un libro o manual que contenga productos de la investigación, tiene una puntuación de 5.

Transferencia de Conocimientos: La puntuación correspondiente a la transferencia de conocimientos tiene un total de 19 puntos y se obtiene sólo si el proyecto de investigación generó nuevas tecnologías, tales como:

1. Creación de modelos.
2. Creación de programas de software.
3. Desarrollo de un nuevo producto tangible y/o servicios.

Todos estos ítems están basados en los resultados obtenidos por el proyecto.

Continuidad: La puntuación correspondiente a la continuidad de los proyectos presenta un total de 12 puntos y se obtiene cuando el proyecto de investigación ha generado una segunda etapa de investigación.

Patente: La puntuación correspondiente al criterio de la patente con un total de 16 puntos y se obtiene cuando el proyecto de investigación ha obtenido o se encuentra en proceso de obtener una patente.

**Tabla 5** *Instrumento de Selección de Proyectos de Investigación.*

CRITERIO	% DE ATRIBUCIÓN
Financiamiento	29%
Producción Académica	24%
Transferencia de Conocimientos	19%
Continuidad	12%
Patente	16%
TOTAL	100%

Fuente: Construcción propia

Los proyectos existentes fueron evaluados de acuerdo a estos parámetros obteniendo un puntaje final sobre 100 puntos correspondiente a la sumatoria de los puntajes de cada criterio alcanzado. A partir de este análisis fueron seleccionados mediante un muestro probabilístico 55 proyectos cuyo puntaje final se ubicó en el último cuartil de todos los proyectos.

Los proyectos seleccionados fueron evaluados a partir del instrumento diseñado y enviado a través de la herramienta en línea “Question Pro”.

3. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados del trabajo de investigación, en base a los objetivos trazados, los mismos que fueron obtenidos a través de la encuesta aplicada a los directores de los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca, consecuentemente fueron procesadas para su respectivo análisis. Los resultados de la investigación se presentan de la siguiente manera.

3.1. Modelo Resultante de Evaluación del Nivel de Madurez de Proyectos de Investigación

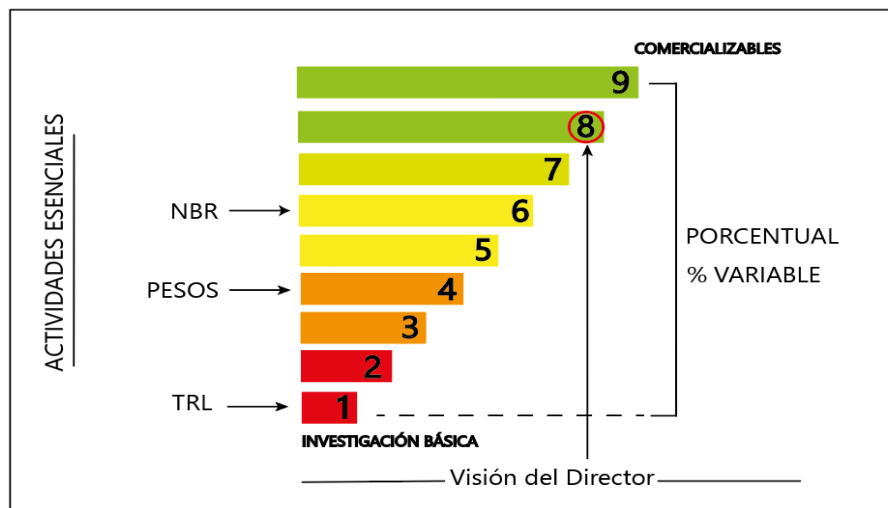
Cumpliendo con el objetivo de generar una herramienta que permita evaluar de manera más precisa el nivel de madurez de los resultados de proyectos de investigación dentro de las Universidad de Cuenca en un contexto de países en vías de desarrollo, se generó un modelo basado en la metodología del TRL, combinando otras metodologías (CRI, SRL, IRL, HRL) adaptándolas a un contexto universitario. El modelo creado permitió establecer diferentes niveles de madurez de acuerdo a la escala del TRL, a partir de 4 enfoques: TRL, NBR, Porcentual y finalmente por Pesos, permitiendo evaluar el estado real de los resultados de la investigación para ser convertidos en emprendimientos de base científico tecnológico EBCT.

En la Figura 1 se visualiza el modelo resultante que engloba los 4 enfoques utilizados, en donde se tienen como eje central los 9 niveles propuestos por el TRL en donde en el nivel inicial se ubican

los proyectos que disponen una investigación básica y en el máximo nivel aquellos que se encuentran listos para ser transferidos a la sociedad.

El enfoque NBR y por Pesos consideran para el cálculo del nivel TRL las actividades esenciales definidas en cada nivel, el enfoque TRL considera todas las actividades como importantes, y el enfoque porcentual no define un solo grado de madurez tecnológica, informa el porcentaje total de cumplimiento por variable y evalúa cuáles son las debilidades de los proyectos. Finalmente, los 4 enfoques son contrastados con la visión del director del Proyecto.

Figura 1 Modelo de Evaluación de Madurez Tecnológica para proyectos de investigación en la Universidad de Cuenca

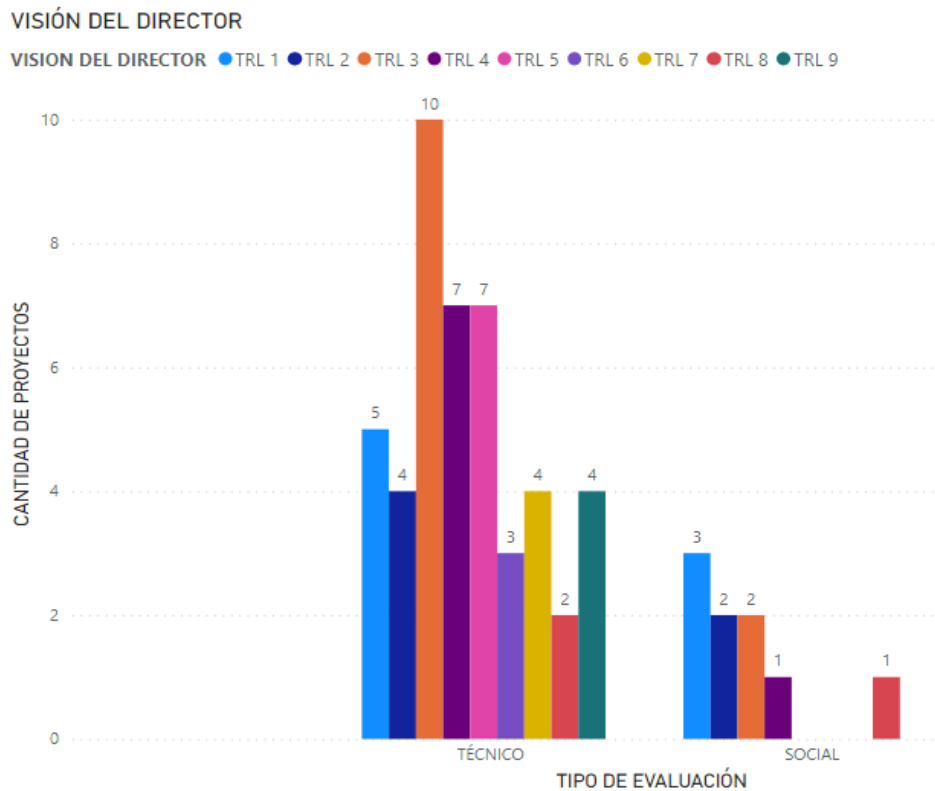


Fuente: (Peña, et. al, 2021).

3.2. Resultados obtenidos según la Visión del director del Proyecto de Investigación

Inicialmente se analizó la visión que tiene cada director sobre el grado de madurez tecnológica del proyecto en el que intervienen. La visión del director que se muestra en la figura 2 se obtiene entre las preguntas iniciales de la evaluación sobre la etapa de desarrollo del producto en relación con la comercialización, aquí el director analiza desde su propia perspectiva qué definición se ajusta mejor a la realidad de su proyecto.

La evaluación no indica directamente los niveles de TRL, sino las definiciones formales de estos. De esta forma, evitamos que el director encuestado elija el TRL mayor, sino más bien el TRL que mejor se acerque a la realidad de su proyecto. A continuación, en la figura 2 se evidencia la visión de los 55 directores de proyectos encuestados frente al nivel TRL de sus proyectos respectivamente.

Figura 2 *Visión de los directores frente al nivel de madurez de sus proyectos.*

Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

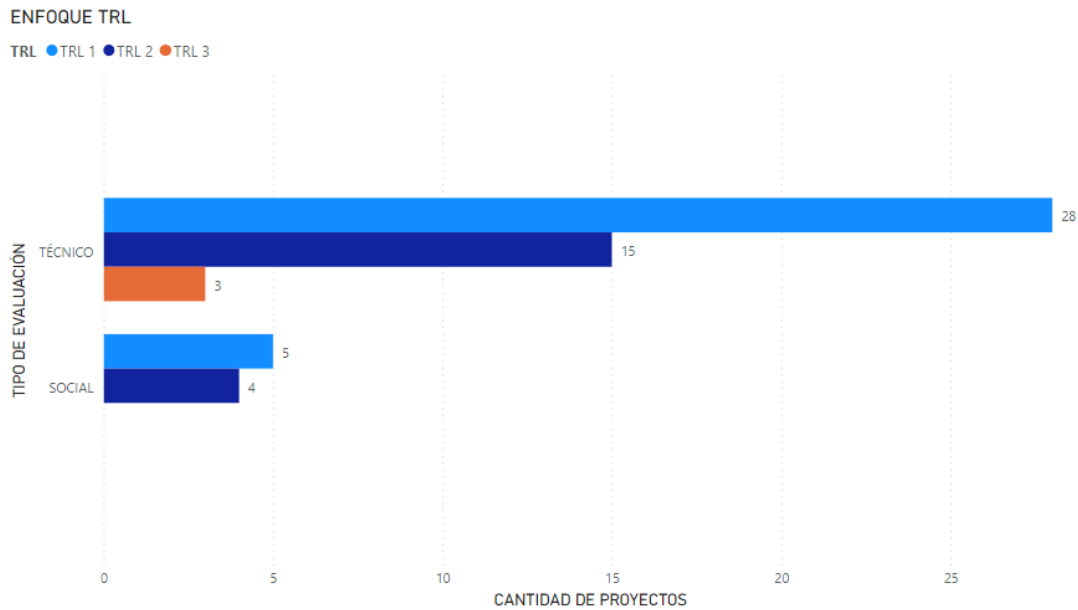
Como se puede observar en la figura 2 en los proyectos pertenecientes al área técnica el mayor número de directores ubicaron su proyecto en un TRL 3, es decir, su tecnología se encuentra en las primeras etapas de desarrollo, mientras que en el área social el mayor número de directores ubicó su proyecto en un TRL 1 (investigación básica), se puede evidenciar así mismo visiones dispersas que van desde un TRL 1 hasta un TRL 9 en el caso del área técnica, y desde un TRL 1 hasta un TRL 8 en el área social. Resulta necesario aclarar que al expresar que un proyecto se encuentra en un TRL 9 es confirmar que la tecnología desarrollada está lista para ser comercializada, es decir, cuenta con todos los elementos y experimentación necesaria para ser funcional en el mercado.

