

# Mapas de desarrollo tecnológico en centros de investigación y desarrollo universitarios

## *Technology Roadmaps in University Research and Development Center*

Miriam Valdés-Rodríguez

Instituto de Ingeniería de la UNAM, Ciudad de México, México

[mvaldesr@iingen.unam.mx](mailto:mvaldesr@iingen.unam.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-1159-7274>

Eugenio López-Ortega

Instituto de Ingeniería de la UNAM, Ciudad de México, México

[elopez@iingen.unam.mx](mailto:elopez@iingen.unam.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-5687-8934>

Nadia Castillo-Camarena

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM, Ciudad de México, México

[nadia.castillo@icat.unam.mx](mailto:nadia.castillo@icat.unam.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8881-2868>

Fecha de recepción: 25 de abril de 2022

Fecha de aprobación: 25 de octubre de 2022

Fecha de publicación: 1 de noviembre de 2022

**Los mapas de desarrollo tecnológico son una herramienta que apoya la planeación estratégica en las organizaciones, principalmente en la fase de implementación; por ello, pueden ser útiles para la planeación de centros de investigación y desarrollo tecnológico universitarios. Sin embargo, los mapas de desarrollo tecnológico enfrentan desafíos con respecto a la incertidumbre asociada a los cambios internos y externos que presenta una organización en su proceso de implementación. En respuesta a ello, se presenta una propuesta metodológica sustentada en el concepto de atractores, la cual permitiría a un centro de investigación y desarrollo tecnológico universitario identificar los cambios de su entorno para realizar los ajustes pertinentes en las acciones requeridas para construir y/o fortalecer sus competencias y lograr el estado futuro deseado. Además, a partir de la experiencia de los centros universitarios analizados, se observa que los indicadores de su desempeño se identifican por unidad administrativa, mientras que la aplicación de mapas de desarrollo tecnológico requiere que cada tema de investigación se considere por separado.**

**Palabras clave: mapas de desarrollo tecnológico, centros de investigación y desarrollo tecnológico universitarios, incertidumbre, atractor**

Technology roadmaps is a tool that supports strategic planning in organizations, mainly in the implementation phase; therefore, they can be useful for the planning of university technological research and development centers. However, technology roadmaps face challenges regarding the uncertainty associated with internal and external changes that an organization presents in its implementation process. In response to that situation, a methodological proposal based on the concept of attractors is presented, which would allow a university technological research and development center to identify the changes in their environment to make the relevant adjustments in the actions required to build and/or strengthen their competencies and achieve the desired future state. In addition, from the experience of the university centers analyzed, it is observed that their performance indicators are identified by administrative unity, while the use of technology roadmaps requires that each research topic is considered separately.

Keywords: technology roadmaps, technological research and development centers, implementation, uncertainty, attractor

## 1. Introducción

De acuerdo con López *et al.* (2019), la planeación estratégica de un centro de investigación y desarrollo tecnológico universitario (ClyDT-U) se puede contemplar como un proceso de 3 etapas:

1. Identificación de la situación actual del ClyDT-U con respecto al desarrollo en que se encuentran los temas de investigación en los que trabaja. Para esta etapa se propone el uso de la técnica de vigilancia tecnológica.
2. Análisis de las tendencias dominantes en el mediano y largo plazo en los temas de investigación que cultiva con el fin de definir hacia dónde se debe orientar su desarrollo y, en consecuencia, establecer los objetivos estratégicos. Para esta etapa se propone el uso de la técnica de prospectiva tecnológica.
3. Definición de las acciones requeridas para construir y/o fortalecer las competencias del ClyDT-U de cara a lograr los objetivos estratégicos en cada tema de investigación de interés. Para esta etapa se propone la utilización de la técnica de los mapas de desarrollo tecnológico (MDT).

Esta última etapa corresponde a la implementación de la estrategia definida para desarrollar, en el mediano y largo plazo, cada tema de investigación que se desarrolla en el ClyDT-U.

La implementación de un plan estratégico consiste en la puesta en marcha de las estrategias establecidas en el mismo (Mintzberg, 1994); esto es, ejecutar los proyectos y programas del plan estratégico con el fin de alcanzar el estado futuro deseado de una organización. De acuerdo con la literatura, hay diversos factores relacionados a los cambios internos y externos del entorno (económicos, demanda, tecnología y proveedores, por citar algunos) que pueden afectar la implementación de planes estratégicos en una organización (Cándido & Santos, 2019; Pereira *et al.*, 2019; Riesener *et al.*, 2020). Por lo tanto, se infiere que el proceso de implementación implica, por una parte, realizar revisiones periódicas para identificar cambios en el entorno y, por otra parte, ejecutar ajustes en función del estado en el que se encuentra la implementación.

Estos cambios, que se presentan tanto en el entorno interno y externo de la organización, afectan la ruta a seguir para alcanzar el estado futuro deseado, por lo que, en un proceso de planeación estratégica es necesario identificar los entornos cambiantes con el propósito de modificar la ruta seleccionada para lograr los objetivos estratégicos de dicha organización.

En línea con lo anterior, en un proceso de implementación de planes estratégicos se observa que las organizaciones necesitan adaptarse continuamente a entornos dinámicos y deben hacer frente a la incertidumbre (Siebelink *et al.*, 2016). La incertidumbre se refiere a la falta de conocimiento e imprevisibilidad del entorno interno y externo de las organizaciones para la toma de decisiones (Ilevbare *et al.*, 2014), y es determinante en los procesos de toma de decisiones (Elbanna *et al.*, 2014). Sin embargo, hay una falta de atención a la incertidumbre en los procesos de planeación estratégica (Ilevbare *et al.*, 2014), en particular en la implementación.

