

2015-03

Investigación y propuesta de un modelo de competitividad para una localidad de investigación y desarrollo en México en el ramo de la industria electrónica automotriz

Salgado-Padilla, Rocío

Salgado-Padilla, R. (2015). Investigación y propuesta de un modelo de competitividad para una localidad de investigación y desarrollo en México en el ramo de la industria electrónica automotriz. Trabajo de obtención de grado, Maestría en Administración. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO.

Enlace directo al documento: <http://hdl.handle.net/11117/3041>

Este documento obtenido del Repositorio Institucional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente se pone a disposición general bajo los términos y condiciones de la siguiente licencia:
<http://quijote.biblio.iteso.mx/licencias/CC-BY-NC-ND-2.5-MX.pdf>

(El documento empieza en la siguiente página)

ITESO, UNIVERSIDAD JESUITA DE GUADALAJARA

Reconocimiento de validez oficial por acuerdo secretarial número 15018 publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Economía Administración y Mercadología
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN



INVESTIGACIÓN Y PROPUESTA DE UN MODELO DE COMPETITIVIDAD PARA UNA LOCALIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO EN EL RAMO DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ

Tesis profesional para obtener el grado de
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

Presenta: Rocío Salgado Padilla
Asesor: Mtro. Jaime Antonio Borrego Navarro

Guadalajara, Jalisco. Marzo de 2015

Agradecimientos

Antes que nada, quisiera agradecer a Dios por la increíble oportunidad de poder cursar esta maestría y por haber guiado mi camino hasta este momento de realización personal y profesional.

Agradezco profundamente a mis padres, cuyo apoyo y aliento me ha animado en cada momento de mi vida, y muy especialmente a mi madre, Raquel Padilla, que sé me está viendo desde el cielo y desde ahí guía mi camino.

Gracias a mi familia y mis amigos por su paciencia todas las veces que no pude verlos, o me tuve que ir temprano para hacer tarea de la maestría y por apoyarme y motivarme a seguir adelante hasta el final.

Un especial agradecimiento a Jaime Borrego por haber creído siempre en mí, por la generosidad con la que comparte sus conocimientos y por apoyarme con la asesoría de esta tesis.

ÍNDICE

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE	III
GLOSARIO DE TÉRMINOS	9
CAPITULO I.....	13
ANTECEDENTES Y LA IMPORTANCIA DE UN MODELO DE COMPETITIVIDAD	13
CAPÍTULO II.....	48
REFERENCIAS DOCUMENTALES DE MÉTRICOS DE COMPETITIVIDAD	48
2.1 Estado del arte.....	49
2.2 Síntesis de referencias documentales	106
CAPÍTULO III.....	116
CONSTRUCCIÓN DE UNA PROPUESTA DE MODELO DE COMPETITIVIDAD	116
3.1 Antecedentes y necesidades del centro de I+D donde se aplicará el modelo de competitividad.	117
3.1.1 Antecedentes de la empresa	117
3.1.2 Antecedentes del centro de desarrollo.....	120
3.1.3 Necesidad del modelo de competitividad de I+D	121
3.2 Desarrollo de la propuesta de modelo de competitividad de la I+D	123
3.2.1 Elementos del modelo de competitividad propuesto.....	123
3.2.2 Propuesta base del modelo de competitividad	126

3.2.3 Entradas al sistema de I+D.....	127
3.2.4 Procesos del sistema de I+D	131
3.2.5 Salidas del sistema de I+D	133
3.2.6 Los receptores y resultados en el sistema de I+D	135
3.2.7 Asignación de pesos w_i a cada una de las variables del modelo.....	135
3.2.8 Propuesta final de modelo de competitividad de I+D.....	137
CAPÍTULO IV.....	139
 APLICACIÓN DEL MODELO DE COMPETITIVIDAD A UNA PLANTA DE	
 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO EN EL RUBRO DE LA	
ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ.....	139
CONCLUSIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	146

ÍNDICE DE TABLAS Y ESQUEMAS

TABLAS

Tabla 1. Lista de términos comúnmente utilizados para referirse a diferentes actividades y su clasificación para identificar si realmente son parte de las actividades de I+D.....	16
Tabla 2 Lista de términos comúnmente utilizados en diferentes países para referirse a la I+D y su clasificación equivalente de acuerdo al Manual de Frascati.....	17
Tabla 3. Los métricos de actividad resaltan quién es afectado por las actividades internas y externas de investigación y desarrollo.	32
Tabla 4. Resumen de resultados de encuesta en 1994 y 2009 sobre los diez métricos I+D más importantes para 161 empresas miembros de la IRI.....	57
Tabla 5. Los cinco métricos principales para cada nivel de la PVT.....	58
Tabla 6. Categorización de métricos principales de la PVT según el tipo de innovación en el que se trabaja.....	59
Tabla 7. Cuestionario para medición de la efectividad del departamento de I+D..	64
Tabla 8. Métricos de I+D 40 compañías en diferentes ramos tanto de Estados Unidos como de Alemania.....	74
Tabla 9. Frecuencia prevalente para el control de objetivos.	80
Tabla 10. Las firmas estudiadas.....	80
Tabla 11. Cuadro sinóptico de los resultados.....	82

Tabla 12. Consecuencia de los métricos de I+D, mostrando el tiempo que refleja la medición y si toma en cuenta la robustez del desarrollo o resultados externos. ...90

Tabla 13. Revisión bibliográfica de los indicadores de desempeño de I+D.....99

Tabla 14. Evaluación del resultado estimado al aplicar el modelo RQ 103

ESQUEMAS

Esquema 1. Inversión en I+D24

Esquema 2 Gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas.....25

Esquema 3 Segregación del esquema 2 para mostrar solamente el gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas que son nuevas.....26

Esquema 4 Segregación del esquema 2 para mostrar solamente el gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas maduras.27

Esquema 5. Dimensiones y elementos para la medición de la efectividad de la I+D.
.....41

Esquema 6. La formulación de la estrategia44

Esquema 7. El círculo de mejora continua dentro del Hoshin.46

Esquema 8. Taxonomía de las corrientes de medición de desempeño de la I+D. 50

Esquema 9. Pirámide de valor tecnológico (PVT).55

Esquema 10. Objetivos, dimensiones de desempeño y contexto para la medición de desempeño de la I+D.	89
Esquema 11. Los métricos de I+D son muy variados, y deben seleccionarse de acuerdo al contexto adecuado.	96
Esquema 12. El sistema de producción de entidades de investigación.	104

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- *Balanced Score Card* (BSC). Una herramienta de gestión que traduce la estrategia de la empresa en un conjunto coherente de indicadores agrupados en diferentes perspectivas, a través de las cuales se puede ver el negocio en su totalidad
- *Commodities*. Término en inglés cuyo significado literal en español es mercancías, lo cual en economía es cualquier producto destinado a uso comercial. Al hablar de mercancía, generalmente se hace énfasis en productos genéricos, básicos y sin mayor diferenciación entre sus variedades.
- Desarrollo básico. Consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
- Desarrollo aplicado. Consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.
- *Invention disclosure*. Término anglosajón para el documento confidencial escrito por un científico o ingeniero para ser usado por el departamento de patentes de una compañía.
- I+D. El término investigación y desarrollo, abreviado I+D, (en inglés: *research and development*, abreviado R&D), puede hacer referencia, según el contexto, al desarrollo aplicado o bien desarrollo básico utilizada en el desarrollo de

ingeniería, que persigue con la unión de ambas áreas un incremento de la innovación que conlleve un aumento en las ventas de las empresas.

- *Know-how*. Del inglés saber-cómo o conocimiento fundamental es una forma de transferencia de tecnología. Es una expresión anglosajona utilizada en los últimos tiempos en el comercio internacional para denominar los conocimientos preexistentes no siempre académicos, que incluyen: técnicas, información secreta, teorías e incluso datos privados (como clientes o proveedores).
- IRI. Instituto de Investigación Industrial por sus siglas en inglés *Industrial Research Institute*.
- OEM. Un fabricante de equipamiento original (en inglés *original equipment manufacturer* o, abreviadamente, OEM), es una empresa que fabrica productos que luego son comprados por otra empresa y vendidos bajo la marca de la empresa compradora (a veces conocida como empresa reenvasadora).
- Patente. Una patente es un conjunto de derechos exclusivos concedidos por un Estado al inventor (o su cesionario) de un nuevo producto susceptible de ser explotado industrialmente, por un período limitado de tiempo a cambio de la divulgación de la invención.
- PI. Acrónimo para propiedad intelectual. Como propiedad intelectual, según la definición de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, se entiende en términos generales, por toda creación del intelecto humano. Los derechos

de propiedad intelectual protegen los intereses de los creadores al ofrecerles prerrogativas en relación con sus creaciones.

- PIB. Acrónimo para producto interno bruto. Es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de un país durante un período determinado de tiempo (normalmente un año).