Luego de un análisis de las actividades de cada nivel de TRL, fue posible calcular el grado de madurez tecnológica de los proyectos dentro de las IES, siguiendo los cuatro enfoques mencionados anteriormente: el enfoque TRL Calculator, el enfoque NBR, el Enfoque porcentual y finalmente, el Enfoque por pesos.

3.3. Resultados obtenidos según el Enfoque TRL

El enfoque TRL considera como nivel alcanzado aquel nivel que posee un porcentaje superior al 80% de actividades completadas. Este límite fue definido por el autor, considerando el ejemplo de la aplicación TRL Calculator Version 2.2., en base al margen de error del 10% que presenta este software.

Figura 3 Resultados obtenidos con el Enfoque TRL.



Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

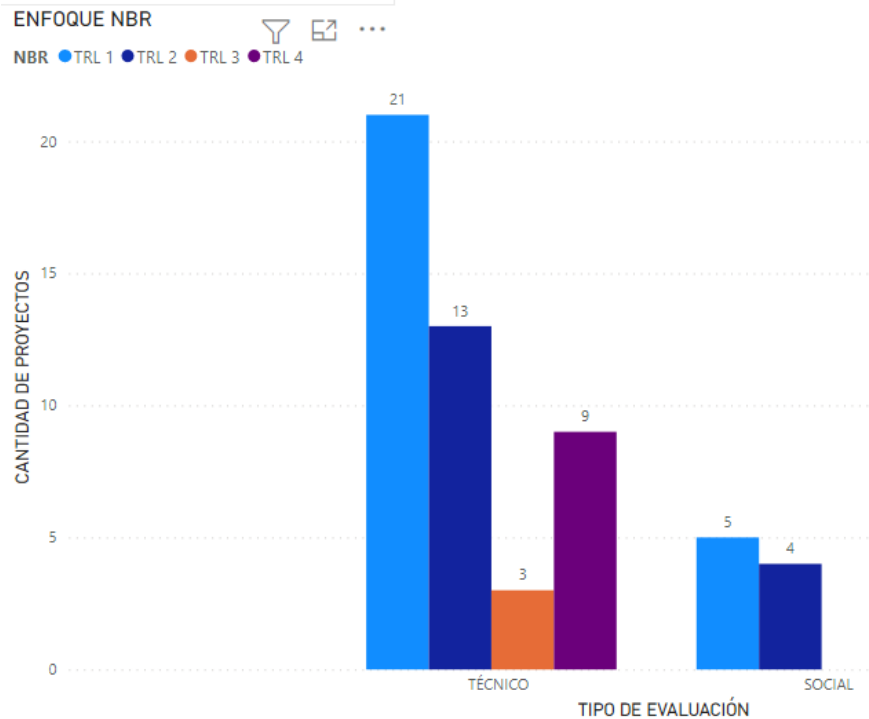
En este enfoque, el grado de madurez alcanzado en cada proyecto será siempre el grado de escala completo más pequeño, resultando así que la mayoría de proyectos de la Universidad de Cuenca se encuentran en un TRL 1 (investigación básica) y la diferencia entre el área técnica y social es que en el área técnica se alcanza un TRL 3 (tecnología en desarrollo), mientras que en el área social se llega únicamente a un TRL 2 (conceptos tecnológicos), evidenciando así que el enfoque TRL es mucho más flexible o contiene elementos más técnicos que sociales.

3.4. Resultados obtenidos según el Enfoque NBR

En el enfoque NBR se define el nivel TRL alcanzado cuando el proyecto ha completado efectivamente todas las actividades consideradas esenciales para cada nivel. El nivel de TRL más bajo con todas las actividades esenciales completadas es el nivel de TRL indicado por este enfoque.

Es importante indicar que todas las actividades son importantes para este enfoque, sin embargo, las actividades esenciales resultan indispensables para cada nivel de TRL.

Figura 4 Resultados obtenidos con el Enfoque NBR.



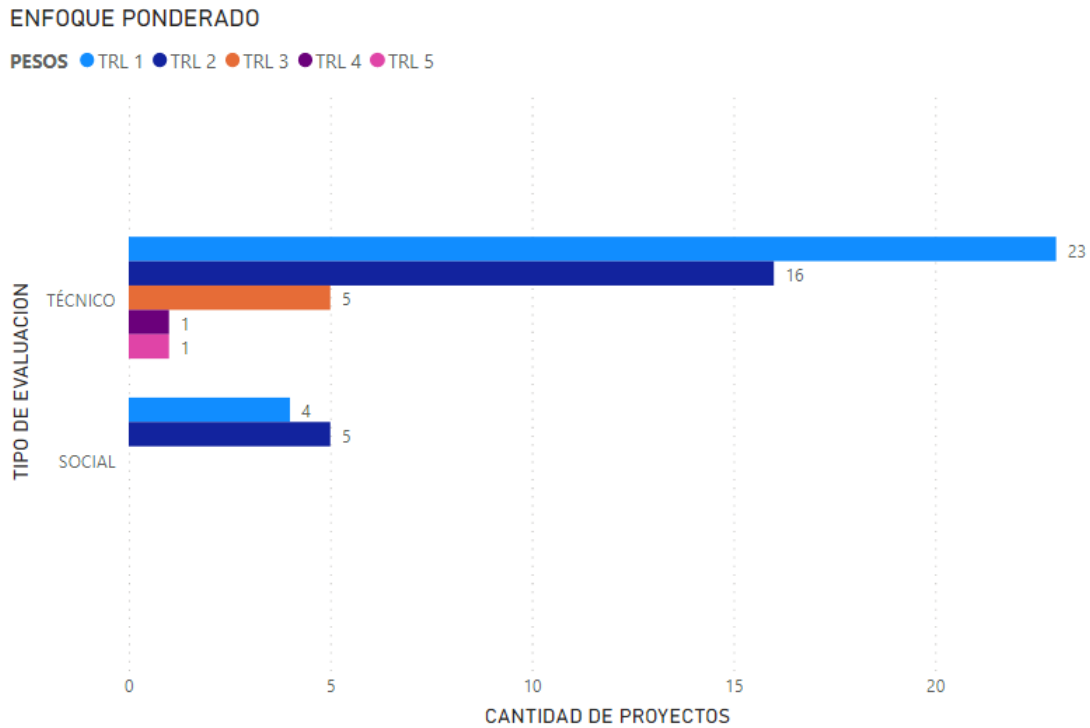
Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

En la figura 4 se evidencia que el mayor número de proyectos se encuentran en un TRL 1 (investigación básica) tanto para el área técnica como social, pero con la diferencia de que los proyectos en el área técnica si alcanzan a llegar a un TRL 4 (pruebas en laboratorio), mientras que los proyectos en el área social llegan máximo a un TRL 2 (conceptos tecnológicos), demostrando que las actividades esenciales escogidas por el grupo de investigadores tienen un enfoque más técnico que social, por lo que resulta más flexible alcanzar un mayor nivel TRL en el área técnica.

3.5. Resultados obtenidos según el Enfoque Ponderado

El enfoque ponderado que al igual que el TRL considera un nivel alcanzado cuando se tiene un porcentaje de cumplimiento mayor al 80%, con la diferencia de que otorga más peso a las actividades esenciales por nivel de TRL.

Figura 5 Resultados obtenidos con el Enfoque Ponderado.



Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

El Enfoque por Pesos demostró ser el enfoque más flexible con respecto al análisis del nivel de madurez tecnológica de los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca, ya que como se evidencia en la figura 5 el área técnica logró alcanzar con un proyecto el TRL 5 (simulación), mientras que en el área social se tuvo un mayor número de proyectos que alcanzaron un TRL 2 (conceptos tecnológicos), pero igualmente como en los enfoques anteriores se evidencia que la evaluación realizada resulta más adaptable para proyectos de áreas técnicas.

3.6. Resultados obtenidos según el Enfoque Porcentual

Con el enfoque porcentual no se define un solo grado de madurez tecnológica, sino se informa el porcentaje total de cumplimiento por variable y subvariable para cada proyecto analizado realizando una evaluación más completa que otros enfoques, evidenciando cuáles de estas son las debilidades de los proyectos, las mismas que se relacionan con la falta de cumplimiento de niveles TRL. A continuación, en la tabla 6 y 7 se indica el porcentaje de cumplimiento de las variables y subvariables de los 55 proyectos estudiados respectivamente.



En la tabla 8 se puede evidenciar que el área técnica posee un porcentaje mayor de cumplimiento que el área social en las 3 variables, pero aun así este porcentaje no llega ni a la mitad de cumplimiento, lo que demuestra la razón por la cual el mayor número de proyectos de la Universidad de Cuenca no alcanzan TRL altos, y se encuentran en un TRL 1 y 2.

Tabla 6 Cuadro de resultados de cumplimiento de variables.

VARIABLE	SOCIAL	TÉCNICO
Elementos Técnicos	10%	23%
Modelo de Negocio	7%	11%
Recursos Disponibles	17%	32%

Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

En la tabla 7 se puede verificar así mismo el cumplimiento por subvariable, habiéndose dado el caso del área social un mayor cumplimiento en el “diseño de la solución” y el “estado del arte”, y en el área técnica en “componentes”. Como se puede observar en la variable Modelo de negocio se analiza el cumplimiento en cuanto a comercialización y análisis de costos dándonos como resultado cero en el caso del área social y un mínimo de 5% y 2% respectivamente para el área técnica, lo que evidencia que dentro de los proyectos de investigación la comercialización de las tecnologías no es un eje central, por lo que difícilmente se puede transferir a la sociedad.

Tabla 7 Cuadro de resultados de cumplimiento de variables.