Este trabajo propone la aplicación de la técnica de MDT para llevar a cabo la etapa de implementación en procesos de planeación en ClyDT-U. Se señala que la ventaja que representan los MDT en la etapa de implementación consiste en su capacidad para adecuar los planes con base en posibles cambios en el entorno interno y externo de la organización. Además, se incorpora el concepto de atractor con el fin de analizar las fuentes que pueden generar posibles modificaciones en dichos entornos.

En primer lugar, se presenta una breve revisión de la técnica de MDT. Posteriormente, se describe el concepto de atractor y su aplicación para categorizar las fuentes que pueden generar cambios en los entornos interno y externo de los ClyDT-U. Con base en esta categorización se analizan 3 ClyDT-U, en los que se identifican diferentes atractores en su actividad cotidiana cuyos cambios relativos pueden afectar la implementación de planes. Finalmente, se señalan las principales conclusiones que se desprenden de la propuesta presentada.

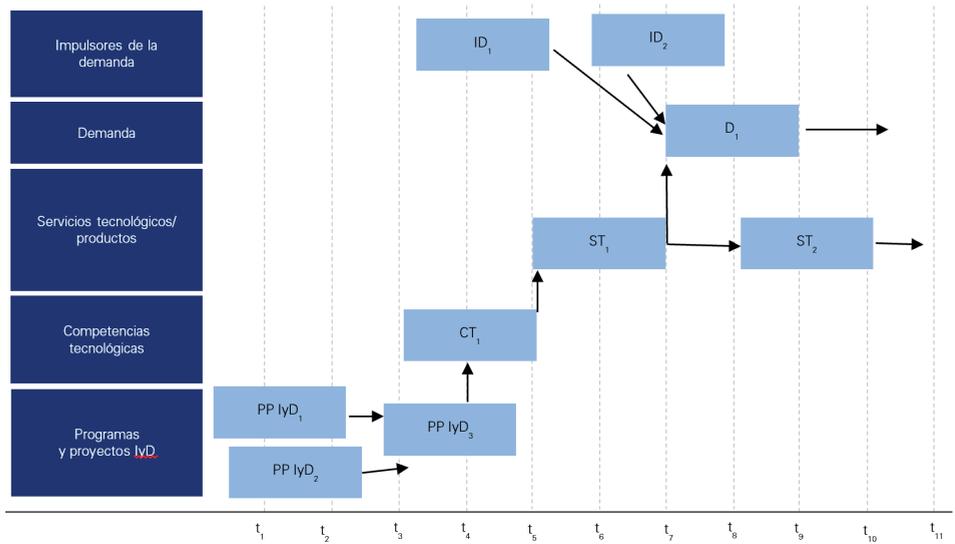
## 2. Los MDT en un proceso de planeación tecnológica

Los MDT corresponden a una herramienta para apoyar la planeación tecnológica en las organizaciones (Kerr *et al.*, 2019). Para ello, señalan la ruta que debe seguir una organización para alcanzar sus objetivos estratégicos, permitiendo la puesta en marcha de las estrategias (Pearson *et al.*, 2020).

De acuerdo con Willyard y McClees (1987), los MDT relacionan los objetivos estratégicos de una organización con sus competencias tecnológicas con el fin de alcanzarlos, a la par que permiten visualizar de forma gráfica la interacción entre las competencias tecnológicas, los objetivos organizacionales y el entorno de la organización (Groenveld, 1997). Más aún, Kamtsiou *et al.* (2006) señalan que las organizaciones utilizan los MDT para adaptarse a los cambios que presenta su entorno y establecer acciones hacia un estado futuro deseado. En este sentido, «MDT» es un término que describe la ruta a seguir para lograr los objetivos estratégicos de una organización desde una perspectiva tecnológica y, dado su carácter visual, permite identificar y describir los requerimientos tecnológicos de una organización para alcanzar un estado futuro deseado.

Establecer las rutas posibles en un MDT implica definir los programas y/o proyectos de investigación y desarrollo (IyD) que permiten desarrollar/construir las competencias de una organización, las cuales sustentan el desarrollo de productos o servicios tecnológicos que responden a los objetivos estratégicos establecidos. A su vez, los productos o servicios tecnológicos responden a una demanda específica que es impulsada por diferentes actores. La figura 1 muestra un esquema general de lo que es un MDT.

**Figura 1. Representación gráfica de un MDT**



Fuente: elaboración propia.

Los MDT fueron desarrollados inicialmente en la década de los años setenta por las empresas Motorola y Corning (Probert & Radnor, 2003) con el fin de construir o consolidar las competencias de la organización para alcanzar sus objetivos estratégicos, usándolos en particular en la fase de implementación. Posteriormente, otras organizaciones los adoptaron para apoyar sus procesos de planeación tecnológica; algunos ejemplos notables son: Philips Electronics, Lucent Technologies, la Asociación de la Industria de Semiconductores (SIA) y la Asociación Europea de Gestión de la Investigación Industrial (Eirma) (Kerr & Phaal, 2020). De acuerdo con Lee *et al.* (2009), el análisis de la técnica de MDT se concentró en estudios de caso en los que esta se utilizó como herramienta de apoyo en la fase de implementación de planes.

Por otro lado, Pantzartzis *et al.* (2019) indican que los MDT son una herramienta para la toma de decisiones que no solo proporciona información para la formulación de objetivos, sino que principalmente apoya la implementación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (IyDT). Alcanzar los objetivos estratégicos en una organización implica definir los proyectos de IyDT que irán cumpliendo las metas para alcanzar así la situación objetivo. Desde la perspectiva de estos autores, los MDT son considerados un instrumento para apoyar la fase de implementación de planes una vez que se ha definido el estado futuro deseado de una organización.