CAPITULO I
ANTECEDENTES Y LA IMPORTANCIA DE UN MODELO DE
COMPETITIVIDAD

No hay duda de que las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) son de gran importancia tanto para las empresas como para la economía. En Estados Unidos, las 25 firmas que más inversión tecnológica tienen en I+D gastan alrededor de un 5.8% de sus gastos en este rubro y un 5.6% del valor de dichas firmas está relacionada con activos intangibles. De forma similar la inversión en I+D se relaciona con el 7% del crecimiento en el producto interno bruto (PIB) de los Estados Unidos.¹

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) define claramente en el Manual de Frascati² qué actividades deben considerarse como de Investigación y Desarrollo y cuáles no pueden ser consideradas como tales; adicionalmente, especifica que el término I+D engloba tres actividades³:

- La investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
- La investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

¹ Anne Marie Knott, "NEW HOPE FOR MEASURING R&D EFFECTIVENESS," in *Research Technology Management*, vol. 52, núm. 5, octubre de 2009, 9.

² *Manual de Frascati 2002: Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), n.d.

³ *Ibid.*

- El desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes. La I+D engloba tanto la I+D formal realizada en los departamentos de I+D así como la I+D informal u ocasional realizada en otros departamentos.

La tabla 1 presenta una lista de términos comúnmente utilizados para referirse a diferentes actividades y su clasificación para identificar si realmente son parte de las actividades de I+D según el Manual de Frascati. Posteriormente la tabla 2 presenta una lista de términos comúnmente utilizados en diferentes países para referirse a la I+D y su clasificación equivalente de acuerdo al Manual de Frascati.

Tabla 1. Lista de términos comúnmente utilizados para referirse a diferentes actividades y su clasificación para identificar si realmente son parte de las actividades de I+D⁴.

⁴ *Ibid.*

Terminología	Clasificación más probable ¹
Investigación básica Investigación fundamental Investigación aguas arriba Estudios aguas arriba	Investigación básica " " "
Investigación aplicada Modelo de demostración Proyecto de demostración Desarrollo exploratorio Estudios aguas arriba	Investigación aplicada " " " "
Desarrollo experimental Desarrollo avanzado Planta piloto (inicialmente) Prototipo Modelo de prueba Proyecto de prueba Diseño de sistemas y estudios de especificaciones Proyecto preliminar orientado a sistemas Demostraciones técnicas	Desarrollo experimental " " " " " " " "
I+D retroactiva Investigación, desarrollo, ensayo y evaluación	I+D (actividad no especificada) "
Ingeniería de diseño Estudios de viabilidad Desarrollo complementario Mantenimiento y reparaciones Definición del proyecto Desarrollo de ingeniería Proyectos de ingeniería Desarrollo operativo	I+D mixta/no es I+D I+D/pre-producción I+D/ pre-producción I+D/ pre-producción I+D/pre-producción I+D/ pre-producción I+D/pre-producción I+D/ pre-producción
Estudios de naturaleza política y operativa Ingeniería industrial Desarrollo post-certificación Lote de producción experimental Prueba por el usuario Documentación Desarrollo inicial Lanzamiento de la fabricación Comercialización de nuevos productos Trabajos sobre patentes Ingeniería de producto Herramientas Servicios post-diseño Producción en serie Actividades de CyT afines Innovación en CyT	no son I+D Pre-producción Pre-producción Pre-producción Pre-producción Innovación CyT Innovación CyT Innovación CyT Innovación CyT Innovación CyT Innovación CyT Actividad industrial Actividad industrial No es I+D No es I+D

Tabla 2 Lista de términos comúnmente utilizados en diferentes países para referirse a la I+D y su clasificación equivalente de acuerdo al Manual de Frascati. ⁵

⁵ *Ibid.*

Manual de Frascati	Reino Unido	Estados Unidos	Francia
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO			
Investigación básica	Investigación básica (O)	Investigación básica (O)	Investigación básica (O) Estudios aguas arriba (O) Véase también Trabajo de Investigación (O) Véase también Investigación (I)
Investigación aplicada	Investigación aplicada estratégica (O) Investigación aplicada específica (O)	Investigación aplicada (O)	Investigación aplicada (O) Proyecto de demostración (O) Modelo de demostración (I) Desarrollo exploratorio (O) Desarrollo (O) Investigación general (I) Proyecto preliminar (I) Proyecto de prueba (I) Modelo de prueba (I) Trabajo de investigación (O) Investigación orientada hacia sistemas (I)
Desarrollo experimental	Desarrollo experimental (O)	Desarrollo tecnológico avanzado (O) Demostración y validación (O) Desarrollo de ingeniería y de fabricación (O) Apoyo a la gestión (O) Desarrollo de sistemas operativos (O)	Desarrollo (I) Desarrollo definido (O) Prototipo (I) Planta piloto (I)
ACTIVIDADES QUE NO SON I+D			
Desarrollo previo a la producción	Innovación científica y técnica (I) Otras actividades científicas y técnicas afines (O)		Servicios en CyT (I) Formación y desarrollo en CyT (I)

En la literatura disponible sobre crecimiento económico hay gran variedad de estudios que demuestran que las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) juegan un papel vital en el desarrollo tecnológico, el cual está relacionado directamente con la innovación y eventualmente la mejora de productividad así como la tasa de crecimiento económico. El contenido general de dichos estudios se

enfoca en el análisis de indicadores de I+D. El método generalmente aceptado para analizar el impacto de las actividades de I+D en el crecimiento económico es conducido a través de una evaluación de las entradas y salidas relacionadas con dicha actividad. Como entradas analizadas usualmente se encuentran los recursos financieros usados de ciencia y tecnología, capital físico y capital humano, mientras que algunas de las salidas enlistadas pueden ser número de patentes o publicaciones.⁶

Al analizar las estadísticas de crecimiento económico de algunos países así como la literatura sobre su crecimiento en los años recientes, puede ser dicho que particularmente las actividades de I+D juegan un papel mayor en el crecimiento y desarrollo de los mismos. En ese sentido se considera que las actividades de I+D contribuyen a desarrollar la infraestructura de ciencia y tecnología de los países, preparándolos mejor para los retos de los años por venir.⁷

De igual forma, cuando se analiza desde el punto de vista de empresas y no países, cuando surgen oportunidades de inversión real para firmas que compiten en la misma línea de negocio, las consideraciones estratégicas se vuelven de gran importancia⁸. La firma que realiza el primer movimiento tiene ventajas sustanciales y permanentes, al tiempo que las seguidoras se ven en un ambiente de

⁶ Mustafa Cem Kirankabeş and Mehmet Emin Erçakar, "Importance of Relationship between R&D Personnel and Patent Applications on Economics Growth: A Panel Data Analysis," in *International Research Journal of Finance & Economics*, , núm. 92, 15 de June de 2012, 72–81.

⁷ *Ibid.*

⁸ Dean Paxon, *Real R & D Options*, Butterworth-Heinemann Finance, 2003, p. 185.

incertidumbre mayor. La inversión en I+D busca dar esa ventaja adicional para poder mantenerse por delante de su competencia.

La cada vez más rápida obsolescencia de los procesos y los productos que caracteriza al escenario competitivo actual y el peso creciente que los bienes diferenciados están ocupando en el comercio internacional (sobre todo en el intercambio entre las economías más desarrolladas) han extendido y popularizado la idea de que la innovación tecnológica es la llave maestra para el éxito de las firmas industriales. A nivel nacional, a su vez, contar con firmas innovadoras supone no sólo una mayor competitividad de la economía en su conjunto, sino también la generación de derrama tecnológica hacia los restantes agentes económicos⁹.

La innovación tecnológica es también el recurso adecuado para eludir la competencia por precio, característica de los mercados de *commodities*, en los cuales las posiciones de las firmas son más vulnerables, ya que están siempre expuestas a fuertes oscilaciones y desequilibrios entre oferta y demanda, a la permanente incorporación de nuevos competidores con ventajas salariales o de escala o que recurren a prácticas desleales de comercio. Los mercados de bienes diferenciados, donde es cada vez más rápida la obsolescencia de procesos y productos, exigen una conducta tecnológica activa por parte de las firmas y una permanente disposición y aptitud para el cambio. En contrapartida, ofrecen la posibilidad de sostener relaciones de comercio más estables, de aprovechar el

⁹ Hernán Jarmillo *et al.*, *Manual de Bogotá.*, RICYT / OEA / CYTED, 2001.

mayor dinamismo que caracteriza a estos mercados, de eludir eventuales desventajas en materia de costo salarial y de hacer prevalecer ventajas de carácter endógeno (capacidades propias de las firmas), cuya ampliación a futuro no enfrenta, en principio, limitaciones ni barreras ajenas a la empresa, si los factores exógenos (contexto macroeconómico, infraestructura, regulaciones) inciden favorablemente¹⁰

Como se puede ver, en la investigación y desarrollo está el futuro de las empresas. La experiencia ha demostrado que es indispensable invertir recursos hoy para desarrollar los productos que asegurarán la permanencia de la empresa a través de la competitividad.

En un mundo globalizado es cada vez más común que las empresas internacionales busquen optimizar recursos y maximizar resultados diversificando sus localidades de I+D a través del mundo, incluyendo localidades tradicionalmente expertas en el campo como lo son Alemania o Estados Unidos así como localidades de costo bajo que se han ganado un lugar en años recientes como son México, Rumania, India o China.