	SOCIAL	TÉCNICO
ELEMENTOS TÉCNICOS		
Calidad	8%	17%
Componentes	9%	34%
Desarrollo de La Solución	4%	12%
Diseño de La Solución	18%	33%
Documentación	11%	30%
Estado del Arte	18%	24%
Experimentación	3%	33%
Limitaciones / Fallas	13%	29%
Prototipado	11%	29%
Riesgos	11%	7%
Trámites De Acreditación	4%	4%
MODELO DE NEGOCIO		
Beneficiarios	14%	22%
Comercialización	0%	5%
Costos	0%	2%



Inversión	4%	4%
Propuesta de Valor	17%	27%
Transferencia	7%	5%
RECURSOS DISPONIBLES		
Capacitación	17%	30%
Recursos	18%	34%

Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos de la Universidad de Cuenca.

3.6.1. Análisis de correlación de variables

Una vez obtenida la calificación de las variables y subvariables de los proyectos de investigación dentro de la Universidad de Cuenca, estas fueron sometidas a un análisis de correlación para entender la relación que puede existir entre dos variables del nivel de madurez de un proyecto y la dinámica de las mismas. Para ello, se hizo uso del coeficiente de Pearson, el cual mide la relación entre dos variables continuas y nos indica la influencia de una variable con respecto a otras.

El coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores de 1 a -1. Un valor de 0 indica que no existe relación entre las dos variables. Un valor mayor que 0 indica un enlace activo. Es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, también aumenta el valor de la otra variable. Los valores inferiores a 0 indican una correlación negativa; Es decir, cuando el valor de una variable aumenta, el valor de la otra variable disminuye. (Spiegel, 2014)

Para el cálculo de la correlación según Pearson se utilizó la ecuación 3:

$$r = \frac{N * (\Sigma XY) - (\Sigma X) * (\Sigma Y)}{\sqrt{(N(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2)(N(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2)}}$$

Ecuación 3. *Coficiente de correlación de Pearson.*

Fuente: (Pearson, 1985)

Siendo:

N=Número de datos

X=Datos variable 1

Y=Datos variable 2

En la tabla 8 se puede observar las categorías de relación según el coeficiente de Pearson obtenido:

Tabla 8 Categorización según coeficiente de correlación Pearson.

Escala de coeficiente de correlación	Categoría de relación
$0.0 < r \leq 0.19$	Muy baja correlación
$0.2 \leq r \leq 0.39$	Baja correlación
$0.4 \leq r \leq 0.59$	Correlación moderada
$0.6 \leq r \leq 0.79$	Alta correlación
$0.8 \leq r \leq 1.00$	Muy alta correlación

Fuente: (Selvanathan, 2020)

El análisis de la influencia de una subvariable con respecto a otra como se puede observar en la figura 6, nos permite determinar que subvariable sería importante aumentar para que incida positivamente en el cumplimiento de otra, y a su vez se logre completar los niveles del TRL, el cual sería el objetivo principal del estudio.

Figura 6 Correlación entre subvariables de Elementos Técnicos

		Correlations										
		CALIDAD	COMPONENTES	DESARROLLO_SOLUCION	DISEÑO_SOLUCION	DOCUMENTACION	ESTADO_ARTE	EXPERIMENTACION	PROTOTIPADO	RIESGOS	TRAMITES_A_CREDITACION	LIMITACIONES_FALLAS
CALIDAD	Pearson Correlation	1.000	-.026	-.011	.122*	.063	-.004	-.103*	.110*	-.024	-.086	.148*
	Sig. (2-tailed)	.	.499	.779	.001	.161	.924	.006	.003	.588	.314	.008
	N	700	700	700	700	500	600	700	700	500	138	322
COMPONENTES	Pearson Correlation	-.026	1.000	.121*	.039	.029	-.033	.217*	.007	-.042	-.088	-.029
	Sig. (2-tailed)	.499	.	.000	.303	.515	.414	.000	.863	.349	.307	.604
	N	700	1000	1000	700	500	600	1000	700	500	138	322
DESARROLLO_SOLUCION	Pearson Correlation	-.011	.121*	1.000	.026	.024	.005	.142*	.077*	-.048	-.120	.015
	Sig. (2-tailed)	.779	.000	.	.493	.589	.895	.000	.041	.287	.162	.789
	N	700	1000	1000	700	500	600	1000	700	500	138	322
DISEÑO_SOLUCION	Pearson Correlation	.122*	.039	.026	1.000	.032	.055	.027	.109*	.010	-.080	.130*
	Sig. (2-tailed)	.001	.303	.493	.	.471	.177	.481	.004	.832	.352	.020
	N	700	700	700	700	500	600	700	700	500	138	322
DOCUMENTACION	Pearson Correlation	.063	.029	.024	.032	1.000	.000	.003	.032	.018	.025	-.060
	Sig. (2-tailed)	.161	.515	.589	.471	.	.999	.953	.471	.690	.768	.283
	N	500	500	500	500	500	500	500	500	500	138	322
ESTADO_ARTE	Pearson Correlation	-.004	-.033	.005	.055	.000	1.000	-.012	.016	.002	.039	.094
	Sig. (2-tailed)	.924	.414	.895	.177	.999	.	.764	.704	.963	.649	.093
	N	600	600	600	600	500	600	600	600	500	138	322
EXPERIMENTACION	Pearson Correlation	-.103*	.217*	.142*	.027	.003	-.012	1.000	-.001	-.019	-.067	-.111*
	Sig. (2-tailed)	.006	.000	.000	.481	.953	.764	.	.982	.664	.437	.047
	N	700	1000	1000	700	500	600	1000	700	500	138	322
PROTOTIPADO	Pearson Correlation	.110*	.007	.077*	.109*	.032	.016	-.001	1.000	-.012	-.043	-.079
	Sig. (2-tailed)	.003	.863	.041	.004	.471	.704	.982	.	.791	.617	.155
	N	700	700	700	700	500	600	700	700	500	138	322
RIESGOS	Pearson Correlation	-.024	-.042	-.048	.010	.018	.002	-.019	-.012	1.000	-.057	-.097
	Sig. (2-tailed)	.588	.349	.287	.832	.690	.963	.664	.791	.	.507	.083
	N	500	500	500	500	500	500	500	500	500	138	322
TRAMITES_A_CREDITACION	Pearson Correlation	-.086	-.088	-.120	-.080	.025	.039	-.067	-.043	-.057	1.000	-.006
	Sig. (2-tailed)	.314	.307	.162	.352	.768	.649	.437	.617	.507	.	.947
	N	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
LIMITACIONES_FALLAS	Pearson Correlation	.148*	-.029	.015	.130*	-.060	.094	-.111*	-.079	-.097	-.006	1.000
	Sig. (2-tailed)	.008	.604	.789	.020	.283	.093	.047	.155	.083	.947	.
	N	322	322	322	322	322	322	322	322	322	138	322

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Construcción Propia.

En la figura 6 se evidencia que al trabajar en el cumplimiento de las actividades que corresponden a la subvariable calidad existe una influencia directa y positiva en las subvariables: diseño de la solución, prototipado y limitaciones y fallas, así mismo dentro de la subvariable componentes existe

una relacion directa con el desarrollo de la solución y la experimentación, y en desarrollo de la solución con experimentación y prototipado, esto quiere decir, que los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca deben enfocarse en cumplir con las actividades relacionadas a la calidad, componentes de la tecnología y el desarrollo de la misma, ya que al hacerlo el cumplimiento de las subvariables mencionadas anteriormente aumentará, lo que permitirá que los proyectos alcancen mayores niveles de TRL.

Como conclusión general se puede decir que existe una correlación entre las subvariables de Elementos Técnicos, ya que para el desarrollo de una tecnología se necesita que se haya abordado la caracterización de los componentes, los mismos que son llevados a procesos de diseño y experimentación, para finalmente tener una tecnología desarrollada a prueba de fallas, es decir, no podemos trabajar independientemente en el cumplimiento de estas subvariables ya que están relacionadas desde un inicio.

Figura 7 *Correlación entre subvariables de Modelo de Negocio.*

		Correlations					
		BENEFICIARIOS	COMERCIALIZACION	COSTOS	INVERSION	PROPUESTA_VALOR	TRANSFERENCIA
BENEFICIARIOS	Pearson Correlation	1	.079	-.072	.010	-.001	.079
	Sig. (2-tailed)		.285	.292	.895	.983	.175
	N	620	186	216	186	248	294
COMERCIALIZACION	Pearson Correlation	.079	1	-.028	.205**	.206**	-.051
	Sig. (2-tailed)	.285		.702	.005	.005	.491
	N	186	186	186	186	186	186
COSTOS	Pearson Correlation	-.072	-.028	1	-.026	.053	.147*
	Sig. (2-tailed)	.292	.702		.723	.439	.031
	N	216	186	216	186	216	216
INVERSION	Pearson Correlation	.010	.205**	-.026	1	.039	.043
	Sig. (2-tailed)	.895	.005	.723		.596	.558
	N	186	186	186	186	186	186
PROPUESTA_VALOR	Pearson Correlation	-.001	.206**	.053	.039	1	.022
	Sig. (2-tailed)	.983	.005	.439	.596		.725
	N	248	186	216	186	248	248
TRANSFERENCIA	Pearson Correlation	.079	-.051	.147*	.043	.022	1
	Sig. (2-tailed)	.175	.491	.031	.558	.725	
	N	294	186	216	186	248	294

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Construcción Propia.

En la figura 7 podemos observar una relacion directa entre la Comercialización de la tecnología con la Inversión y la Propuesta de valor de la misma, de igual manera, la subvariable Costos afecta directamente a la Transferencia de la tecnología, lo que evidencia que, si trabajamos en el análisis de costos de la tecnología al momento de esta ser transferida a la sociedad, el valor monetario de la misma debe ser accesible para el beneficiario y el margen de ganancia debe ser mayor para el inversor.

Además, para poder lograr planes de comercialización eficientes de la tecnología esta debe ser innovadora y llamativa para el beneficiario, por lo tanto, el valor agregado o la propuesta de valor debe ser mayor a las tecnologías existentes en el mercado.

Figura 8 *Correlación entre subvariables de Recursos Disponibles.*

Correlations			
		CAPACITACION	RECURSOS
		N	
CAPACITACION	Pearson Correlation	1	.113
	Sig. (2-tailed)		.212
	N	124	124
RECURSOS	Pearson Correlation	.113	1
	Sig. (2-tailed)	.212	
	N	124	489

Fuente: Construcción Propia.

En la figura 8 se demuestra que no existe relación entre las dos subvariables: Capacitación y Recursos, por lo que estas no se complementan y no existiría una afectación directa en el alcance de Niveles TRL.

3.8. Comparación entre la Visión del director y los 3 Enfoques (TRL – NBR – Ponderado) frente al Nivel de Madurez de los Proyectos

Los cuatro enfoques se calcularon para cada proyecto y se compararon con la visión que tiene el director respecto a la tecnología que utiliza, la visión del director se encuentra reflejada en una pregunta inicial que se introdujo en el instrumento, la cual cita lo siguiente, “En su opinión, ¿en qué Nivel de Madurez cree que se encuentra su proyecto de investigación?”