La literatura presenta diversos tipos de MDT con el fin de guiar a los interesados a comprender la naturaleza y el contenido de los mismos desde diferentes perspectivas (Lee & Park, 2005). Por ejemplo, los Laboratorios Nacionales Sandia definen 3 tipos (García & Bray, 1997):

- MDT dirigidos al desarrollo de productos o procesos; por ejemplo, el MDT desarrollado por Motorola encaminado al desarrollo tecnológico de un radioreceptor (Willyard & McClees, 1987).
- MDT orientados al desarrollo de tecnologías emergentes que analizan el desarrollo y la comercialización de nuevas tecnologías; por ejemplo, el MDT dirigido a identificar la necesidad de desarrollar tecnologías relacionadas con los viajes interestelares (Anderson, 1999).
- MDT enfocados en la mejora de alguna tecnología en particular; por ejemplo, la nanotecnología necesaria para producir microprocesadores (SIA, 2015).

En los 3 tipos de MDT se puede observar que su construcción se sustenta en temas tecnológicos en particular. En el primer tipo, los MDT se dirigen a analizar la evolución tecnológica de un producto o proceso; en el segundo caso, apuntan al desarrollo de tecnologías específicas que permitirían realizar viajes interestelares; en el tercero, se centran en los desafíos a enfrentar para el desarrollo de tecnologías actuales.

De lo anterior se desprende que para la utilización de MDT en ClyDT se requiere que la planeación tecnológica se sustente en temas de investigación de interés para dichas organizaciones; por lo tanto, es un requisito que los ClyDT definan previamente aquellos temas de investigación que desean desarrollar y/o consolidar como parte de su actividad. En este sentido, los MDT apoyan el proceso de planeación para guiar la implementación del plan en áreas científicas y tecnológicas específicas de un centro/instituto (Jou & Yuan, 2011; Roberts *et al.*, 2020). Asimismo, los MDT con fines de IyD requieren la selección de las áreas tecnológicas a desarrollar (Lee *et al.*, 2007).

Como se señala más adelante, en algunos ClyDT universitarios la planeación tecnológica no parte de la definición de los temas de investigación a desarrollar y/o consolidar, sino que por lo general establecen sus metas a partir de indicadores de desempeño de toda la organización que no necesariamente se asocian al desarrollo de los temas de investigación prioritarios.

### **3. El manejo de la incertidumbre en los MDT**

Saritas y Aylen (2010) señalan que los MDT pueden manejar la incertidumbre que existe en el proceso de planeación al establecer una ruta gráfica adaptable a los cambios internos y externos del entorno. Actualmente, hay estudios que abordan el manejo de la incertidumbre en los MDT (Siebelink *et al.*, 2016).

En relación con el manejo de la incertidumbre en los MDT, Ilevbare *et al.* (2014) analizaron 650 documentos relativos a MDT y observaron que 64 reconocieron la presencia de incertidumbre y/o riesgo. De los 64 MDT, solo 22 tomaron medidas para abordar la incertidumbre y los riesgos; además, 11 MDT utilizaron técnicas de escenarios. Estos resultados indican que aún hay una falta de atención para abordar la incertidumbre en los MDT, lo cual puede atribuirse a la ausencia de una adecuada orientación sobre cómo se deben diseñar para que contemplen estas características.

Al respecto, Vecchiato y Roveda (2010) señalan que una de las técnicas que se utilizan para manejar la incertidumbre en los procesos de planeación estratégica son

los escenarios. El fin de los escenarios es visualizar múltiples futuros, algunos de ellos tendenciales (lo que sucederá si no se realizan cambios en el presente) y otros normativos (el futuro, que debe ser un futuro construido [De León & Sánchez, 2017]).

Sin embargo, han sido escasos los estudios sobre un proceso claro de diseño de MDT que aborde estos temas, por lo que hay una brecha en términos de una metodología para diseñar MDT que incluya estas formas imprevisibles (Siebelink *et al.*, 2016; Tansurat & Gerdri, 2019). Factores como el rápido cambio tecnológico y la dinámica e incertidumbre de las necesidades del mercado son un desafío para el diseño de MDT (Kim *et al.*, 2016; Much *et al.*, 2019).

Este trabajo propone el uso del concepto de atractor, que se utiliza en la teoría de sistemas complejos, para el manejo de la incertidumbre en el contexto de los MDT. Un sistema complejo se caracteriza por ser dinámico (cambiante en el tiempo) y por tener retroalimentación entre sus elementos, de tal manera que los resultados de un estado (propiedades que resultan del proceso de interacción entre los integrantes del sistema) pueden modificar el comportamiento del sistema en el siguiente estado. Un atractor es una región hacia donde una organización (vista como sistema) tiende a moverse, ya sea deliberadamente o debido a las restricciones y/o limitantes de la propia organización (leyes, normativas) (Shetler, 2002). Cuando la trayectoria de una organización converge hacia un estado, se dice que existe una cuenca de atracción integrada por diferentes atractores (Lara-Rosano, 2017). En un ClyDT se cultivan diversos temas de investigación y, para cada uno de ellos, los atractores dominantes condicionan la dirección que toma la organización. Así, los atractores guían al ClyDT hacia una forma determinada de funcionamiento a lo largo de un horizonte de planeación.