De hecho, la globalización ya no es una opción, es un imperativo estratégico para compañías con intensa actividad de I+D, la mayoría de las cuales reconoce la importancia de actividades globalmente distribuidas para el éxito de su negocio. En busca de un mayor crecimiento de las ganancias y valor para los accionistas,

¹⁰ *Ibid.*

muchas organizaciones han hecho grandes inversiones en tiempo y dinero para soportar estos esfuerzos de globalización. Dependiendo de su estrategia operacional, algunas compañías buscan habilidades complementarias, otras buscan reducción de costos y otras más buscan conocimiento y posicionamiento en el mercado, todo esto a través de un ecosistema más amplio de socios y proveedores.¹¹

Las operaciones globalizadas requieren que varios grupos de I+D colaboren efectivamente con sus contrapartes a través de diversas organizaciones, ubicaciones geográficas y zonas horarias. Establecer y orquestar el trabajo de múltiples centros de I+D en Norte América, Europa Oriental, Europa Occidental, India o China es una tarea compleja. No es de sorprender que muchas compañías batallen para manejar en forma efectiva su *R&D Footprint*, es decir, la estrategia de crecimiento y distribución geográfica de sus centros de I+D a nivel mundial.

Toda compañía que usa modelos globales de I+D requiere una clara estrategia para tomar sus decisiones de distribución de recursos y ubicación de alianzas,¹² sin embargo, la decisión de cómo se hace la distribución de los recursos y el desarrollo de los nuevos proyectos no es tarea fácil pues requiere equilibrar toda una serie de factores desde la experiencia de la localidad, la permanencia de

¹¹ Surajit Kar *et al.*, "MANAGING GLOBAL R&D OPERATIONS--LESSONS FROM THE TRENCHES," in *Research Technology Management*, vol. 52, núm. 2, abril de 2009, 14–21, p. 1.

¹² *Ibid.* p. 2.

los empleados, la confianza en los desarrollos que ahí se hacen y por supuesto la parte económica.

Los estándares financieros requieren que los gastos de I+D se vayan mostrando en el resultado de la empresa conforme se van gastando. Esto genera una diferencia y tensión entre las ganancias a corto plazo y la estrategia de generación de valor a largo plazo.¹³ De acuerdo al estudio realizado por Graham (2005), de una muestra de 401 ejecutivos financieros, 80% indicaron que reducirían el gasto en I+D con tal de cumplir sus metas de ganancias.

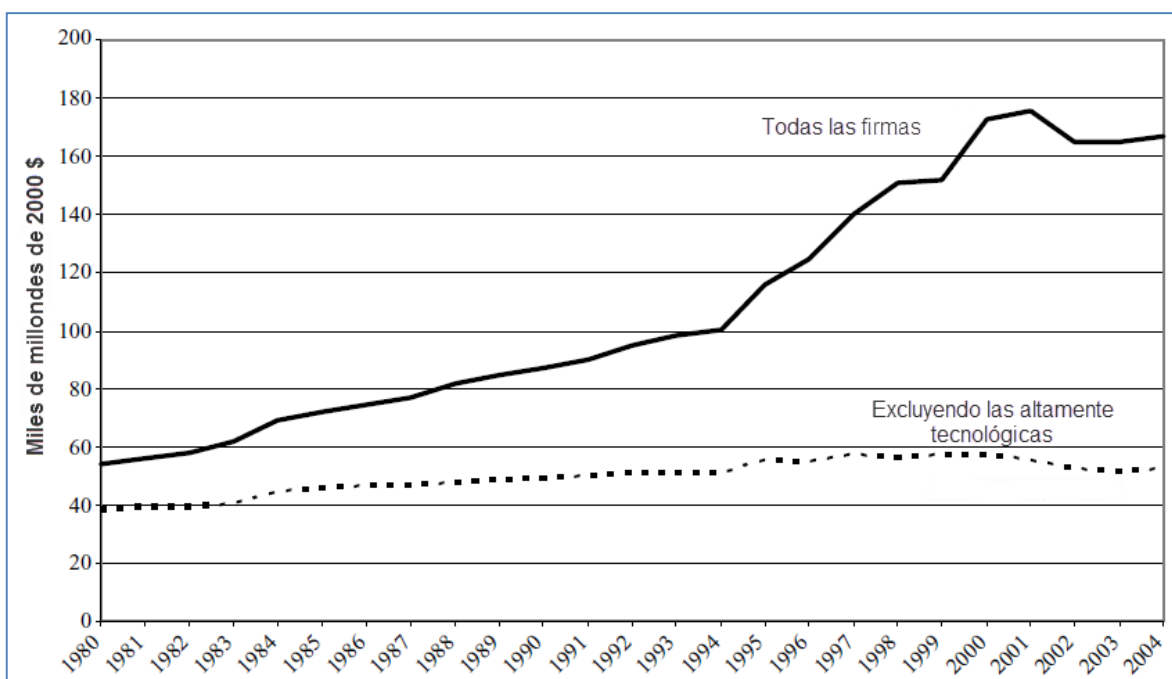
Consistentemente con este resultado, Demirag (1998) encontró en su encuesta a 226 compañías en el Reino Unido que el 41% identificaron bajos ingresos como un factor determinante para decidir los recursos disponibles para I+D del periodo; sólo un 10% de los directores consideraron que la baja en las ganancias debía ser considerada como un factor independiente a la definición del presupuesto de I+D.

Especialmente cuando hay alguna recesión económica las compañías tienden a recortar su inversión en I+D. Los presupuestos de este rubro se vuelven naturalmente fáciles de recortar.¹⁴ Sin embargo, hacerlo de forma incorrecta o puramente con una visión de corto plazo pone en peligro el futuro de la empresa.

¹³ Beatriz Garcia Osma and Steven Young, "R&D Expenditure and Earnings Targets," in *European Accounting Review*, vol. 18, núm. 1, may de 2009, 7–32.

¹⁴ Christie W. Barrett *et al.*, "Upgrading R&D in a downturn," in *McKinsey Quarterly*, , núm. 2, june de 2009, 92–94.

El esquema 1 muestra la inversión en miles de millones de dólares (línea continua) para todas las empresas incluidas en Compustat (Compustat es una base de datos financieros, estadísticos y de mercado alrededor del mundo) desde 1980 hasta 2004. La línea punteada es el nivel de I+D para las mismas excluyendo las siete que son altamente tecnológicas.¹⁵ Como puede observarse, la inversión en las compañías altamente tecnológicas ha crecido notablemente.



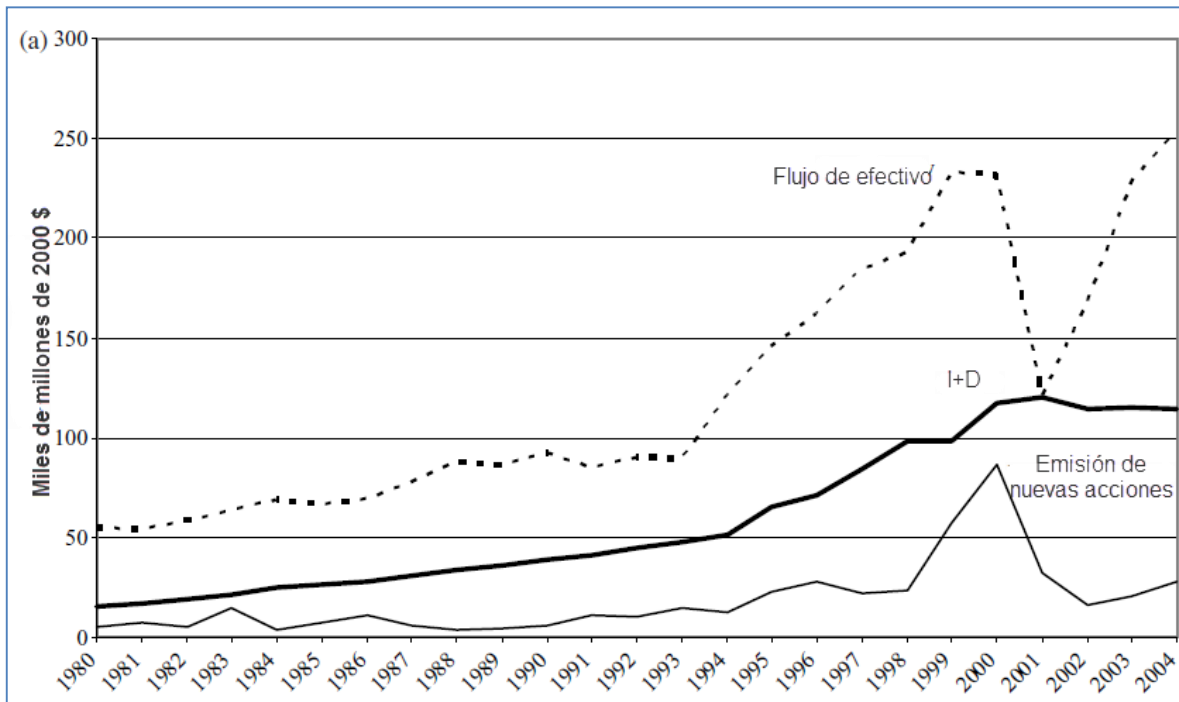
Esquema 1. Inversión en I+D¹⁶

Los esquemas 2 al 4 presentan la información financiera de siete empresas públicas altamente tecnológicas. El esquema 2 muestra la inversión en I+D de todas las

¹⁵ James R. Brown *et al.*, "Financing Innovation and Growth: Cash Flow, External Equity, and the 1990s R&D Boom," in *Journal of Finance*, vol. 64, núm. 1, febrero de 2009, 151–185.