Para la pregunta anterior se indicaron las definiciones formales de cada nivel de TRL a partir de una imagen, evitando así confusiones de lo que significa cada nivel. De esta forma, se incitó obligar al director del proyecto a evaluar cada definición y verificar cuál se ajusta mejor a su realidad tecnológica. Además, se evita que el director intente inferir que la tecnología desarrollada se encuentra en niveles elevados de TRL, sin que necesariamente sea la realidad de su proyecto.

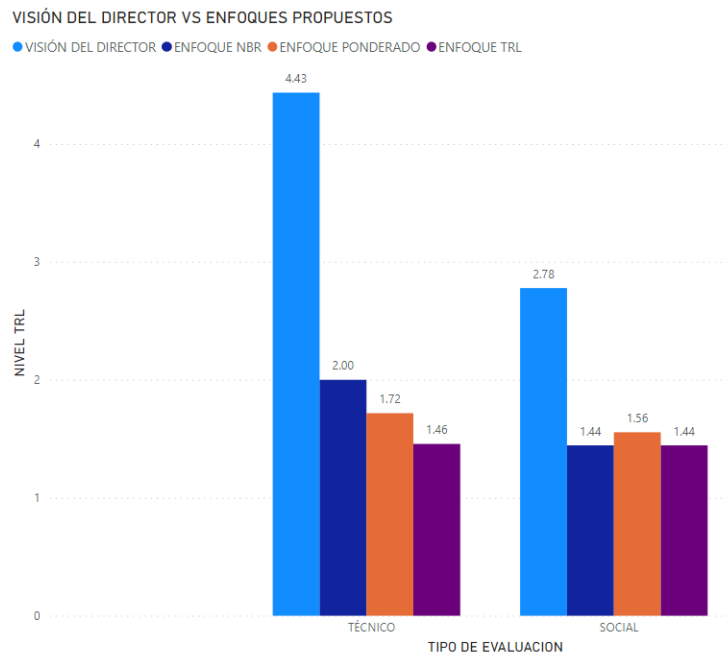
En el análisis comparativo de la visión del director con respecto a los resultados obtenidos por los cuatro enfoques fue necesario evaluar el nivel de conocimiento del director en relación a la madurez tecnológica de su proyecto. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un método

cuali-cuantitativo mediante estadística básica, donde se observó, para cada actividad, la media de los porcentajes de respuestas de los proyectos para esa actividad, la desviación estándar muestral, la zona de normalidad y el coeficiente de variación para esa actividad.

Mediante la zona de normalidad, se pudo verificar la probabilidad de que la actividad en cuestión se acerque al porcentaje del 80%, definido en este trabajo como el límite para considerar una actividad como completada, tomando como ejemplo el umbral por defecto de la aplicación TRL Calculator 2.2 de William L. Nolte, Brian C. Kennedy y Roger J. Driegiel Jr. (2003). El coeficiente de variación, que muestra el grado de variabilidad en relación con la media poblacional, se aplicó para evaluar los resultados de la misma variable de respuesta (es decir, una actividad), permitiendo cuantificar la precisión de las encuestas. Cuanto menor sea el coeficiente, mayor será la precisión de los datos. Este cálculo sirvió para la confiabilidad y precisión de los datos obtenidos.

La figura 9 muestra el resultado promedio global de la Universidad de Cuenca y realiza un análisis comparativo del grado de madurez tecnológica que perciben los directores de los proyectos, el grado alcanzado por los mismos luego de completar la evaluación según el enfoque TRL, el enfoque NBR, y finalmente el enfoque por Pesos.

Figura 9 Análisis comparativo entre la Visión del director y los Enfoques TRL, NBR y Ponderado



Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos.



Al comparar el grado indicado por los directores de los proyectos con los grados obtenidos a través de los cuatro enfoques mencionados, podemos verificar que el enfoque NBR y el enfoque por pesos se acercan más a la visión del director del proyecto. De hecho, el enfoque TRL resultó ser bastante limitado en el sentido de calcular el nivel de madurez tecnológica. Esto se debe a que se considera que un nivel ha sido alcanzado si, y sólo si, se completan todas las actividades relacionadas con ese nivel (el porcentaje de culminación estipulado). Aunque en el Enfoque NBR exige también una completitud mínima del 80%, este enfoque se acercó más a la visión del director y a la realidad del proyecto de investigación porque requería el cumplimiento de las actividades consideradas esenciales para superar el nivel. Es interesante notar que el porcentaje de culminación debe ser razonable y esto es ineficaz cuando es muy bajo. Un porcentaje de culminación del 50%, por ejemplo, no es coherente con la realidad de que una actividad está completa (en este caso, la tarea se completó a la mitad).

3.9. *Categorización de Proyectos de Investigación*

Luego de calcular el grado de madurez tecnológica según el enfoque ponderado, se clasificaron los proyectos de la Universidad de Cuenca cómo se muestra en la Tabla 11, utilizando una tipología desarrollada por Barbosa, et. al, considerando las métricas de los niveles de TRL:

- **Spin-off académico con tecnología de prueba:** cuando los proyectos de la IES aún se encuentran en proceso de investigación y desarrollo de la nueva tecnología a utilizar y realizando las primeras pruebas experimentales y pruebas de conceptos. Estos proyectos, al ser analizados por el instrumento, se clasifican entre los niveles TRL 1 a TRL 3. (Barbosa, et. al, 2019)
- **Spin-off académico con tecnología prototipada:** los proyectos de la IES ya tienen un concepto formulado de la tecnología y la fidelidad del producto proveniente de la tecnología está creciendo, demostrando que la producción del producto es viable. Son proyectos que ya cuentan con funcionalidades / componentes identificados, siendo verificados uno a uno, hasta generar un prototipo que se prueba en entorno real. Estos proyectos se clasifican entre los niveles TRL 4 a TRL 6, cuando se aplica el instrumento de esta investigación. (Barbosa, et. al, 2019)
- **Spin-off académico con tecnología madura:** los proyectos de la IES ya tienen el producto en la etapa final de desarrollo o ya terminado, necesitando solo realizar pruebas finales, documentar todo el proceso de producción, validar e iniciar la producción (a pequeña o gran



escala). Es un proyecto considerado listo para el mercado y su clasificación, según el cuestionario, se encuentra entre los niveles TRL 7 a TRL 9. (Barbosa, et. al, 2019)

Tabla 9 Categorización de los Proyectos de Investigación estudiados según la Tipología TRL.

TRL	CATEGORÍA	NÚMERO DE PROYECTOS
TRL 1 - TRL 3	Spin-off académico con tecnología de prueba	53
TRL 4 - TRL 6	Spin-off académico con tecnología prototipada	2
TRL 7 - TRL 9	Spin-off académico con tecnología madura	0

Fuente: Evaluación realizada a directores de proyectos.

4. Conclusiones

Después de analizar los resultados obtenidos al aplicar el modelo de evaluación, podemos esbozar las siguientes conclusiones:

Si bien, el TRL es la metodología para definir el nivel de desarrollo tecnológico, esta metodología no resulta ser por sí sola una medida eficaz para conocer el nivel de madurez de los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca, así como las metodologías detalladas previamente (SRL, IRL, CRI, HRL) ; razón por la cual el modelo desarrollado en este estudio presenta una importante estructura en la que se integran sólidamente los criterios necesarios para llevar a cabo una óptima evaluación.

El instrumento en forma de cuestionario desarrollado brindó a los directores de los proyectos una cantidad significativa de información sobre qué actividades deben realizarse para el buen avance del desarrollo de productos o servicios en relación a la tecnología analizada. A partir del análisis de las tareas a realizar, el responsable del proyecto puede definir el riesgo global del desarrollo del producto o servicio. Esto se debe a que puede medir la madurez de la tecnología y, en general, una tecnología madura presenta menos riesgos de implementación que una tecnología inmadura.

En estos términos, el instrumento resultó ser una herramienta útil en un programa de gestión de riesgos. Las actividades de la evaluación y sus respectivos porcentajes de cumplimiento pueden ayudar al director a monitorear el progreso tecnológico, con el fin de hacer seguimiento al progreso de lo que se está haciendo y lo que se necesita hacer. Esta información se puede utilizar para discutir el progreso de las actividades con el equipo y, si es necesario, requerir mayor atención a las



actividades importantes que aún no se han completado y / o están atrasadas. Así, el instrumento se puede utilizar para mejorar el desempeño organizacional de la spin-off académica, ya que puede ayudar a definir procesos y afinar la gestión del proyecto.

Así mismo, se observó que algunas áreas fueron incluidas parcialmente o no en el proceso de desarrollo de la tecnología, dados sus bajos porcentajes. Ejemplos de esto son: (I) conocimiento sobre comercialización de productos; (II) análisis de costos; (III) gestión de riesgos (IV) plan de pruebas de producción a escala (escalabilidad de producción).

Otro punto que se observa después de este estudio es que este tipo de evaluación de la madurez tecnológica requiere que se verifique el cumplimiento de las actividades realizadas. Las pruebas sirven para evitar que los proyectos completen deliberadamente el cuestionario, alegando que las actividades se concluyeron sin serlo. A través de los documentos de respaldo y contrarrestando con la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC), el instrumento se convierte en un evaluador más eficiente y garantizado, pudiendo ofrecer información concisa a potenciales inversores que buscan spin-off académicos en los que invertir.

Esta herramienta de evaluación tecnológica no es de aplicación exclusiva al área técnica. Al realizar los cambios necesarios acordes con la rama específica, el cuestionario se puede utilizar para evaluar la tecnología de otras áreas como el área social, médica, tecnología de la información, seguridad, entre otras. Lógicamente, para el uso del instrumento, es necesario contar con una tecnología a evaluar.

En cuanto a los enfoques utilizados para medir el nivel de TRL de los proyectos de investigación dentro de una Institución de Ecuación Superior, se puede concluir que el Enfoque Ponderado, elaborado por la autora, fue el que mejor identificó los niveles de TRL de los proyectos según sus realidades. Si bien el Enfoque TRL indicó que un proyecto estaba en un nivel de TRL bajo al no completar todas las actividades en ese nivel, el Enfoque ponderado consideró todas las actividades en todos los niveles, considerando que las actividades esenciales son más relevantes para la madurez tecnológica.

El enfoque NBR y el Ponderado son más flexibles y adaptables que el enfoque TRL original debido a su consideración explícita de la visión del gerente. En este sentido, los enfoques NBR y Ponderado combinan consideraciones cuantitativas y cualitativas, mientras que el TRL original incorpora un enfoque más estrecho (y menos adaptable).