Lo anterior plantea que en un horizonte de planeación a corto, mediano y largo plazo sea posible que se presenten cambios en el entorno interno y externo del ClyDT-U que puedan afectar la implementación del plan. En consecuencia, durante la etapa de implementación es preciso realizar ajustes con el fin de alcanzar los objetivos estratégicos de la organización. Estos ajustes deben contemplarse a partir de lo ya alcanzado durante los periodos previos de la implementación.

Al respecto, la literatura señala que el proceso de construcción de los MDT en ClyDT es complicado debido a que se enfrenta a diversos factores que en ocasiones son desconocidos, así como a la incertidumbre asociada a estos (Loyarte *et al.*, 2015), lo que dificulta la puesta en marcha de las estrategias en este tipo de organizaciones (Bandarian, 2018).

#### **4. Metodología**

Con el propósito de conocer las prácticas y herramientas utilizadas en la planeación tecnológica en ClyDT-U, se realizó una encuesta en línea a 29 centros/institutos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Valdés, 2022). Estos centros se desempeñan en diferentes sectores científicos y tecnológicos, tales como ingeniería, matemáticas, ciencias de la Tierra, químico-biológicos y de la salud, entre otros. El resultado de la encuesta señaló una nula utilización de MDT en su proceso de planeación tecnológica. Se encontró también que la mayoría de centros encuestados no

consideran en su planeación cada tema de investigación estratégico por separado, sino que establecen metas asociadas a toda la organización. Lo anterior representa una limitante para el uso de MDT, ya que estos se construyen considerando por separado los temas tecnológicos a desarrollar.

Con el fin de profundizar en las prácticas de análisis de los ClyDT-U, se decidió estudiar la manera en que reportan sus resultados, aplicando para ello un análisis de los informes anuales que presenta la dirección de cada uno.

Para este estudio se seleccionaron 3 centros que presentan características semejantes, dado que realizan investigación tecnológica, ofrecen servicios especializados, y también generan resultados que se traducen en patentes y otras formas de propiedad industrial. Asimismo, son centros que han alcanzado un relativo nivel de madurez, ya que cada uno de ellos cuenta con más de 50 años de antigüedad. Los centros analizados fueron los siguientes:

- Instituto de Ingeniería (II).
- Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS).
- Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT).

A partir del análisis de los informes de actividades de estos 3 centros se identificaron diferentes atractores asociados a su operación. Los informes disponibles y analizados corresponden a las actividades realizadas en el año 2016.

Los mencionados informes de los centros reflejan los modos de comportamiento de la organización en términos de los productos asociados a las actividades que realizan en cada área especializada. En ese sentido, el análisis de los informes se realizó en 2 fases: la primera tuvo como objetivo identificar cómo reportaban resultados (por unidad administrativa o por temas estratégicos de interés) por medio de informes técnicos, ingresos obtenidos, número de proyectos realizados, número de alumnos graduados, etc. En la segunda fase se compararon los resultados reportados por estos 3 centros en 2 indicadores relevantes: ingresos y número de artículos por académico. De esta fase se desprendió la categorización de los diferentes atractores que modulan el comportamiento de estas organizaciones y que, en consecuencia, también influyen en la dirección y los productos asociados a cada tema estratégico de interés.

A continuación, se presentan los resultados de la investigación y se proponen 3 tipos de atractores que pueden representar su comportamiento.

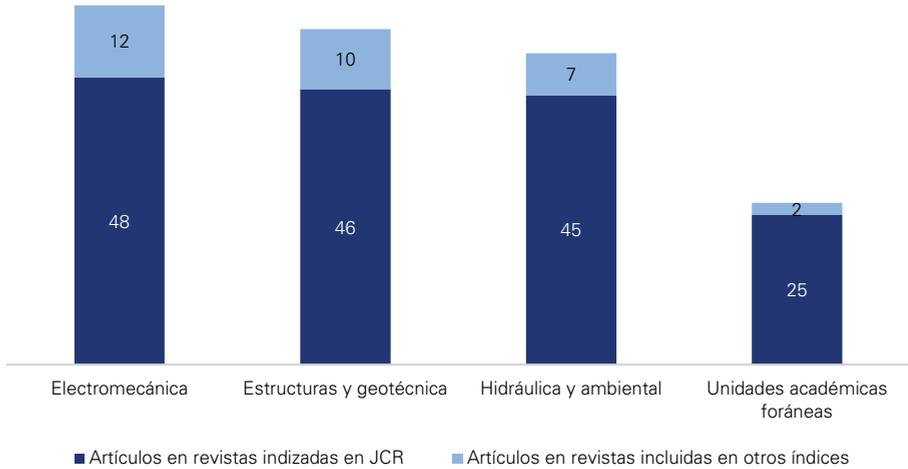
## 5. Resultados y discusión

### 5.1. ClyDT-U analizados

Se confirmó que el proceso de planeación se realiza considerando toda la organización y por unidad administrativa, y no por cada tema de investigación que cultivan. Lo anterior se desprende del análisis de los informes de actividades de los 3 centros analizados.

La siguiente figura ilustra los resultados reportados por el II en cuanto a artículos publicados por sus académicos en revistas indizadas.

Figura 2. Producción de artículos en revistas indizadas por el II (2016)



Fuente: elaboración propia.

Miriam Valdés-Rodríguez y otros

El número de artículos en revistas fue reportado en 2016 de acuerdo con la unidad administrativa de adscripción de los académicos que los publicaron. De la misma manera, se reportaron otros resultados, tales como informes técnicos, ingresos obtenidos, número de proyectos realizados, etc. Se observó que los otros 2 centros reportaron sus resultados de forma similar al II; es decir, de acuerdo con cada unidad administrativa y no por tema de investigación relevante para cada una de las 3 organizaciones.