¹⁶ *Ibid.*

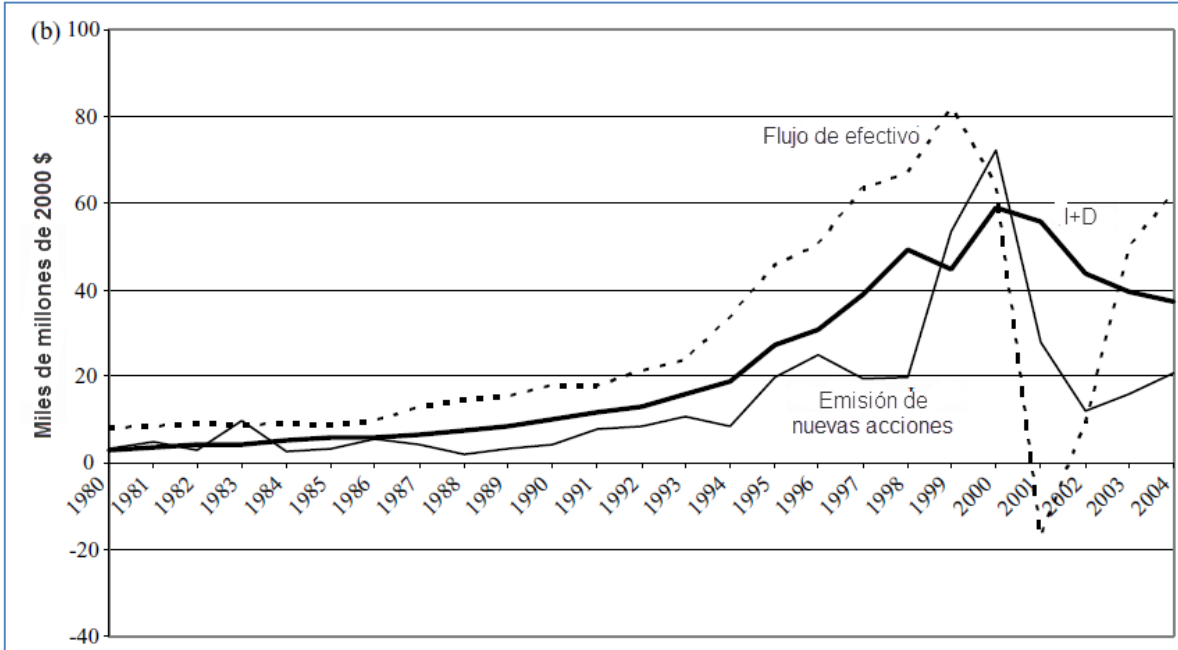
empresas, mientras el esquema 3 y 4 muestran datos por separado de empresas jóvenes (quince años o menos cotizando en bolsa) así como maduras (quince años o más cotizando en bolsa) respectivamente.¹⁷



Esquema 2 Gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas.¹⁸

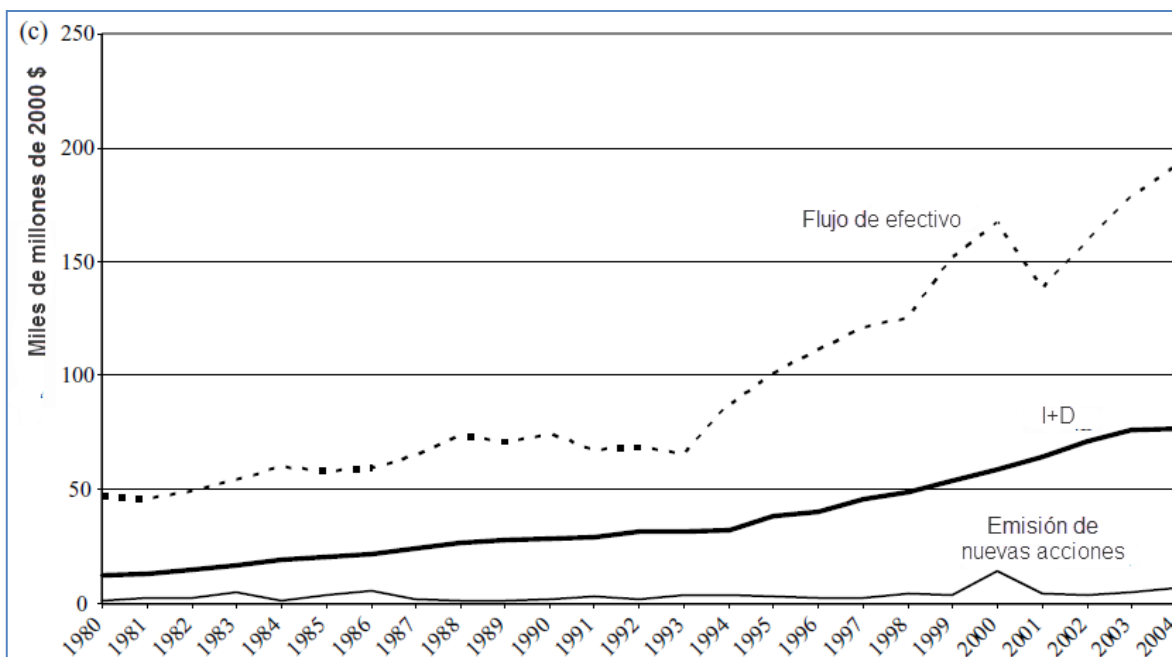
¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*



Esquema 3 Segregación del esquema 2 para mostrar solamente el gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas que son nuevas.¹⁹

¹⁹ *Ibid.*



Esquema 4 Segregación del esquema 2 para mostrar solamente el gasto en I+D de empresas altamente tecnológicas maduras.²⁰

Para un tema así de determinante se ve claramente la necesidad de manejar métricos que permitan no sólo evaluar la efectividad del desarrollo, sino también que permitan definir la mejor manera de asignar los recursos con los que cuenta la empresa a fin de obtener los mejores resultados y satisfacer a los clientes; sin embargo, investigando más a detalle en este campo resulta sorprendente ver que los métricos están muy poco desarrollados y tampoco hay algo estandarizado que manejen todas las empresas del mismo ramo.

²⁰ *Ibid.*

Las empresas americanas y alemanas, son un buen ejemplo de esto que se menciona. La mayoría de los métricos que se usan son limitados, para un análisis posterior a los resultados y realmente no están enfocados al futuro. En el análisis llevado a cabo en 1997 por Werner y Souder²¹ se puede ver esto en forma muy tangible. En Estados Unidos hay un gran enfoque hacia medir tiempo, costo y desempeño contra las metas del proyecto de I+D en forma continua, aunque la variedad de los métricos usados es grande y la forma de obtenerlos no está estandarizada aún dentro de la misma industria. Mientras tanto y contrariamente a lo que se podría pensar, las empresas alemanas en muchos casos ni siquiera tienen un métrico claro definido, aunque las que lo tienen más bien se inclinan a medir gasto de investigación por persona anual, inversiones en I+D anuales y la razón de investigadores contra empleados totales de la empresa. En cualquier caso, este estudio concluye que la elección del métrico de I+D apropiado no puede dejarse al azar, sino más bien, es un métrico que debe ser hecho a medida de las empresas y que sea consistente con la filosofía básica de lo que la firma y su respectiva cultura organizacional busquen.

Analizando el tema desde el punto de vista de una localidad de I+D, el manejo de un modelo de competitividad resulta básico para poder tomar decisiones

Ibid.

²¹ B. M. Werner and W. E. Souder, "Measuring R&D Performance - U.S. and German Practices: Quantitative output metrics that critically assess the value of R&D for every dollar spent are favored in the U.S., whereas German managers prefer input metrics that simply measure the intrinsic worth of R&D," in *RESEARCH TECHNOLOGY MANAGEMENT*, vol. 40, núm. 3, 1997, 28–32.

estratégicas sobre la inversión en recursos que le permitan mantenerse atractiva dentro del mercado.

Como ya se mencionó, una operación efectiva de la I+D es una fuente mayor de ventaja competitiva en la economía actual altamente globalizada, pero el medir la efectividad de la I+D sigue siendo un arte dudoso. Esto puede deberse en parte a lo relativamente reciente de este campo y a la falta de métodos bien definidos y probados, pues el tema no tuvo tanta atención hasta las décadas más recientes donde después de la recesión mundial de 1970 se tuvieron que imponer límites a al gasto en este rubro.