El enfoque porcentual es crucial en nuestro modelo porque nos ayuda a comprender los desafíos que enfrentan los proyectos de investigación que pretenden ser transferidos con éxito a la sociedad. El motivo de esta característica es que este enfoque proporciona un análisis del cumplimiento por las variables (elementos tecnológicos, recursos y modelo de negocio) y a su vez de subvariables.

En el mismo sentido, los enfoques de NBR y Ponderado tienen un punto común crucial: el conjunto de actividades esenciales, a las que se les asigna una mayor ponderación. Por lo tanto, el TRL original es menos informativo que estos dos enfoques.

Por otro lado, mediante la correlación de variables se demostró una relación existente entre las subvariables dentro de Elementos Técnicos y Modelo de Negocio, esto quiere decir, que los proyectos de investigación de la Universidad de Cuenca para poder ser transferidos a la sociedad de manera exitosa deben enfocar sus esfuerzos en el cumplimiento de actividades relacionadas a la calidad, componentes, y diseño de la tecnología para poder incrementar el cumplimiento de las subvariables mencionadas anteriormente y así alcanzar niveles de TRL altos, así mismo, al hablar de términos monetarios se debe buscar que los costos sean menores para obtener mayores beneficios y planes de transferencia exitosos que involucren propuestas de valor mayores a las existentes en el mercado logrando así planes eficientes de comercialización de la tecnología.

Cabe mencionar que en Brasil se desarrolló a partir del TRL un marco que permite evaluar la madurez tecnológica de las empresas que nacen a partir de grupos de investigación de instituciones educativas o centros de investigación en donde los resultados indicaron que las empresas tienen altos niveles de madurez tecnológica, y finalmente el instrumento utilizado resultó ser una excelente guía para el desarrollo tecnológico de estas empresas, por otro lado, en la Unión Europea la escala TRL se convirtió, a través de varias mutaciones, en una herramienta de política de innovación, aclarando que la sofisticación de la escala TRL disminuye gradualmente a medida que su uso se extiende fuera de su contexto original (programas espaciales). Por lo tanto, una adaptación específica de la escala es esencial en cada área antes de la aplicación. Sin embargo, para varias disciplinas esto aún no ha sucedido y en un contexto ecuatoriano no se ha realizado mediante la metodología TRL la evaluación del Nivel de Madurez de los proyectos de investigación dentro de las IES.

En la Universidad de Cuenca se evidencia que la mayoría de proyectos de investigación cuentan con un presupuesto financiado de manera directa, además en el ámbito de la producción académica de los proyectos analizados únicamente un 20% ha logrado ser publicado, en su gran mayoría no han tenido una continuidad la investigación en una segunda fase, así como durante el período analizado



2015 - 2020 ninguno de los proyectos ha gestionado una patente, lo que evidencia la obtención de TRL bajos, sin embargo, la gestión de la patente tampoco garantiza un TRL alto, mientras no se cuenten con planes de Transferencia para la Sociedad.

Finalmente, se obtuvo como resultado de la evaluación de los 55 proyectos según el enfoque ponderado que la Universidad de Cuenca se encuentra dentro de la categoría de Spin-off académico con tecnología de prueba, es decir, sus proyectos están en proceso de investigación y desarrollo de la nueva tecnología a utilizar y realizando las primeras pruebas experimentales y pruebas de conceptos. Estos proyectos, se clasifican entre los niveles TRL 1 a TRL 3.

5. Agradecimiento

Quiero agradecer a mis tutoras Ing. Silvia Peña e Ing. Viviana Farfán quienes actuaron como mentoras y emplearon sus conocimientos para sacar este estudio adelante, por su dedicación, interés y generosidad. Mi agradecimiento también va dirigido a CEDIA ya que forme parte del proyecto de investigación “Hacia un modelo sistémico para la creación de emprendimientos de base ciencia-tecnología en las Instituciones de Educación Superior ecuatorianas” financiado por los mismos.

6. Dedicatoria

Quiero agradecer y dedicar este trabajo de titulación en primer lugar a mis padres por su apoyo, esfuerzo, amor constante, y por creer en mí en el transcurso de mi carrera universitaria, a mis abuelos por guiarme en el camino hacia la excelencia, a mis hermanas por acompañarme día tras día, y a Christian Zamora por estar pendiente y dispuesto a ayudarme siempre. Así mismo, a mis amigos, maestros, y compañeros de universidad por las experiencias y conocimientos adquiridos.

7. Bibliografía

Acosta, H. (2010, May). Human readiness levels: Implementing HSI— Connecting some dots. Panel discussion presented at the 81st Annual Scientific Meeting of the Aerospace Medical Association, Phoenix, AZ.

Altunok, T y Cakmak T (2010). A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool. *Advances in Engineering Software*, 41, 769–778.



ARENA (Australian Renewable Energy Agency). 2014. "Commercial Readiness Index for Renewable Energy Sectors". *Disponibile en: <http://arena.gov.au/files/2014/02/Commercial-Readiness-Index.pdf>*

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 16290: Sistemas espaciais - definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Barbosa, C. E., da Silva Felix, J. H., Câmara, S. F., & de Oliveira Pinto, O. R. (2019). Interprofessional collaboration in primary health care: An integrative review". *International Journal of Development Research*, 9(11), 31947-31952.

Endsley, M. (2015, February). Human readiness levels: Linking S&T to acquisition. Paper presented at the 2015 National Defense Industrial Association (NDIA) Human Systems Conference, Alexandria, VA.

Héder, M. (2017). From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *The Innovation Journal*, 22(2), 1-23.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 16290:2013 - Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment, *Suiza, 2013. Disponible en: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16290:ed1:v1:en>>*.

Mankins, J. C. Technology readiness levels: a white paper. 6 abr. 1995. *Disponibile en: <http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf>*

Nolte, W. L.; Kennedy, B. C.; Dziegiel Jr., R. J. Technology readiness level calculator. air force research laboratory. *NDIA Systems Engineering Conference. 20 out 2003. Disponible en: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2003/systems/nolte2.pdf>>*.

Peña, S., Perez, M., Farfan, V., Vintimilla, P., & Zerpa, L. (2021). A model based on the Technology Readiness Level (TRL) scale to measure the maturity level of research projects that can become spinoffs in Higher Education Institutions. *In CONITTI Colombia 2021*.

See, J. E., Craft, R., Morris, J., & Newton, V. (2017, September). Incorporating human readiness levels at Sandia National Laboratories. *In 2017 Resilience Week (RWS) (pp. 150-153). IEEE*.



Selvanathan, M., Jayabalan, N., Saini, G. K., Supramaniam, M., & Hussin, N. (2020). Employee Productivity In Malaysian Private Higher Educational Institutions. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(3), 66-79.

Spiegel, M. R., Schiller, J. J., & Srinivasan, R. A. (2014). Probabilidad y estadística. *McGrawHill*. México.

Zamora Boza, C., 2017. La importancia del emprendimiento en la economía: el caso de Ecuador.

[PDF] Revistaespacios.com. Disponible en:

<<https://www.revistaespacios.com/a18v39n07/a18v39n07p15.pdf>>



8. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Instrumento de evaluación de nivel de madurez para proyectos de Investigación de la Universidad de Cuenca.

VARIABLES	SUBVARIABLE	ENFOQUE SOCIAL	ENFOQUE TÉCNICO	TRL	PRIORIDAD	PESO TÉCNICO	PESO SOCIAL
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Se identificaron potenciales beneficiarios.	Se identificaron potenciales beneficiarios.	1	ESENCIAL	20%	20%
ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	Se identificó y caracterizó la metodología, los instrumentos y componentes necesarios para desarrollar la posible solución.	Se identificó y caracterizó la metodología, los instrumentos y componentes necesarios para desarrollar la posible solución.	1		10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Se conoce el entorno (ambiente que interacciona con el proyecto: académico, tecnológico y/o social.) en que se va a desarrollar el proyecto.	Se conoce el entorno (ambiente que interacciona con el proyecto: académico, tecnológico y/o social.) en que se va a desarrollar el proyecto.	1		10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Se revisó el estado del arte y principios básicos teóricos relacionados al problema de investigación.	Se revisó el estado del arte y principios básicos teóricos relacionados al problema de investigación.	1		10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Los principios básicos teóricos identificados pueden ser implementados con el desarrollo de la solución planteada.	Los principios básicos teóricos identificados pueden ser implementados con el desarrollo de la solución planteada.	1	ESENCIAL	15%	15%
MODELO DE NEGOCIO	INVERSIÓN	Se conoció quién se interesaría por la posible solución (contrapartes, entes de financiamiento, inversionistas, posibles usuarios, etc).	Se conoció quién se interesaría por la posible solución (contrapartes, entes de financiamiento, inversionistas, posibles usuarios, etc).	1		10%	10%
MODELO DE NEGOCIO	PROPUESTA DE VALOR	Se identificó en términos generales el objetivo de la posible solución.	Se identificó en términos generales el objetivo de la posible solución.	1		10%	10%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se consideró quienes podían llevar a cabo el desarrollo de la posible solución (respecto a capacidades, formación, etc) y dónde podrían ser desarrolladas las actividades necesarias.	Se consideró quienes podían llevar a cabo el desarrollo de la posible solución (respecto a capacidades, formación, etc) y dónde podrían ser desarrolladas las actividades necesarias.	1	ESENCIAL	15%	15%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	El beneficiario expresó su interés en la posible solución.	El beneficiario expresó su interés en la posible solución.	2	ESENCIAL	15%	15%
MODELO DE NEGOCIO	COMERCIALIZACIÓN	Se consideró como podía ser comercializada la solución final.	Se consideró como podía ser comercializada la solución final.	2		10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	Se contó con los componentes y elementos necesarios para desarrollar la posible solución.	Se contó con los componentes y elementos necesarios para desarrollar la posible solución.	2	ESENCIAL	11%	11%



ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	Se validó el funcionamiento de los componentes de la posible solución por separado, sin ser necesaria su integración total.	Se validó el funcionamiento de los componentes de la posible solución por separado, sin ser necesaria su integración total.	2		3%	3%
ELEMENTOS TECNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Se identificó un diseño teórico o empírico preliminar y los elementos básicos de la posible solución.	Se identificó un diseño teórico o empírico preliminar y los elementos básicos de la posible solución.	2		3%	3%
ELEMENTOS TECNICOS	DOCUMENTACIÓN	¿Se conocieron los requisitos legales y/o éticos que debía cumplir la solución?	¿Se conocieron los requisitos legales y/o éticos que debía cumplir la solución?	2		3%	3%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Estudios mostraron que la solución era factible.	Estudios mostraron que la solución era factible.	2	ESENCIAL	11%	11%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Se identificaron modelos teóricos para predecir el desempeño de la solución planteada.	Se identificaron modelos teóricos para predecir el desempeño de la solución planteada.	2		3%	3%
ELEMENTOS TECNICOS	ESTADO DEL ARTE	Los estudios fueron publicados en revistas científicas / actas de congresos / informes técnicos.	Los estudios fueron publicados en revistas científicas / actas de congresos / informes técnicos.	2		3%	3%
ELEMENTOS TECNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Se identificaron y planificaron las actividades de experimentación necesarias.	Se identificaron y planificaron las actividades de experimentación necesarias.	2		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	INVERSIÓN	Se desarrolló un plan preliminar de inversión.	Se desarrolló un plan preliminar de inversión.	2		10%	10%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	¿Se estableció qué organismos podían apoyar el desarrollo de la posible solución?	¿Se estableció qué organismos podían apoyar el desarrollo de la posible solución?	2		9%	9%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se determinaron las capacidades del equipo de trabajo y de la infraestructura disponible.	Se determinaron las capacidades del equipo de trabajo y de la infraestructura disponible.	2	ESENCIAL	13%	13%
ELEMENTOS TECNICOS	RIESGOS	Se identificaron los riesgos del proyecto (costo, cronograma, recursos, técnicos, etc).	Se identificaron los riesgos del proyecto (costo, cronograma, recursos, técnicos, etc).	2		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	La posible solución satisface una necesidad existente de los beneficiarios.	La posible solución satisface una necesidad existente de los beneficiarios.	3	ESENCIAL	25%	25%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Algún representante del segmento de beneficiarios involucrados colaboró con el equipo de trabajo.	Algún representante del segmento de beneficiarios involucrados colaboró con el equipo de trabajo.	3		6%	6%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Los beneficiarios identificados percibieron nuevas oportunidades a partir de la posible solución.	Los beneficiarios identificados percibieron nuevas oportunidades a partir de la posible solución.	3		6%	6%
ELEMENTOS TECNICOS	CALIDAD	El proyecto contó con un sistema de indicadores para medir la eficiencia y resultados de la posible solución.	El proyecto contó con un sistema de indicadores para medir la eficiencia y resultados de la posible solución.	3		8%	8%



MODELO DE NEGOCIO	COMERCIALIZACIÓN	Se realizó un análisis preliminar del valor comercial de la solución final.	Se realizó un análisis preliminar del valor comercial de la solución final.	3		6%	6%
ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	Se pusieron en marcha estudios de integración de los componentes de la solución.	Se pusieron en marcha estudios de integración de los componentes de la solución.	3		8%	8%
ELEMENTOS TECNICOS	EXPERIMENTACIÓN	La experimentación preliminar verificó la viabilidad de la posible solución.	La experimentación preliminar verificó la viabilidad de la posible solución.	3	ESENCIAL	25%	25%
ELEMENTOS TECNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se identificaron limitaciones y posibles ventajas de la solución planteada.	Se identificaron limitaciones y posibles ventajas de la solución planteada.	3		8%	8%
ELEMENTOS TECNICOS	RIESGOS	Se establecieron estrategias de mitigación para riesgos identificados.	Se establecieron estrategias de mitigación para riesgos identificados.	3		8%	8%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Se conocieron los requisitos generales para el desarrollo de la posible solución a partir de las necesidades de los beneficiarios.	Se conocieron los requisitos generales para el desarrollo de la posible solución a partir de las necesidades de los beneficiarios.	4	ESENCIAL	16%	16%
ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	La integración de los diferentes componentes y elementos fue demostrada en un ambiente de laboratorio.	La integración de los diferentes componentes y elementos fue demostrada en un ambiente de laboratorio.	4		4%	4%
ELEMENTOS TECNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	A partir del modelo preliminar se determinó la viabilidad de desarrollar la posible solución a escala real.	A partir del prototipo se determinó la viabilidad de desarrollar la posible solución a escala real.	4	ESENCIAL	10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Se realizó un análisis detallado de las funciones que debía cumplir la posible solución.	Se realizó un análisis detallado de las funciones que debía cumplir la posible solución.	4		4%	4%
ELEMENTOS TECNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Fue documentado el proceso de diseño de la solución.	Fue documentado el proceso de diseño de la solución.	4		4%	4%
ELEMENTOS TECNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Se ejecutaron las actividades de experimentación en un ambiente de laboratorio.	Se ejecutaron las actividades de experimentación en un ambiente de laboratorio.	4		4%	4%
ELEMENTOS TECNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Se culminó con la fase de recolección de resultados de las actividades de experimentación en un ambiente de laboratorio.	Se culminó con la fase de recolección de resultados de las actividades de experimentación en un ambiente de laboratorio.	4		4%	4%
ELEMENTOS TECNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Los resultados obtenidos demostraron la funcionalidad básica de la solución diseñada en un ambiente de laboratorio.	Los resultados obtenidos demostraron la funcionalidad básica de la solución diseñada en un ambiente de laboratorio.	4	ESENCIAL	10%	10%
ELEMENTOS TECNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se realizaron análisis de Causa y Efecto para detectar posibles fallas de la solución.	Se realizaron análisis de Causa y Efecto para detectar posibles fallas de la solución.	4		4%	4%



MODELO DE NEGOCIO	PROPUESTA DE VALOR	El diseño de la posible solución que cumple con los objetivos planteados contempló un análisis de costos.	El diseño de la posible solución que cumple con los objetivos planteados contempló un análisis de costos.	4		5%	5%
ELEMENTOS TECNICOS	PROTOTIPADO	Se diseñó una versión preliminar de la posible solución.	Se diseñó el prototipo de la posible solución.	4		4%	4%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se realizó un esquema de división del trabajo dentro del equipo investigador.	Se realizó un esquema de división del trabajo dentro del equipo investigador.	4		8%	8%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se identificaron todos los recursos necesarios para implementar la posible solución.	Se identificaron todos los recursos necesarios para implementar la posible solución.	4	ESENCIAL	14%	14%
ELEMENTOS TECNICOS	RIESGOS	Se inició formalmente un programa de gestión de riesgos.	Se inició formalmente un programa de gestión de riesgos.	4		4%	4%
MODELO DE NEGOCIO	TRANSFERENCIA	Existió un compromiso del beneficiario para realizar procesos de transferencia de la posible solución.	Existió un compromiso del beneficiario para realizar procesos de transferencia de la posible solución.	4		5%	5%
ELEMENTOS TECNICOS	COMPONENTES	Todos los componentes, elementos y actividades desglosados previamente se integraron de forma apropiada para el desarrollo de la posible solución en un ambiente real.	Todos los componentes, elementos y actividades desglosados previamente se integraron de forma apropiada para el desarrollo de la posible solución en un ambiente real.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	A partir de las actividades de experimentación se identificó que se cumplía claramente con las necesidades del beneficiario.	A partir de las actividades de experimentación se identificó que se cumplía claramente con las necesidades del beneficiario.	5		4%	4%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Se trabajó en conjunto con los posibles beneficiarios en la definición de requisitos y características de la posible solución.	Se trabajó en conjunto con los posibles beneficiarios en la definición de requisitos y características de la posible solución.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	Se establecieron mejoras de la posible solución a partir de la retroalimentación de los beneficiarios.	Se establecieron mejoras de la posible solución a partir de la retroalimentación de los beneficiarios.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	BENEFICIARIOS	El proyecto realizó procesos de validación de los ajustes de la posible solución en base a los requerimientos de los beneficiarios.	El proyecto realizó procesos de validación de los ajustes de la posible solución en base a los requerimientos de los beneficiarios.	5	ESENCIAL	20%	20%
ELEMENTOS TECNICOS	CALIDAD	Al desarrollar el modelo preliminar de la posible solución se consideraron criterios de calidad, sin embargo, no se definieron aún sus estándares de calidad.	Al desarrollar un prototipo de la posible solución se consideraron criterios de calidad, sin embargo, no se definieron aún sus estándares de calidad.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	COMERCIALIZACIÓN	Se determinó el valor comercial de la solución final.	Se determinó el valor comercial de la solución final.	5		4%	4%



ELEMENTOS TÉCNICOS	COMPONENTES	Se conocieron y se caracterizaron componentes auxiliares para el desarrollo de la posible solución.	Se conocieron y se caracterizaron componentes auxiliares para el desarrollo de la posible solución.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	COSTOS	¿Se desarrolló un análisis de costo / beneficio en función del ciclo de vida de la posible solución?	¿Se desarrolló un análisis de costo / beneficio en función del ciclo de vida de la posible solución?	5		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	Se realizaron pruebas y experimentos en un ambiente relevante para definir los procesos principales para el desarrollo de la solución final.	Se realizaron pruebas y experimentos en un ambiente relevante para definir los procesos principales para el desarrollo de la solución final.	5		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DOCUMENTACIÓN	Se contó con un plan de gestión para documentar la realización de cambios o ajustes en la posible solución.	Se contó con un plan de gestión para documentar la realización de cambios o ajustes en la posible solución.	5		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Los resultados alcanzados demuestran una alta confiabilidad de la posible solución para ser sometida a pruebas en un ambiente real.	Los resultados alcanzados demuestran una alta confiabilidad de la posible solución para ser sometida a pruebas en un ambiente real.	5	ESENCIAL	20%	20%
ELEMENTOS TÉCNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se identificaron estrategias que permitieron reducir deficiencias o dificultades de elaboración de la posible solución.	Se identificaron estrategias que permitieron reducir deficiencias o dificultades de elaboración de la posible solución.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	PROPUESTA DE VALOR	Se identificaron los impactos (ambientales, económicos, sociales, políticos, etc.) de los objetivos propuestos de la posible solución.	Se identificaron los impactos (ambientales, económicos, sociales, políticos, etc.) de los objetivos propuestos de la posible solución.	5		4%	4%
ELEMENTOS TÉCNICOS	PROTOTIPADO	Se elaboró una versión preliminar de la posible solución.	Se elaboró un prototipo de la posible solución.	5		3%	3%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se conocieron las fechas en que estarían disponibles los recursos necesarios para desarrollar la posible solución.	Se conocieron las fechas en que estarían disponibles los recursos necesarios para desarrollar la posible solución.	5	ESENCIAL	10%	10%
ELEMENTOS TÉCNICOS	RIESGOS	Se documentó un plan de gestión de riesgos.	Se documentó un plan de gestión de riesgos.	5		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	TRANSFERENCIA	Se estableció un bosquejo del plan de transferencia de la solución final.	Se estableció un bosquejo del plan de transferencia de la solución final.	5		5%	5%
ELEMENTOS TÉCNICOS	CALIDAD	Se establecieron los estándares de calidad y confiabilidad necesarios de la posible solución.	Se establecieron los estándares de calidad y confiabilidad necesarios de la posible solución.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	CALIDAD	Se inició la recopilación de información de resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad de la posible solución.	Se inició la recopilación de información de resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad de la posible solución.	6		3%	3%