Esta forma de reportar los resultados anuales evidenciaba una limitante para la aplicación de los MDT, pues dicha técnica se sustenta en el análisis de temas de investigación específicos, independientemente de la unidad o las unidades administrativas en las que se desarrollan. En una unidad administrativa pueden convivir varios temas de investigación de interés para el centro. Asimismo, un mismo tema de investigación puede estar atendido por diferentes unidades administrativas dentro del mismo centro.

Lo arrojado por el análisis de los informes de resultados coincide con lo obtenido a través de la encuesta anteriormente señalada (Valdés, 2022). De los centros considerados en la encuesta, el 84 % señaló que el proceso de planeación lo realizan considerando a toda la organización y a las unidades administrativas, y que no consideran por separado los temas de investigación relevantes. Esto representa una limitante para la aplicación de los MDT en la etapa de implementación de los planes. Por lo tanto, solamente el 16 % de los ClyDT-U que sí contempla por separado en su proceso de planeación cada tema de investigación estarían en condiciones de utilizar la técnica de los MDT.

## 5.2. El concepto de atractor aplicado en los MDT para ClyDT-U

Los ClyDT-U pueden presentar diferentes atractores asociados principalmente a los intereses académicos de los investigadores, los objetivos y las metas de la dirección en turno del ClyDT-U, y los cambios en el entorno que pueden generar aumento o disminución

de su impacto. Los posibles cambios en la fuerza relativa de estas 3 fuentes de atractores pueden modificar leve o importantemente los destinos deseados/objetivos de la planeación, por lo que se genera incertidumbre en el proceso de implementación del plan en este tipo de organizaciones.

Una forma de atender este punto es identificar los principales atractores que existen al interior y exterior del ClyDT-U que puedan modificar leve o de forma importante los destinos deseados. Al respecto, se proponen los siguientes tipos de atractores:

- Inercial:

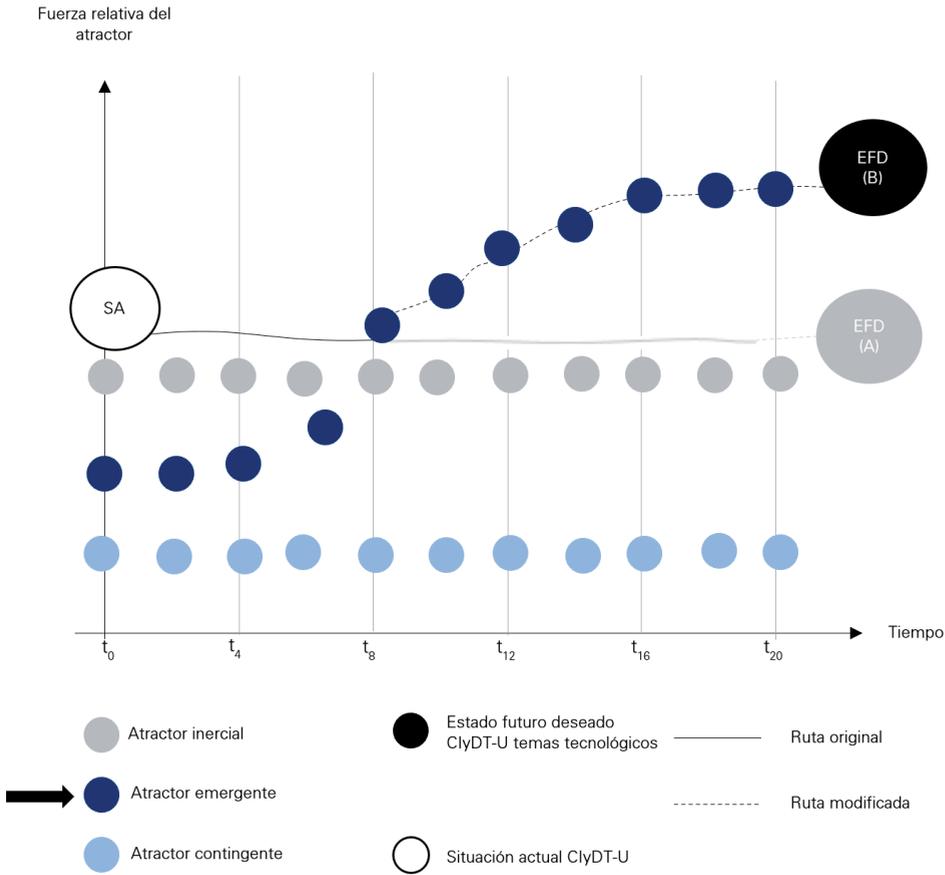
Cuando en un entorno un sistema con memoria que está en un cierto estado tiene éxito en sobrevivir, mapea su entorno conforme a su experiencia y construye un atractor de su conducta alrededor de ese particular estado, que resulta un atractor inercial que aprende a evocar y en el que se asienta (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 51).

Esta se observa cuando el ClyDT-U presenta grandes periodos de estabilidad. No se presentan cambios en el entorno interno ni externo (figura 3).

- Emergente: modifica la estabilidad del atractor inercial y se asocia principalmente a un cambio del entorno interno del ClyDT-U (figura 4). El cambio interno puede ser provocado por nuevas políticas, establecidas tanto por los cambios en la dirección de cada centro como de las autoridades universitarias. En la UNAM, las administraciones tienen una duración de 4 años, en los que pueden cambiar de rector/a o director/a, así como los principales funcionarios asociados a la toma de decisiones.
- Contingente: se asocia a un cambio del entorno externo del ClyDT-U (figura 5). Modifica la estabilidad del atractor inercial debido a posibles cambios en las principales demandas de servicios y/o productos por parte del entorno externo al centro. El ejemplo más notorio ha sido la aparición de la pandemia por COVID-19, que ha requerido a los ClyDT-U orientarse a diversos desarrollos asociados a mejorar aspectos relacionados con la atención a dicha enfermedad.