Teniendo en cuenta lo hasta ahora mencionado, un métrico para evaluar la efectividad de la I+D va más allá de ser un análisis del pasado y decir si las cosas se hicieron bien o mal, también puede ser enfocado hacia el futuro y servir como guía para asegurar que las decisiones estratégicas que tome la empresa la lleven a estar en el punto deseado.

El problema es que para tomar cualquier decisión siempre se tiende a buscar un dato duro, algún número sobre el cual enfocarse y en base a él tomar las decisiones estratégicas. Cuando este número es la cuota en valor monetario por hora de ingeniería, la organización tiende a pensar que lo tiene todo resuelto y por lo tanto puede usar dicho métrico para toda una variedad de funciones, desde valuar el costo total del esfuerzo en I+D para cada proyecto, hasta decidir qué localidades de desarrollo deben crecer recibiendo la responsabilidad de los desarrollos de productos nuevos y cuáles deben detener su crecimiento o incluso cerrarse.

Si el único factor a considerar al evaluar una localidad de I+D fuera el costo, sería fácil concluir, yéndonos al extremo, que si toda la I+D de Alemania se cierra y es transferida a China, el retorno de la inversión de semejante proyecto daría un porcentaje gigantesco. Sin embargo, dicho proyecto no se hace ni se piensa hacer por una razón muy sencilla: los costos no son el único factor.

Entonces, ¿qué es lo que influye para definir que esta propuesta no es realizable?: los factores con los que cuenta el centro de desarrollo en Alemania y de los cuales carece el de China. Algunos de estos factores serían: la experiencia de los ingenieros alemanes, la complejidad de desarrollos que pueden llevar a cabo, la responsabilidad que tienen sobre la integración total del desarrollo, la infraestructura de equipo de laboratorio y pruebas así como su manejo, capacitación, estabilidad y compromiso de los ingenieros hacia con dla empresa, proximidad con el cliente, entre otros.

Si todos estos factores juegan un papel tan importante en la decisión de mantener un centro de desarrollo varias veces más caro, entonces es justo pensar que es posible modelar un métrico que pondere los factores más críticos para la toma de la decisión final y que finalmente sirva como un modelo de evaluación de competitividad.

En 1982 Alfred H. Schainblatt describe en su artículo *“How Companies Measure the Productivity of Engineers and Scientists”* cómo averiguó en 34 empresas de I+D y encontró que sólo un 20% de los gerentes a cargo del área monitoreaban de alguna forma la productividad de su equipo; 20 de las 34 empresas

no hacían ningún tipo de medición. De acuerdo a lo que le comentaron, “las mediciones en el área hacían más daño que beneficio”. Los ingenieros y científicos cuestionaron la significancia de los métricos posibles, pues básicamente se enfocaban a “contar cosas”. Técnicos y profesionistas mostraron de igual forma su inconformidad a ser medidos de esta manera. El autor enlista una serie de métricos a los que coloquialmente se refiere como de tipo “*bean-counters*” - es decir, contabilización sin sentido - entre los cuales se incluyen publicaciones, patentes, horas por entregable cuantificado, etc.

El control de los gastos de I+D a través de indicadores contables regulares – ganancias contra ventas, retorno de inversión, flujo de efectivo, valor presente, y otros – es lo que se sugiere comúnmente. Sin embargo cuando estos indicadores son probados en productos sobresalientes de investigación y desarrollo (como antibióticos, fusión de uranio, diamantes sintéticos, polietileno, nylon, y transistores) los resultados sólo crearon confusión. Por ejemplo: ¿Cuánto de las ganancias actuales de estos productos comerciales debe ser acreditado hoy a las operaciones de investigación, que lo hicieron posible hace diez, quince, 20 o más años atrás? (La respuesta puede ser algo entre 0% y 100% dependiendo de la inclinación de los gerentes).²²

²² Leslie G. Cook, “How to Make R & D More Productive,” in *Harvard Business Review*, vol. 44, núm. 4, august de 1966, 145–153 p. 1.

En la tabla 3 se pueden observar diferentes opciones de métricos de actividades tanto internas como externas. De igual forma hay mediciones que pueden aplicarse para evaluar gente, procesos y resultados. Todas estas son opciones que pueden utilizarse en las empresas de investigación y desarrollo.

Tabla 3. Los métricos de actividad resaltan quién es afectado por las actividades internas y externas de investigación y desarrollo.²³

	Gente	Proceso	Salida
Rastreo de desempeño Cierre de proceso internos	Ofertas de trabajo aceptadas	Tiempo de ciclo	Retorno de la inversión
	Planes de capacitación completados	Tiempo para punto de equilibrio	Valor de las ideas
	# grados académicos después de la contratación	% Correctos a la primera	Valor presente neto
	Presentaciones internas, reportes	% tiempo en planeación	Ingresos por licencias
	<i>Invention disclosures</i>		Gastos por quejas
			% retrabajos
			Patentes en uso/aceptadas
Productividad interna Mejora de procesos	Progreso de carrera	Medición de status	Evitar costos
	Experiencia laboral	Cumplimiento de mejores prácticas	% ventas de nuevos productos

²³ Paul Germeraad, "MEASURING R&D IN 2003," in *Research Technology Management*, vol. 46, núm. 6, december de 2003, 47 p. 5.

Procesos internos	Asesoría Trabajo en equipo Diversidad de fuerza laboral Tiempo con los clientes Capacidad profesional Liderazgo Compromiso Tasa de rotación	Tiempo con los clientes # ciclos de aprendizaje	Horas facturables
Evaluación de la competencia Cierre de procesos externos	Eficiencia de contratación Distribución de experiencia Gastos de I+D / persona # patentes Publicaciones Presentaciones externas Premios externos	Tiempo de ciclo Gastos de I+D / persona Tiempo en planeación	Productos (calidad, confiabilidad, desempeño, % ventas nuevas) Productos (capacidad técnica) Propiedad intelectual Capacidad analítica
	Clientes internos	Clientes externos	Sociedad
Rastreo de desempeño Cierre de proceso internos	Gasto en I+D Retorno de la inversión Proporción del mercado Completar a tiempo	Precio Adecuación a especificaciones Entrega a tiempo Servicio	Incidentes Seguridad industrial Longevidad Salud

	Adecuación a especificaciones	Disponibilidad	Calidad de vida
	Satisfacción del cliente	Confiabilidad	
	Valor de I+D/gastos	Negocios recurrentes	
Productividad interna	Apego al plan	Satisfacción del cliente	Descargas tóxicas
Mejora de procesos		Personas técnicas interactuando con clientes	
Procesos internos	Evaluación de portafolio	Servicio técnico a tiempo	
	Tiempo en I+D		
		Ventaja competitiva alcanzada con los clientes	Toxicidad del producto
Evaluación de la competencia	Gasto en I+D/Ventas	Proveedor preferente	Mejora social
Cierre de procesos externos	Calidad del producto		
	Proporción del mercado		
	Rentabilidad		
	Costo / Unidad		
	Ciclo de vida del producto		

Los gerentes de I+D se encuentran consecuentemente ante un dilema, pues como menciona la investigación de Cook (1966), la experiencia ha mostrado que la competitividad genuina no puede ser medida o controlada a través del uso de indicadores tradicionales de negocio, el problema tiene que ser atacado de otras maneras. Consecuentemente, la gente del respaldo financiero así como los investigadores buscan ellos mismos que los gerentes de I+D tomen este problema

como su responsabilidad primaria.²⁴ Sin embargo, la mayoría de los gerentes de I+D vienen de dos categorías, ninguna de las cuales hace este trabajo, por razones muy distintas:

Los gerentes de mediano rango usualmente carecen de una visión profunda, y en la naturaleza de las cosas son polarizados por su gran compromiso hacia los programas en los que tienen sus intereses primarios.

Por el otro lado los gerentes de alto rango podrían tener la visión necesaria y reconocer su responsabilidad, pero en el curso normal de los eventos simplemente no tienen tiempo para hacer el trabajo técnico necesario a profundidad.

Más allá de esto, los gerentes de I+D tienen otras responsabilidades que los presionan que son igual de importantes y ciertamente más inmediatas. Las responsabilidades de las finanzas, contrataciones, y el manejo de las relaciones públicas, corporativas y personales, hacen que sea imposible para los gerentes de investigación aplicarse en los problemas de apreciación de los programas con la importancia y dedicación que se requiere. Como resultado, la mayoría de los directores de I+D exploran dos alternativas para pasar la responsabilidad:

La primera alternativa es tratar de pasar la responsabilidad a los científicos que trabajan en la investigación sugiriendo que ellos están en una posición de conocer mejor las necesidades de su programa. La experiencia sugiere que ésta no es una

²⁴ Leslie G. Cook, *op. cit.*, 145–153.

solución adecuada. Las tecnologías se han ramificado tanto, se han hecho tan complejas y demandantes por un lado y por otro la investigación se ha hecho tan intrincada y demandante que no es posible que ningún científico pueda ser maestro en las dos áreas. Más allá, así como para un soldado es complicado ver en la batalla sus esfuerzos en términos de una estrategia más amplia, así es de difícil para un investigador involucrado profundamente en su trabajo diario, obtener sin asistencia exterior una imagen realista de su trabajo en una perspectiva más amplia.