ELEMENTOS TÉCNICOS	COMPONENTES	Cada elemento o componente de la posible solución trabajó correctamente en un ambiente relevante.	Cada elemento o componente de la posible solución trabajó correctamente en un ambiente relevante.	6		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	COSTOS	¿Se realizó un plan de negocios para la posible solución?	¿Se realizó un plan de negocios para la posible solución?	6		4%	4%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	Se identificaron los requisitos necesarios y se diseñó un plan para que la posible solución trabaje en un ambiente real.	Se identificaron los requisitos necesarios y se diseñó un plan para que la posible solución trabaje en un ambiente real.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	Se completaron las operaciones necesarias para el desarrollo de la solución final en un ambiente relevante.	Se completaron las operaciones necesarias para el desarrollo de la solución final en un ambiente relevante.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	La factibilidad del desarrollo de la solución final fue demostrada plenamente en un ambiente relevante.	La factibilidad del desarrollo de la solución final fue demostrada plenamente en un ambiente relevante.	6	ESENCIAL	14%	14%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	Los procesos y elementos involucrados en el desarrollo de la solución final alcanzaron un nivel de madurez considerable.	Los procesos y elementos involucrados en el desarrollo de la solución final alcanzaron un nivel de madurez considerable.	6	ESENCIAL	6%	6%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Se contó con un Informe Técnico Final.	Se contó con un Informe Técnico Final.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DOCUMENTACIÓN	¿Se contó con documentación de los requisitos formales (permisos de funcionamiento) para la posible solución?	¿Se contó con documentación de los requisitos formales (permisos de funcionamiento) para la posible solución?	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Se realizaron pruebas de simulación para conocer el desempeño de la posible solución en el ambiente operativo.	Se realizaron pruebas de simulación para conocer el desempeño de la posible solución en el ambiente operativo.	6		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	INVERSIÓN	Se realizó un análisis detallado de las necesidades de inversión requeridas para el desarrollo de la solución final.	Se realizó un análisis detallado de las necesidades de inversión requeridas para el desarrollo de la solución final.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se identificaron problemas de desarrollo y limitaciones de la posible solución para llevarla a una escala real.	Se identificaron problemas de desarrollo y limitaciones de la posible solución para llevarla a una escala real.	6		3%	3%
ELEMENTOS TÉCNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se resolvieron los principales problemas de desarrollo y limitaciones de la posible solución.	Se resolvieron los principales problemas de desarrollo y limitaciones de la posible solución.	6		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	PROPUESTA DE VALOR	Se estableció un plan de acción para mejorar el desempeño de los objetivos planteados de la posible solución.	Se estableció un plan de acción para mejorar el desempeño de los objetivos planteados de la posible solución.	6		3%	3%



ELEMENTOS TÉCNICOS	PROTOTIPADO	La versión preliminar integró las funcionalidades necesarias para resolver un problema real.	El prototipo integró las funcionalidades necesarias para resolver un problema real.	6		3%	3%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se establecieron los lineamientos del programa de adquisición de recursos para el desarrollo de la posible solución.	Se establecieron los lineamientos del programa de adquisición de recursos para el desarrollo de la posible solución.	6	ESENCIAL	12%	12%
ELEMENTOS TÉCNICOS	TRÁMITES DE ACREDITACIÓN	Fueron iniciados procesos de acreditación (verificación, validación o certificación) de la solución disponible.	Fueron iniciados procesos de acreditación (verificación, validación o certificación) de la solución disponible.	6		3%	3%
MODELO DE NEGOCIO	TRANSFERENCIA	El plan de transferencia de la solución final fue definido y revisado conjuntamente entre el equipo de trabajo y los beneficiarios.	El plan de transferencia de la solución final fue definido y revisado conjuntamente entre el equipo de trabajo y los beneficiarios.	6	ESENCIAL	18%	18%
MODELO DE NEGOCIO	TRANSFERENCIA	Se contó con convenios de transferencia de la posible solución aprobados por los beneficiarios.	Se contó con convenios de transferencia de la posible solución aprobados por los beneficiarios.	6		4%	4%
ELEMENTOS TÉCNICOS	CALIDAD	Los resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad de las pruebas realizadas en un ambiente real fueron superiores al 60% de los estándares definidos.	Los resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad de las pruebas realizadas en un ambiente real fueron superiores al 60% de los estándares definidos.	7		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	COMPONENTES	Se realizaron procesos de prueba e inspección de los componentes de la solución preliminar en un ambiente real.	Se realizaron procesos de prueba e inspección de los componentes de la solución preliminar en un ambiente real.	7		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	En el caso que llegara a faltar un elemento para el desarrollo de la solución preliminar, se consideraron otras alternativas.	En el caso que llegara a faltar un elemento para el desarrollo de la solución preliminar, se consideraron otras alternativas.	7		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Los cambios en el diseño de la solución preliminar disminuyeron de manera significativa.	Los cambios en el diseño de la solución preliminar disminuyeron de manera significativa.	7		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Los materiales, procesos, métodos y/o técnicas de diseño fueron desarrollados y verificados.	Los materiales, procesos, métodos y/o técnicas de diseño fueron desarrollados y verificados.	7	ESENCIAL	23%	23%
ELEMENTOS TÉCNICOS	EXPERIMENTACIÓN	La versión preliminar de la solución fue probada con éxito en un ambiente real.	La versión preliminar de la solución fue probada con éxito en un ambiente real.	7	ESENCIAL	27%	27%
ELEMENTOS TÉCNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	Se lograron superar y eliminar la mayoría de los errores de la solución preliminar.	Se lograron superar y eliminar la mayoría de los errores de la solución preliminar.	7		8%	8%
ELEMENTOS TÉCNICOS	PROTOTIPADO	El modelo preliminar se encuentra listo para su elaboración inicial en pequeña escala.	El prototipo se encuentra listo para su elaboración inicial en pequeña escala.	7		7%	7%



ELEMENTOS TÉCNICOS	TRÁMITES DE ACREDITACIÓN	Los trámites de acreditación en proceso (verificación, validación o certificación) cumplieron con las especificaciones de la solución final.	Los trámites de acreditación en proceso (verificación, validación o certificación) cumplieron con las especificaciones de la solución final.	7		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	CALIDAD	Se completaron los resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad.	Se completaron los resultados de adaptabilidad, confiabilidad y compatibilidad.	8		9%	9%
RECURSOS DISPONIBLES	CAPACITACIÓN	¿Se completó y se encontró bajo control la documentación de capacitación para el uso de la solución?	¿Se completó y se encontró bajo control la documentación de capacitación para el uso de la solución?	8		8%	8%
ELEMENTOS TÉCNICOS	COMPONENTES	Los componentes y elementos de la solución fueron compatibles en su totalidad con el entorno operacional.	Los componentes y elementos de la solución fueron compatibles en su totalidad con el entorno operacional.	8		7%	7%
MODELO DE NEGOCIO	COSTOS		Se obtuvo un margen de un 25% entre el costo de producción obtenido y el costo de producción estimado.	8		15%	
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	Se completaron los procesos de control de la solución final.	Se completaron los procesos de control de la solución final.	8		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	La solución final cumplió con el plan de desarrollo incluyendo todos los procesos de prueba, seguimiento y evaluación en base a los requerimientos establecidos.	La solución final cumplió con el plan de desarrollo incluyendo todos los procesos de prueba, seguimiento y evaluación en base a los requerimientos establecidos.	8	ESENCIAL	11%	15%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DOCUMENTACIÓN	Se completó y se encontró bajo control la mayor parte de la documentación de la solución final.	Se completó y se encontró bajo control la mayor parte de la documentación de la solución final.	8		8%	8%
ELEMENTOS TÉCNICOS	EXPERIMENTACIÓN	Todas las funcionalidades de la solución fueron demostradas en el entorno operativo.	Todas las funcionalidades de la solución fueron demostradas en el entorno operativo.	8		7%	7%
ELEMENTOS TÉCNICOS	LIMITACIONES / FALLAS	La solución final disponible no presenta más fallas.	La solución final disponible no presenta más fallas.	8		7%	7%
RECURSOS DISPONIBLES	RECURSOS	Se aseguró la disponibilidad de insumos y materiales para la solución final.	Se aseguró la disponibilidad de insumos y materiales para la solución final.	8	ESENCIAL	11%	17%
ELEMENTOS TÉCNICOS	TRÁMITES DE ACREDITACIÓN	Los trámites de acreditación de la solución se completaron (verificación, validación o certificación) la solución funcionó en el mundo real.	Los trámites de acreditación de la solución se completaron (verificación, validación o certificación) la solución funcionó en el mundo real.	8	ESENCIAL	10%	15%
ELEMENTOS TÉCNICOS	CALIDAD	Todos los procesos de desarrollo de la solución final cumplieron altos estándares de calidad.	Todos los procesos de desarrollo de la solución final cumplieron altos estándares de calidad.	9		10%	10%
RECURSOS DISPONIBLES	CAPACITACIÓN	¿Se han implementado planes de capacitación dirigidos a los beneficiarios,	¿Se han implementado planes de capacitación dirigidos a los	9	ESENCIAL	10%	12%



		para el uso efectivo de la solución?	beneficiarios, para el uso efectivo de la solución?				
MODELO DE NEGOCIO	COSTOS		Se obtuvo un margen de un 10% entre el costo de producción obtenido y el costo de producción estimado.	9		6%	
ELEMENTOS TÉCNICOS	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	El proceso de desarrollo de la solución final alcanzó un comportamiento estable y funciona exitosamente.	El proceso de desarrollo de la solución final alcanzó un comportamiento estable y funciona exitosamente.	9	ESENCIAL	16%	16%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	Se alcanzó un diseño estable, que requirió pocos o ningún cambio en su diseño.	Se alcanzó un diseño estable, que requirió pocos o ningún cambio en su diseño.	9		10%	10%
ELEMENTOS TÉCNICOS	DOCUMENTACIÓN	Se completó toda la documentación de la solución final.	Se completó toda la documentación de la solución final.	9		10%	10%
ELEMENTOS TÉCNICOS	EXPERIMENTACIÓN	La solución final fue plenamente demostrada.	La solución final fue plenamente demostrada.	9		10%	10%
ELEMENTOS TÉCNICOS	PROTOTIPADO	El modelo creado demostró un desempeño favorable en el ambiente real.	El prototipo creado demostró un desempeño favorable en el ambiente real.	9	ESENCIAL	14%	16%
MODELO DE NEGOCIO	TRANSFERENCIA	Se implementó un plan de Protección de Propiedad Intelectual.	Se implementó un plan de Protección de Propiedad Intelectual.	9	ESENCIAL	14%	16%