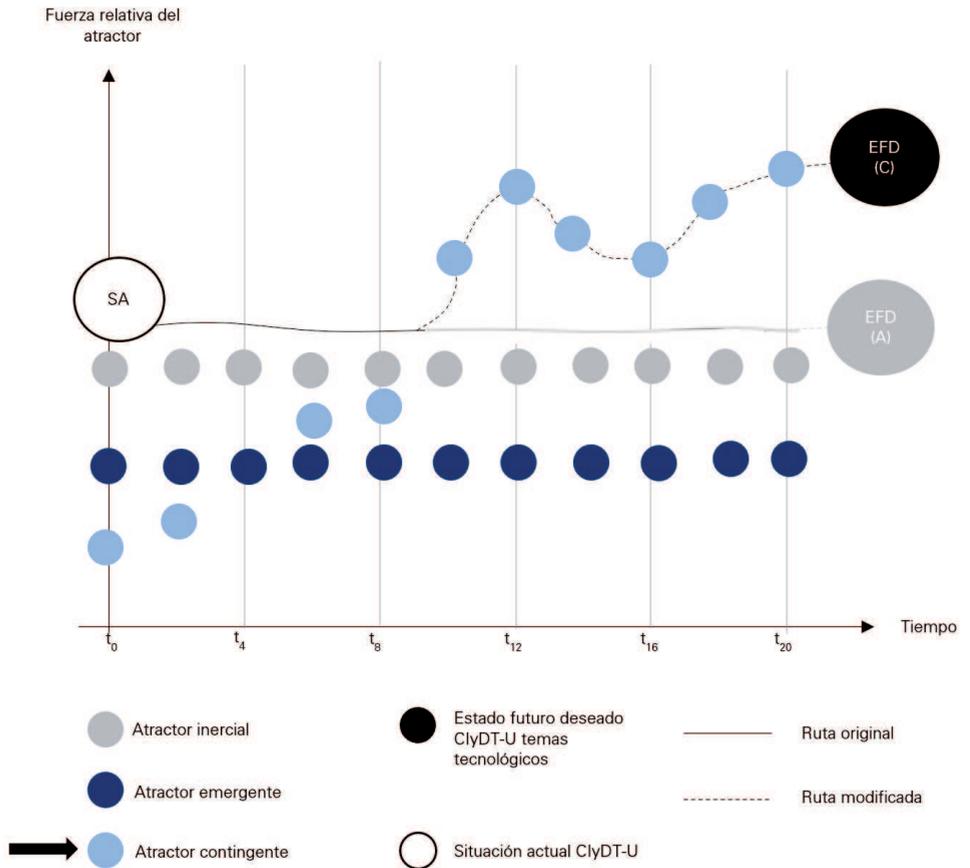


Figura 4. Aumento de la fuerza relativa del atractor emergente



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Aumento de la fuerza relativa del atractor contingente

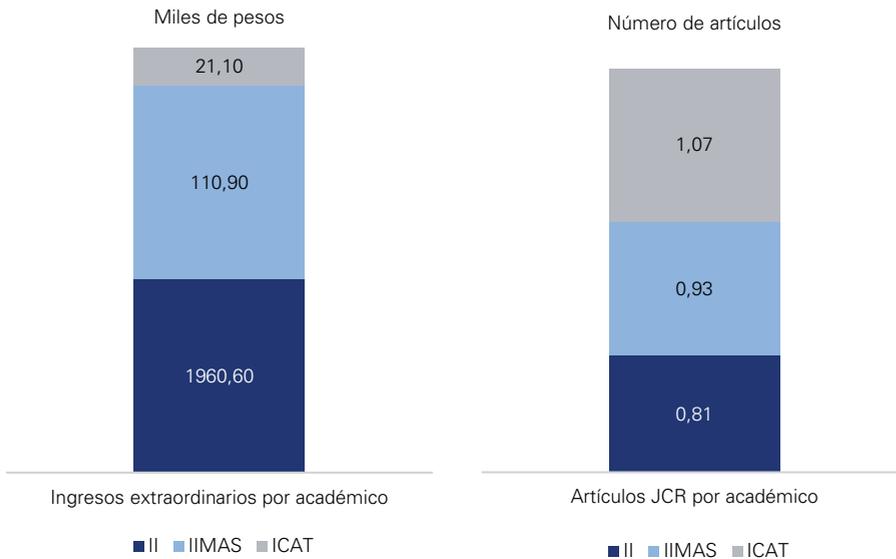


Fuente: elaboración propia.

Los esquemas anteriores ilustran que es posible observar de forma gráfica los cambios que ocurren en el entorno interno y externo de los ClyDT-U. Estas visualizaciones en los cambios de la fuerza relativa de los atractores señalan los posibles generadores de modificaciones en los MDT. Es decir, al modificar la fuerza relativa de los atractores, es posible adecuar la ruta para construir, crear o fortalecer las competencias que requieren los ClyDT para alcanzar sus objetivos estratégicos.

Por otra parte, también con base en los informes anuales de resultados de los 3 centros/institutos analizados, se estimaron los diferentes atractores que modulaban su desarrollo. Para ello, se compararon los resultados reportados individualmente por los académicos adscritos a cada organización. En 2 indicadores relevantes (ingresos y artículos publicados por académico) se encontraron importantes diferencias, como se muestra en la figura 6.

**Figura 6. Indicadores relevantes en los 3 ClyDT-U analizados (2016)**



Fuente: elaboración propia.