La segunda alternativa de los directores de I+D es tratar de pasar la responsabilidad al responsable financiero, sugiriendo que él debería decidir qué es lo que quiere, de tal manera que los programas lo puedan soportar. Esta es raramente una solución adecuada, ya que es en efecto una abdicación del liderazgo técnico precisándole a la organización que es responsable de proveerlo.²⁵

El punto focal del problema, tal como ha sido definido por más de 30 años, es la gran dificultad en la medición de investigación y desarrollo de salida. Los gerentes de investigación y desarrollo han percibido correctamente que las medidas cuantitativas se centran no en la calidad de la I+D y su contribución a los negocios de la compañía, si no en partidas contables, tales como patentes o citas en revistas técnicas.

²⁵ *Ibid.* p. 2.

En consecuencia, a pesar de que los gerentes de I+D han querido medir la eficacia de la I+D, no han tenido un método aceptable para hacerlo. Dado este dilema, Lowell W. Steele en 1988 comenta que "probablemente ningún aspecto de la gestión de la tecnología provoca más incomodidad que la evaluación de la eficacia de los componentes técnicos", con lo cual ha descrito con precisión la situación de los gerentes de investigación y desarrollo por más de 30 años.²⁶

En Mayo de 2007, Richard Antcliff desafió a los miembros del IRI – por sus siglas en inglés *Industrial Research Institute* – con una presentación en la que afirma que tres grandes “tsunamis” están a punto de impactar a los gerentes de I+D, demandando respuestas urgentes: cambios tecnológicos exponenciales, cambios demográficos, y el fenómeno de cambio climático.²⁷

Tomado en cuenta lo que se ha descrito hasta ahora, es claro que la I+D es un proceso clave y altamente globalizado, especialmente en las grandes empresas transnacionales. Para una actividad tan importante, se ha descrito el panorama de métricos de evaluación y toma de decisiones general, constatando el hecho de que los actualmente en uso son débiles y que la posibilidad de un métrico integrado que pondere varios factores no sólo es posible, sino aconsejable, pues un métrico así

²⁶ Robert Szakonyi, “Measuring R&D effectiveness--I,” in *Research Technology Management*, vol. 37, núm. 2, march de 1994, 27 p. 1.

²⁷ MariannBean Jelinek, “21st-Century R&D,” in *Research Technology Management*, vol. 55, núm. 1, february de 2012, 16.

permitiría no sólo evaluar el desempeño actual, sino sugerir posibilidades de mejora para el futuro.

El objetivo de esta tesis será sustentar esta hipótesis básica desde el punto de vista de una localidad de I+D de una empresa transnacional en el ramo de la electrónica. El resultado final esperado es una propuesta de métrico integrador que permita a la localidad mencionada compararse en forma objetiva contra las otras localidades de bajo costo dentro de la empresa para identificar sus puntos de ventaja y oportunidades de mejora y que al mismo tiempo sirva como guía para alinear su planeación estratégica de los siguientes cinco años.

El primer paso para proceder con este proceso será trabajar con los factores y elementos que influyen para la medición de la efectividad de la I+D.²⁸

Un elemento clave de entrada es el capital humano, el cual es el recurso más importante con que cuenta un centro de I+D, el cual se ve reflejado también en la estructura de costos, donde representa un porcentaje mayoritario de la cuota por hora final.

De acuerdo a mi observación y experiencia personal, existen dos factores básicos que afectan el costo de personal:

- El aumento en antigüedad y experiencia del personal actual.

²⁸ Teresa García-Valderrama and Eva Mulero-Mendigorry, "Content validation of a measure of R&D effectiveness," in *R&D Management*, vol. 35, núm. 3, June de 2005, 311–331 p. 6.

- El cambio en la mezcla de experiencias mediante la contratación de nuevos empleados con un nivel de experiencia mayor y por lo tanto remuneración mayor al del promedio actual.

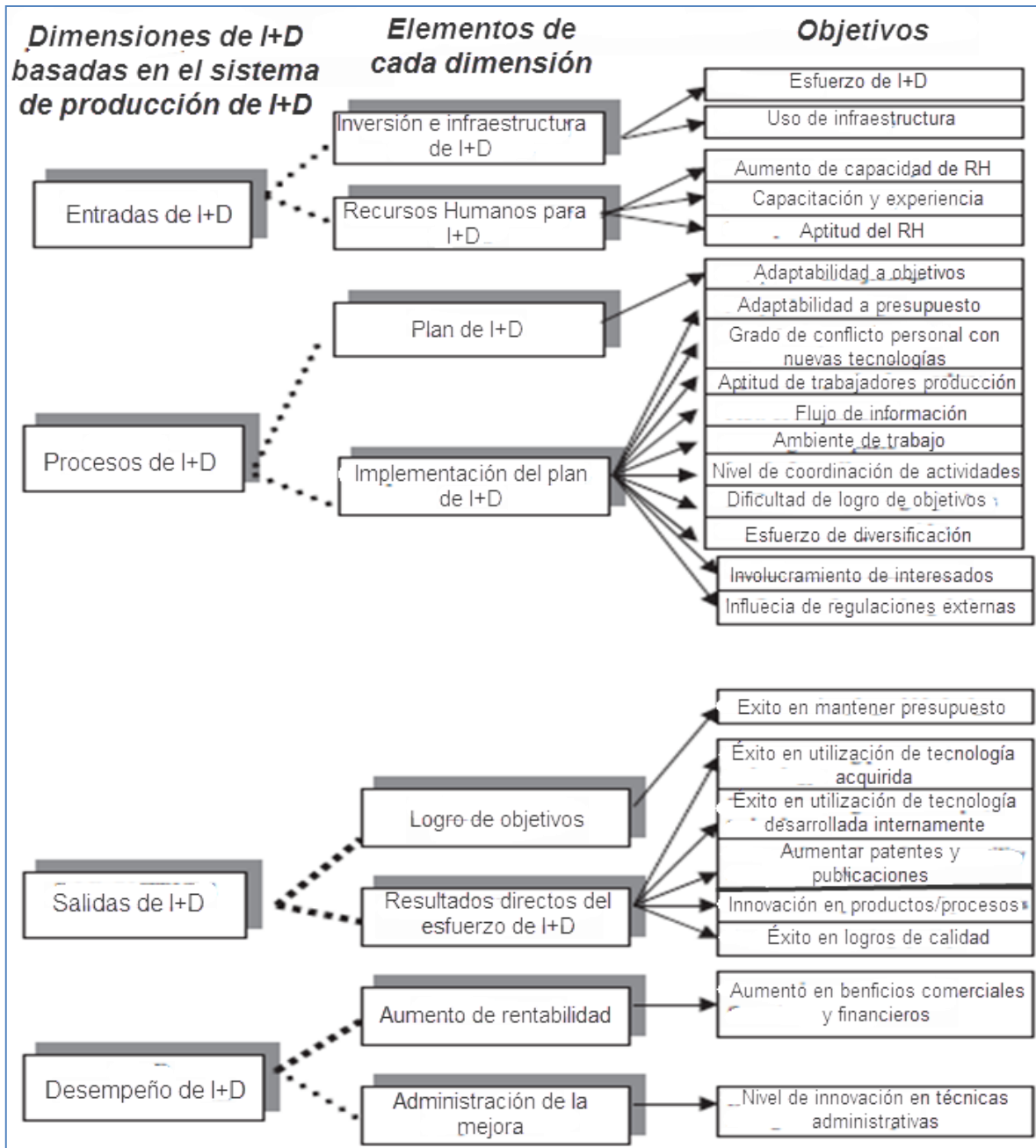
Con respecto al primer punto, conforme vaya pasando el tiempo, el personal aumenta su experiencia y el tiempo dentro de la empresa, lo cual lleva de la mano el ir aumentando los sueldos. Eventualmente se llegará a un punto donde si las contrataciones de personal con menor experiencia no aumentan lo suficiente, el costo promedio por persona se verá significativamente aumentado. Este aumento en la antigüedad dentro de la empresa tiene el efecto positivo de mayor conocimiento y experiencia junto con el consabido aumento en los costos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que un aumento en antigüedad no necesariamente significa una mayor capacidad y conocimiento, éste debe ser el producto adicionalmente de capacitación y la posibilidad de desarrollar trabajo de mayor complejidad²⁹.

En cuanto al segundo factor, siempre existe la opción de llenar las nuevas vacantes con ingenieros más experimentados y elevar las capacidades técnicas del centro de desarrollo a través de estas nuevas contrataciones. Sin embargo, debe existir en la organización trabajo apropiado para sus capacidades, de lo contrario estaríamos desperdiciando recursos con la implícita desmotivación de los mismos.

²⁹ Francesco Daveri and Mika Maliranta, "Age, seniority and labour costs: lessons from the Finnish IT revolution," in *Economic Policy*, vol. 22, núm. 49, January de 2007, 117–175 p. 1.