Fuente: Construcción propia

8.2. Anexo 2: Tabla de resultados generales con Enfoque TRL.

RESULTADOS ENFOQUE TRL										
PROYECTO	ÁREA	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
P1	SOCIAL	88%	50%	33%	33%	17%	15%	11%	0%	33%
P2	SOCIAL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P3	SOCIAL	25%	14%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P4	SOCIAL	50%	28%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P5	SOCIAL	88%	43%	22%	20%	6%	20%	11%	18%	22%
P6	SOCIAL	75%	36%	22%	20%	0%	10%	11%	0%	11%
P7	SOCIAL	88%	50%	66%	46%	28%	5%	0%	0%	0%
P8	SOCIAL	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P9	SOCIAL	88%	36%	0%	7%	0%	15%	0%	18%	0%
P10	TÉCNICO	100%	57%	44%	46%	33%	30%	11%	27%	22%
P11	TÉCNICO	88%	71%	77%	59%	39%	40%	77%	55%	66%
P12	TÉCNICO	75%	92%	33%	46%	11%	20%	22%	18%	22%
P13	TÉCNICO	50%	43%	0%	7%	0%	15%	0%	18%	22%
P14	TÉCNICO	38%	57%	22%	20%	6%	20%	11%	9%	44%
P15	TÉCNICO	50%	71%	44%	53%	39%	20%	0%	18%	22%
P16	TÉCNICO	75%	78%	66%	86%	50%	50%	44%	55%	66%
P17	TÉCNICO	88%	64%	44%	40%	39%	25%	33%	36%	22%
P18	TÉCNICO	100%	78%	66%	53%	50%	50%	55%	73%	77%
P19	TÉCNICO	75%	71%	44%	46%	11%	30%	11%	18%	11%
P20	TÉCNICO	50%	43%	22%	7%	0%	5%	0%	18%	22%
P21	TÉCNICO	75%	71%	33%	53%	39%	35%	33%	36%	44%
P22	TÉCNICO	75%	78%	33%	73%	33%	50%	55%	9%	22%
P23	TÉCNICO	75%	71%	33%	53%	39%	35%	33%	36%	44%
P24	TÉCNICO	75%	92%	55%	73%	39%	60%	77%	36%	44%
P25	TÉCNICO	63%	71%	44%	53%	6%	20%	0%	18%	22%
P26	TÉCNICO	13%	28%	11%	7%	11%	15%	11%	55%	55%
P27	TÉCNICO	88%	64%	44%	40%	39%	25%	33%	36%	22%
P28	TÉCNICO	88%	71%	11%	40%	11%	20%	0%	18%	11%
P29	TÉCNICO	75%	71%	44%	59%	39%	40%	11%	18%	22%
P30	TÉCNICO	50%	43%	11%	7%	0%	10%	0%	18%	22%
P31	TÉCNICO	75%	85%	22%	53%	11%	30%	22%	9%	44%
P32	TÉCNICO	75%	71%	33%	53%	39%	35%	33%	36%	44%
P33	TÉCNICO	88%	64%	55%	26%	6%	10%	0%	18%	11%
P34	TÉCNICO	88%	78%	55%	40%	44%	35%	66%	27%	22%
P35	TÉCNICO	88%	85%	77%	79%	72%	55%	77%	46%	44%
P36	TÉCNICO	50%	21%	0%	0%	0%	10%	0%	18%	22%
P37	TÉCNICO	88%	78%	55%	66%	50%	45%	55%	18%	22%
P38	TÉCNICO	88%	71%	44%	46%	22%	15%	0%	27%	22%
P39	TÉCNICO	88%	85%	66%	33%	44%	20%	33%	27%	22%
P40	TÉCNICO	88%	85%	66%	33%	44%	20%	33%	27%	22%
P41	TÉCNICO	88%	71%	55%	53%	33%	35%	33%	18%	22%
P42	TÉCNICO	75%	71%	55%	53%	17%	10%	11%	18%	22%
P43	TÉCNICO	88%	71%	44%	46%	22%	15%	0%	27%	22%
P44	TÉCNICO	38%	43%	44%	46%	22%	15%	11%	9%	11%
P45	TÉCNICO	25%	14%	11%	13%	22%	10%	11%	55%	22%
P46	TÉCNICO	38%	43%	11%	13%	11%	20%	11%	18%	22%
P47	TÉCNICO	38%	43%	0%	0%	0%	5%	0%	18%	22%
P48	TÉCNICO	88%	78%	55%	40%	44%	35%	66%	27%	22%
P49	TÉCNICO	0%	14%	0%	0%	0%	5%	0%	18%	22%
P50	TÉCNICO	63%	50%	22%	13%	0%	10%	0%	18%	22%
P51	TÉCNICO	63%	50%	33%	40%	11%	30%	11%	9%	11%
P52	TÉCNICO	50%	64%	11%	33%	17%	10%	0%	18%	22%
P53	TÉCNICO	88%	71%	33%	53%	44%	20%	11%	18%	33%
P54	TÉCNICO	88%	71%	33%	53%	44%	20%	11%	18%	33%
P55	TÉCNICO	63%	50%	44%	13%	6%	5%	0%	18%	22%

**8.3. Anexo 3:** Tabla de resultados generales con Enfoque Ponderado.

RESULTADOS ENFOQUE PONDERADO										
PROYECTO	ÁREA	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
P1	SOCIAL	90%	53%	58%	34%	10%	9%	23%	0%	38%
P2	SOCIAL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P3	SOCIAL	20%	6%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P4	SOCIAL	55%	30%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P5	SOCIAL	90%	44%	33%	16%	4%	12%	23%	15%	26%
P6	SOCIAL	80%	41%	33%	16%	0%	6%	23%	0%	10%
P7	SOCIAL	90%	51%	61%	61%	35%	3%	0%	0%	0%
P8	SOCIAL	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P9	SOCIAL	80%	25%	0%	8%	0%	9%	0%	23%	0%
P10	TÉCNICO	100%	68%	66%	48%	25%	27%	23%	27%	20%
P11	TÉCNICO	90%	81%	86%	56%	47%	34%	86%	49%	64%
P12	TÉCNICO	80%	89%	41%	32%	6%	12%	31%	16%	20%
P13	TÉCNICO	45%	30%	0%	4%	0%	9%	0%	16%	20%
P14	TÉCNICO	40%	60%	33%	28%	3%	12%	7%	8%	46%
P15	TÉCNICO	55%	74%	66%	65%	47%	21%	0%	16%	20%
P16	TÉCNICO	75%	74%	78%	91%	62%	44%	48%	49%	70%
P17	TÉCNICO	90%	71%	45%	51%	29%	24%	21%	35%	20%
P18	TÉCNICO	100%	71%	82%	53%	52%	42%	71%	68%	80%
P19	TÉCNICO	80%	66%	66%	38%	24%	29%	23%	16%	10%
P20	TÉCNICO	55%	46%	31%	8%	0%	3%	0%	16%	20%
P21	TÉCNICO	75%	61%	41%	67%	35%	41%	71%	8%	24%
P22	TÉCNICO	80%	89%	74%	70%	21%	50%	85%	34%	44%
P23	TÉCNICO	65%	70%	66%	48%	3%	12%	0%	16%	20%
P24	TÉCNICO	10%	25%	8%	8%	6%	20%	7%	48%	60%
P25	TÉCNICO	90%	64%	8%	36%	23%	12%	0%	16%	10%
P26	TÉCNICO	55%	42%	8%	14%	0%	6%	0%	16%	20%
P27	TÉCNICO	75%	66%	33%	52%	23%	18%	30%	8%	40%
P28	TÉCNICO	80%	62%	58%	52%	39%	30%	42%	30%	40%
P29	TÉCNICO	90%	61%	53%	18%	3%	6%	0%	16%	10%
P30	TÉCNICO	90%	86%	86%	82%	65%	47%	86%	41%	50%
P31	TÉCNICO	55%	9%	0%	0%	0%	6%	0%	16%	20%
P32	TÉCNICO	90%	77%	74%	72%	54%	27%	72%	16%	20%
P33	TÉCNICO	90%	80%	78%	26%	42%	12%	37%	27%	20%
P34	TÉCNICO	90%	62%	74%	54%	21%	21%	37%	16%	20%
P35	TÉCNICO	75%	65%	74%	48%	28%	6%	23%	16%	20%
P36	TÉCNICO	90%	68%	49%	42%	19%	18%	0%	27%	20%
P37	TÉCNICO	35%	53%	30%	55%	30%	21%	7%	8%	10%
P38	TÉCNICO	25%	12%	6%	22%	12%	6%	23%	52%	24%
P39	TÉCNICO	30%	30%	8%	14%	7%	12%	23%	16%	20%
P40	TÉCNICO	35%	38%	0%	0%	0%	3%	0%	16%	20%
P41	TÉCNICO	0%	12%	0%	0%	0%	3%	0%	16%	20%
P42	TÉCNICO	65%	49%	50%	12%	0%	6%	0%	16%	20%
P43	TÉCNICO	60%	47%	39%	45%	8%	18%	7%	8%	10%
P44	TÉCNICO	55%	47%	25%	26%	26%	6%	0%	16%	20%
P45	TÉCNICO	90%	54%	58%	65%	49%	12%	7%	16%	30%
P46	TÉCNICO	70%	57%	47%	22%	3%	3%	0%	19%	20%
P47	TÉCNICO	80%	62%	58%	52%	39%	30%	42%	30%	40%
P48	TÉCNICO	80%	62%	58%	52%	39%	30%	42%	30%	40%
P49	TÉCNICO	90%	71%	45%	51%	29%	24%	21%	35%	20%
P50	TÉCNICO	90%	77%	72%	56%	49%	21%	63%	24%	20%
P51	TÉCNICO	90%	68%	49%	42%	19%	18%	0%	27%	20%
P52	TÉCNICO	90%	80%	78%	26%	42%	12%	37%	27%	20%
P53	TÉCNICO	90%	77%	72%	56%	49%	21%	63%	24%	20%
P54	TÉCNICO	90%	54%	58%	65%	49%	12%	7%	16%	30%
P55	TÉCNICO	75%	58%	47%	48%	38%	35%	27%	16%	20%