En la figura se observa que el principal atractor en el caso del II se ubica en el desarrollo de proyectos que generan ingresos propios, es decir, ingresos por actividades relacionadas con el entorno externo. En el año 2016, cada académico adscrito al II generó un poco menos de 2 millones de pesos mexicanos (alrededor de USD 100 000), sustentados en la ejecución de proyectos solicitados por entidades externas al centro. Por el contrario, de los 3 centros, el II generó el menor número de artículos en revistas JCR por académico (0,81 al año).

En el otro extremo se ubicó el ICAT. Este centro recibió solamente un promedio de 24 000 pesos mexicanos por académico (USD 1200); por el contrario, el número de artículos publicados por académico fue un 32 % superior al registrado por el II. El tercer centro (Iimas) se ubicó en una posición intermedia entre el II y el ICAT, aunque más cercano a este último.

Es claro que los 3 centros, principalmente el II, registran diferentes atractores que rigen su comportamiento. Estos atractores corresponderán al llamado inercial, cuyo peso relativo en cada centro resulta dominante en su actividad cotidiana. Estos atractores modulan el comportamiento de cada centro y, en consecuencia, también lo hacen en la dirección y los productos asociados a cada tema de investigación atendido.

Durante la implementación del plan estratégico de cada centro, pueden adquirir mayor peso relativo otros atractores, como los señalados anteriormente; es decir, atractores emergentes y contingentes. Un ejemplo de atractor emergente es cuando se presenta un cambio en la conducción y/o política del centro, lo que genera una modificación en sus prioridades; por ejemplo, impulsar una mayor actividad en publicaciones por cada académico o, en sentido contrario, privilegiar los proyectos dirigidos a resolver problemas específicos que pueden generar mayores ingresos por académico.

Un atractor contingente se presenta cuando las condiciones del entorno se modifican súbitamente, lo que genera un redireccionamiento de las actividades de los temas de investigación que se desarrollan en el centro. Por ejemplo, la construcción de un nuevo aeropuerto en la Ciudad de México en un sitio que presentaba importantes dificultades geotécnicas llevó al II a dirigir sus actividades del tema del análisis, la caracterización y el comportamiento de suelos, hacia dar soluciones para la construcción de este tipo de infraestructura. Lo anterior aumentó los ingresos por académico en dicho tema de investigación, con repercusiones en el número de artículos publicados por académico. Por otra parte, el II adquirió experiencia en el desarrollo de este tipo de infraestructura.

## 6. Conclusiones

Los MDT han estado presentes en las organizaciones desde la década de los años setenta y han mostrado su utilidad como instrumento para vincular la estrategia tecnológica a la operación de la organización. Además, permiten a las organizaciones visualizar de forma gráfica la interacción entre las competencias tecnológicas, los objetivos organizacionales y el entorno de la organización.

Los MDT se aplican considerando los temas de investigación de interés para las organizaciones. De esta manera, las adecuaciones en el seguimiento de los planes pueden hacerse de acuerdo con el comportamiento de cada tema de investigación, considerando los posibles cambios en el entorno interno y externo a la organización.

El análisis realizado a ClyDT-U pertenecientes a la UNAM mostró que no todos ellos realizan su planeación considerando por separado los temas de investigación estratégicos para su desarrollo. Por lo anterior, los informes de actividades reportan el desempeño anual de manera agregada por unidades administrativas y no por cada tema de investigación relevante para su desarrollo.

Este estudio considera la incertidumbre que se presenta en la etapa de implementación de planes y propone el uso del concepto de atractor como una forma de categorizar los posibles cambios del entorno interno y externo de los ClyDT-U. El trabajo presenta los casos de 3 ClyDT-U de la UNAM que comparten características similares en cuanto a su antigüedad y las áreas de conocimiento que cultivan, identificando que los ClyDT-U presentados tienen diferentes atractores que condicionan su actividad. Dichos atractores podrían modificarse durante la etapa de implementación del plan, lo que llevaría a realizar ajustes en los programas y proyectos que sustentan la construcción de competencias organizacionales.

En suma, se propone que la planeación de los ClyDT-U se sustente en el desarrollo de cada tema de investigación estratégico para su progreso, de forma que se puedan establecer los programas y proyectos que se requieren para el desarrollo de cada tema. En ese sentido, los MDT representarían una herramienta adecuada para dirigir la etapa de implementación en los ClyDT-U, utilizando el concepto de atractor para identificar los cambios en el entorno.