Ya sea por efecto de antigüedad o por cambio en la mezcla de experiencia, la cuota por hora se verá directamente afectada y en este punto es donde un métrico integral es de especial interés para las localidades de desarrollo, pues este contestaría una de las grandes interrogantes que hasta ahora han venido manejando a ciegas: ¿hasta qué punto es conveniente incrementar el nivel de experiencia y los sueldos de los empleados para seguir manteniendo un nivel competitivo dentro de la empresa?

Si como localidad de I+D nos interesa incrementar el nivel de complejidad que manejamos, ¿hasta dónde podrían aumentar los costos de forma que nuestro servicio siga siendo valorado como conveniente y competitivo dentro de la empresa?



Esquema 5. Dimensiones y elementos para la medición de la efectividad de la

I+D.³⁰

³⁰ Teresa García-Valderrama and Eva Mulero-Mendigorry, *op. cit.*, 311–331 p 7.

Cualquier empresa que busque garantizar su permanencia debe planear estratégicamente asegurando cumplir las crecientes expectativas de sus clientes al tiempo que se mantiene competitiva. Como menciona el Manual de Bogotá, la evaluación y seguimiento de la I+D es más que sólo una base fundamental para el diseño y evaluación de las políticas en este rubro. A la vez, este seguimiento puede ser de gran utilidad para la definición de estrategias por parte de las empresas privadas, que en número creciente se interesan por disponer de elementos de juicio y de parámetros con respecto a los cuales compararse, respecto de su conducta tecnológica. Esto está en relación con la difusión y aceptación cada vez mayor, en el ámbito empresarial, de que la innovación tecnológica es la llave maestra para el éxito de las firmas industriales³¹.

El Hoshin es una metodología de planeación sistemática para definir objetivos clave a largo plazo. Estos objetivos se definen en un horizonte de cinco años pero siempre sin perder de vista el presente.

El proceso de Hoshin fue utilizado por primera vez en Hewlett-Packard en 1976 en la sucursal de Japón con las premisas básicas de que la mejor forma de obtener el resultado deseado es asegurar que todos en la organización entiendan

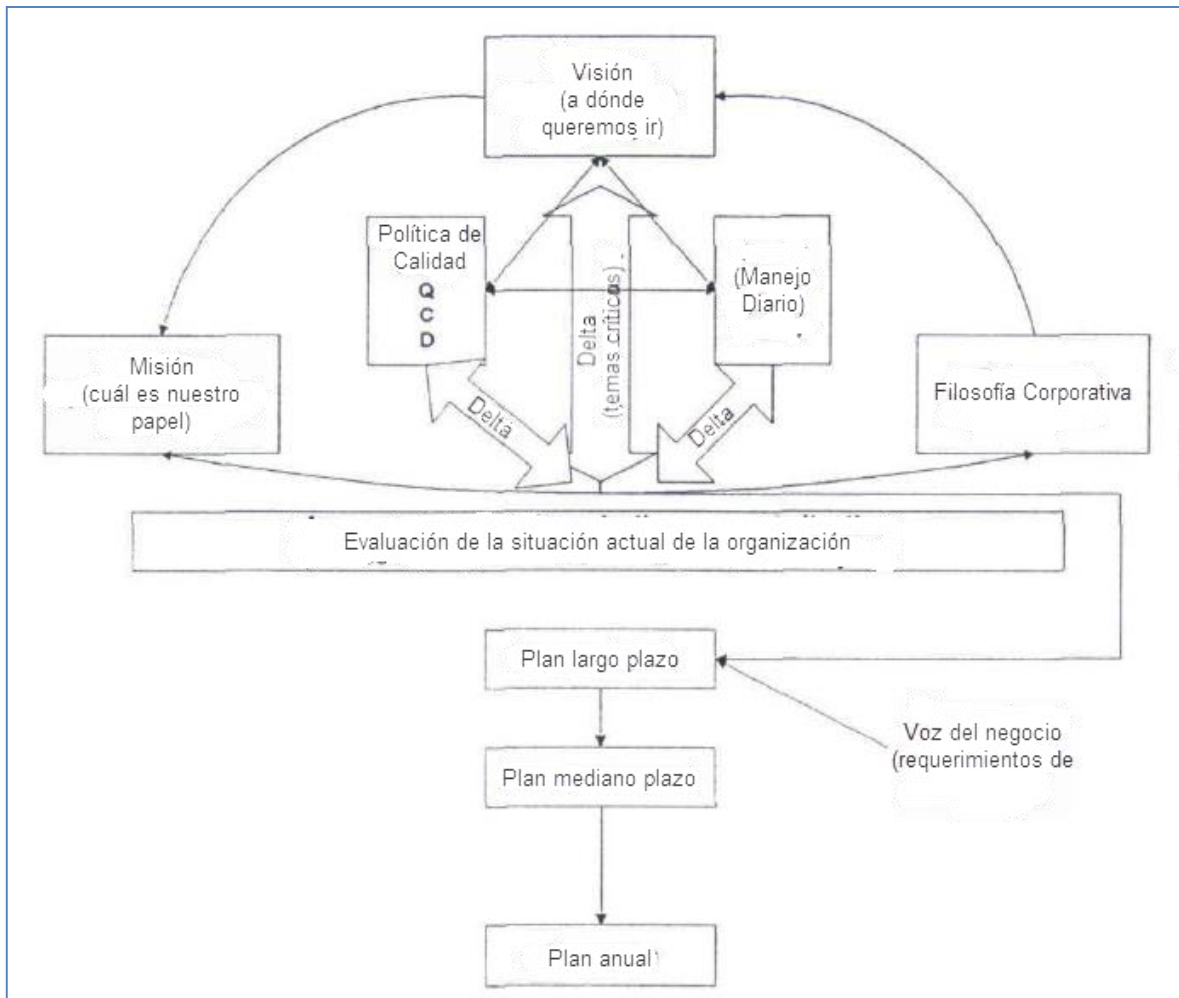
³¹ Hernán Jarmillo *et al.*, *op. cit.*

los objetivos a largo plazo y que hay que monitorear continuamente los avances para garantizar el resultado.³²

Sin embargo, para que el Hoshin resulte efectivo es indispensable hacer un análisis efectivo tanto del punto de partida como del resultado estratégico que se desea obtener.

En el esquema 6 se muestra de forma gráfica cómo funciona el Hoshin. La base es ubicar el estado actual, y a dónde se busca llegar para luego identificar la brecha entre ambos y poder trabajar en forma continua para cerrar dicha brecha.

³² David A. Kenyon, "The Hoshin Process--Linking Strategy, Process, and People," in *Employment Relations Today (Wiley)*, vol. 25, núm. 2, summer98 de 1998, 2.



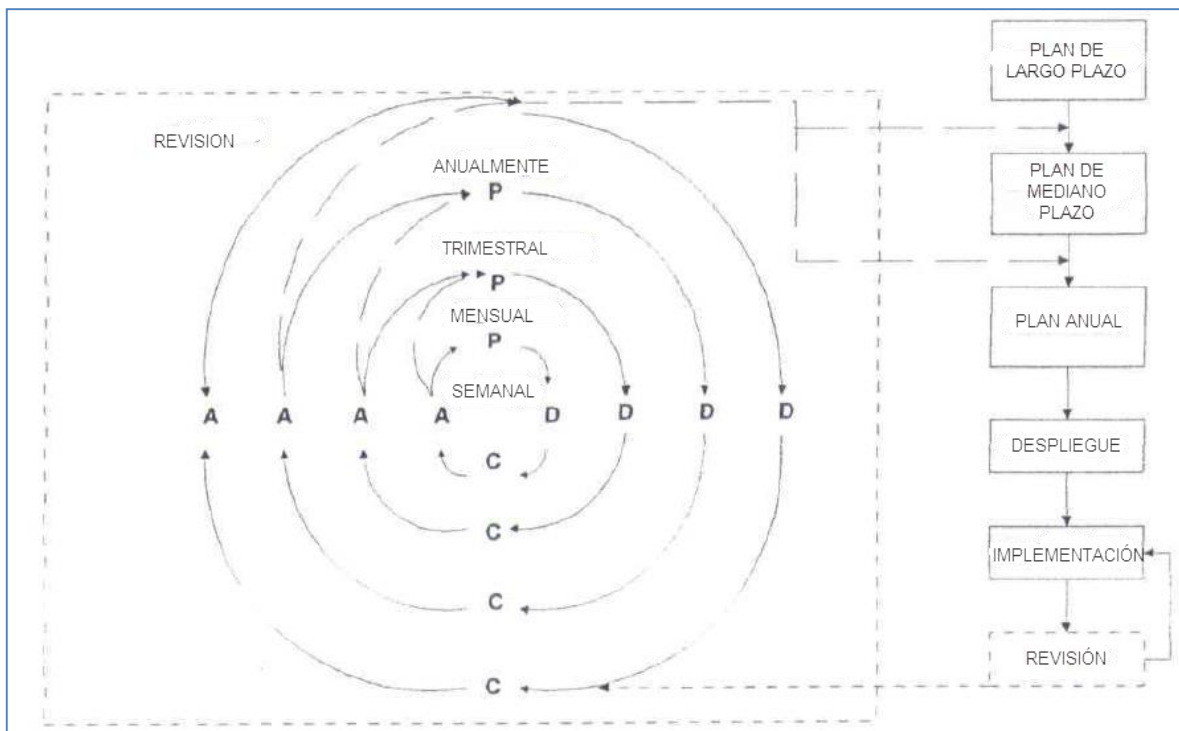
Esquema 6. La formulación de la estrategia³³

³³ B.j. Witcher and Rosie Butterworth, "Hoshin kanri: A preliminary overview," in *Total Quality Management*, vol. 8, núm. 2/3, junio de 1997, 325–329.