## bibliografía

- Anderson, J. L.**  
1999 Roadmap to a star. *Acta Astronautica*, 44(2), 91-7.
- Bandarian, R.**  
2018 Strategic research and technology management in research and technology organisations. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 18(4), 360-377.
- Cándido, C. J. F., & Santos, S. P.**  
2019 Implementation obstacles and strategy implementation failure. *Baltic Journal of Management*, 14(1), 39-57.
- De León Ardón, R. V., & De las Nieves Sánchez Guerrero, G.**  
2017 Characterization of public planning scenarios: The case of Mexican water sector. *Gestión y Política Pública*, 26(1), 53-103.
- Elbanna, S., Thanos, I. C., & Colak, M.**  
2014 An exploratory study of the determinants of the quality of strategic decision implementation in Turkish industrial firms. *Journal of General Management*, 40(2), 27-46.
- Garcia, M. L., & Bray, O. H.**  
1997 *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Albuquerque: Strategic Business Development Department, Sandia National Laboratories.
- Ilevbare, I. M., Probert, D., & Phaal, R.**  
2014 Towards risk-aware roadmapping: Influencing factors and practical measures. *Technovation*, 34(8), 399-409.
- Jou, G. T., & Yuan, B. J. C.**  
2011 *Technology Strategic Planning for An R&D Institute: The Case of Taiwan Textile Research Institute*. Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Proceedings (PICMET).
- Kamtsiou, V.**  
2006 Roadmapping as a Knowledge Creation Process: The PROLEARN Roadmap. *Journal of Universal Knowledge Management*, 1(3), 163-173.
- Kerr, C., Phaal, R., & Thams, K.**  
2019 Customising and deploying roadmapping in an organisational setting: The LEGO Group experience. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 48-60.
- Kerr, C., & Phaal, R.**  
2020 Technology roadmapping: Industrial roots, forgotten history and unknown origins. *Technological Forecasting and Social Change*, 155.
- Kim, E.**  
2016 *Design Roadmapping: Integrating Design Research Into Strategic Planning For New Product Development* [tesis de doctorado, University of California, Berkeley].
- Lara-Rosano, F.**  
2017 *Fundamentos para el diagnóstico e intervención en sistemas complejos. Metodología para el Análisis de la Complejidad Social*. Editorial Académica Española.
- Lara-Rosano, F., Cano, A., & Márquez, S.**  
2021 *Teorías, métodos y modelos para la complejidad social: Un enfoque de sistemas complejos adaptativos*. Ciudad

## bibliografía

- de México: Comunicación Científica.  
<https://comunicacion-cientifica.com/wp-content/uploads/2021/06/2-Teorias-de-la-complejidad-INTERIORES-PDF.pdf>
- Lee, S., & Park, Y.**  
 2005 Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(5), 567-583.
- Lee, S., Kang, S., Park, Y. S., & Park, Y.**  
 2007 Technology roadmapping for R&D planning: The case of the Korean parts and materials industry. *Technovation*, 27(8), 433-445.
- Lee, S., Yoon, B., Lee, C., & Park, J.**  
 2009 Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 769-786.
- López-Ortega, E., Castillo-Camarena, N., Valdés-Rodríguez, M., & Solís-González, R.**  
 2019 *Planeación en centros de investigación y desarrollo tecnológico (CIyDT)*. XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC. Medellín.
- Loyarte, E., Posada, J., Gaines, S., Rajasekharan, S., Olaizola, I. G., Otaegui, O., Linaza, M. T., Oyarzun, D., Del Pozo, A., Marcos, G., & Florez, J.**  
 2015 Technology roadmapping (TRM) and strategic alignment for an applied research centre: A case study with methodological contributions. *R and D Management*, 45(5), 474-486.
- Mintzberg, H.**  
 1994 The Fall and Rise of Strategic Planning. *Harvard Business Review*, (enero-febrero), 107-114
- Munch, J., Trieflinger, S., & Lang, D.**  
 2019 Product Roadmap - From Vision to Reality: A Systematic Literature Review. En *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*.
- Pantartzis, E., Price, A., & Edum Fotwe, F.**  
 2019 Roadmap layers and processes: resilient and sustainable care facilities. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(9), 1986-2007.
- Pearson, R. J., Costley, A. E., Phaal, R., & Nuttall, W. J.**  
 2020 Technology Roadmapping for mission-led agile hardware development: a case study of a commercial fusion energy start-up. *Technological Forecasting and Social Change*, 158(abril).
- Pereira, L., Duro, T., & Santos, J.**  
 2019 Strategic Communication and Barriers to Strategy Implementation. En *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC 2019)*.
- Probert, D., & Radnor, M.**  
 2003 Frontier experiences from industry-academia consortia. *Research Technology Management*, 46(2), 27-30.

## bibliografía

- Riesener, M., Dolle, C., Tittel, J., Schuh, G., Reuss, M., & Rebentisch, E.**  
2020 Development of an Indicator Model for Anticipation of Strategy Implementation Failures. En *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)* (pp. 553-559).
- Roberts, S. C., McConnachie, A., & Chalmers, D.**  
2020 Are we there yet? Science-based roadmaps for astronomy technology research and development. En *SPIE Proceedings*. The International Society of Optics and Photonics.
- Saritas, O., & Aylen, J.**  
2010 Using scenarios for roadmapping: The case of clean production. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(7), 1061-1075.
- Semiconductor Industry Association.**  
2015 *International Technology Roadmap for Semiconductors 2.0*. [https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/0\\_2015-ITRS-2.0-Executive-Report-1.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/0_2015-ITRS-2.0-Executive-Report-1.pdf)
- Shetler, J. C.**  
2002 *Complex adaptative systems, attractors, and patching: A complex systems science analysis of organizational change* [tesis de doctorado, The University of Texas at Austin].
- Siebelink, R., Halman, J. I. M., & Hofman, E.**  
2016 Scenario-Driven Roadmapping to cope with uncertainty: Its application in the construction industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 226-238.
- Strauss, J. D., & Radnor, M.**  
2004 Roadmapping for dynamic and uncertain environments. *Research Technology Management*, 47(2), 51-57.
- Tansurat, P., & Gerdri, N.**  
2019 *Extended Techniques to Enhance Technology Roadmapping: Research Opportunities and Challenges*. En Proceedings Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET).
- Vecchiato, R., & Roveda, C.**  
2010 Strategic foresight in corporate organizations: Handling the effect and response uncertainty of technology and social drivers of change. *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 1527-1539.
- Valdés, R. M.**  
2022 *Encuesta sobre procesos de planeación en Institutos/Centros de investigación científica y tecnológica universitarios* [documento inédito]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Willyard, H., & McClees, W.**  
1987 Motorola's technology roadmap process. *Research Management*, 30(5), 13-19.