La aplicación concreta que busca esta tesis es desarrollar un modelo de competitividad que sea aplicable para una localidad de I+D en México para una empresa en el ramo de la electrónica automotriz.

La elaboración de un modelo de competitividad le permitiría a dicha localidad de I+D desarrollar su Hoshin, evaluando de forma precisa en qué punto se encuentra, a dónde busca llegar y le daría la herramienta para continuar el proceso de mejora continua para asegurar que los objetivos a cinco años se cumplan.

El esquema 7 muestra cómo el círculo de mejora continua y el Hoshin se relacionan, permitiendo mantener el enfoque en la meta a largo plazo.



Esquema 7. El círculo de mejora continua dentro del Hoshin.³⁴

El tema de tener un indicador o una guía para decidir la mejor manera de invertir en la I+D resulta particularmente importante en aquellas firmas con aversión al riesgo.

Según estudios³⁵, las empresas familiares son propensas a caer en la obsolescencia como consecuencia de este temor, sin embargo podemos ampliarlo también a aquellas empresas que por el ramo en el que se manejan, sus porcentajes de ganancias sobre ventas son muy bajos. En esta tesis la aplicación propuesta de la investigación será en el ramo de la electrónica automotriz. Esta industria coincide en su precaución en las inversiones con lo que se esperaría de una empresa familiar. Es por ello que la planeación mediante Hoshin y el monitoreo continuo resultan tan importantes. Evaluar incorrectamente los puntos clave que implican un aumento en la competitividad significa un gran riesgo a mediano plazo.

La aversión al riesgo miope fue un término originalmente desarrollado para explicar la equivalencia en el rompecabezas de porqué los inversionistas se mantienen con los bonos cuando las acciones en el mercado proveen sustancialmente mayor ganancia (Benartzi & Thaler, 1995). Podemos hablar de que este término igualmente aplica en el caso de la I+D pues éstas son inherentemente riesgosas.

³⁴ *Ibid.*

³⁵ James J. Chrisman and Pankaj C. Patel, "Variations in R&d Investments of Family and Nonfamily Firms: Behavioral Agency and Myopic Loss Aversion Perspectives," in *Academy of Management Journal*, vol. 55, núm. 4, agosto de 2012, 976–997.

Tener un modelo de competitividad permite a la empresa tener un *R&D Footprint* que resulte en toma de decisiones inteligentes y bien planeadas. Muchas compañías utilizan servicios externos de I+D en países de alto costo subcontratando así desde paquetes de trabajo hasta desarrollos clave. Para la localidad que buscamos ejemplificar en esta investigación, el demostrar de forma clara y tangible sus competencia significa el poder atraer esa inversión externa de países de alto costo y convertirla en capital interno de trabajo.

Evidencia empírica muestra que la subcontratación de I+D es derivado de la falta de experiencia técnica interna, seguido de la reducción en el tiempo de desarrollo antes del lanzamiento al mercado. Reducir los costos de desarrollo y los riesgos no tiene un impacto tan fuerte en la decisión.³⁶

La potencial desventaja de esta subcontratación de servicios es que puede inducir la dependencia en tecnología externa, aumentar los costos y debilitar la integración entre producción y desarrollo. Otra preocupación es el posible deterioro de la capacidad de innovación así como la pérdida de ventaja competitiva. El riesgo es alto, ya que terceros están al tanto de lo que la firma producirá en el futuro y pueden incluso llegar a manejar el conocimiento y habilidad para copiarlo.

En un ambiente cada vez más globalizado y con competencia mundial, ya no se puede comparar en base a costos ni se puede decidir sólo en base a métricos

³⁶ Peter Teirlinck *et al.*, "Corporate decision-making in R&D outsourcing and the impact on internal R&D employment intensity," in *Industrial & Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, diciembre de 2010, 4.

financieros. Los recursos son limitados y especialmente para aquellas compañías cuyos márgenes de ganancia son naturalmente bajos, la aversión al riesgo puede llevar a decisiones miopes que afecten la permanencia a futuro. Un modelo de competitividad que permita una evaluación integral de los puntos clave resulta brújula para una localidad de I+D pues le permitiría administrar de forma óptima los recursos que tiene, desarrollar las áreas estratégicas y asignar prioridades con el objetivo de mantener un crecimiento sustentable y ofrecer soluciones técnicas que permitan por ejemplo la relocalización de servicios externos de alto costo a contrataciones internas de bajo costo.

CAPÍTULO II

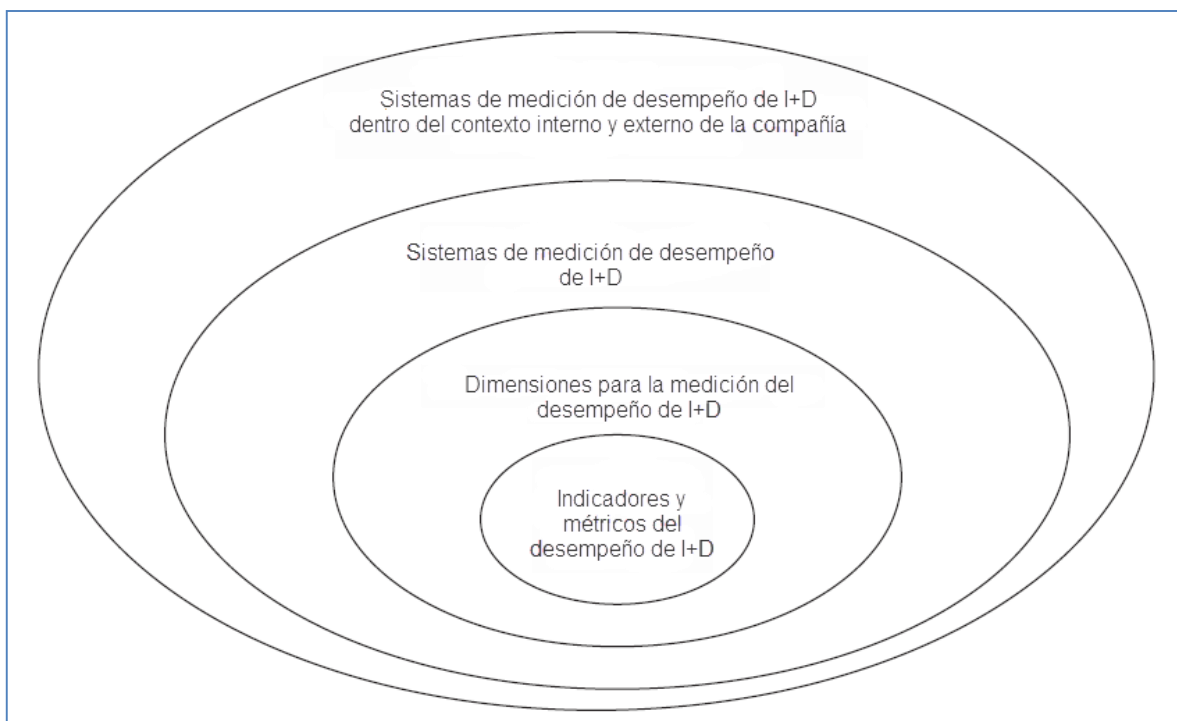
REFERENCIAS DOCUMENTALES DE MÉTRICOS DE COMPETITIVIDAD

2.1 Estado del arte

Desde 1965, la División de Estadísticas de la UNESCO ha organizado de forma sistemática la recolección, análisis, publicación y normalización de los datos sobre ciencia y tecnología, y, más específicamente, sobre I+D. Los primeros cuestionarios experimentales se difundieron a los estados miembros en 1966, y las encuestas periódicas normalizadas se establecieron en 1969. Las informaciones recogidas gracias a las encuestas estadísticas realizadas a escala mundial desde 1970 sobre los recursos humanos cualificados en Ciencia y Tecnología, así como sobre el personal y los gastos de I+D, han permitido elaborar una base de datos que abarca, actualmente, un centenar de países y territorios. Estos datos han sido publicados regularmente en el Anuario Estadístico de la UNESCO (UNESCO, anual hasta 1999), y han servido, igualmente, para establecer informes y análisis especiales, como el Informe Mundial de la Ciencia.³⁷ El Manual Frascati es el resultado de este esfuerzo, sin embargo, se limita a definir el marco teórico de qué es I+D y qué debe considerarse como gastos y personal de I+D sin ofrecer métricos comparativos ni estándares de medición.

La literatura disponible sobre métricos y modelos de evaluación de la I+D se encuentran enfocados en diferentes niveles, como se puede apreciar en el esquema 8.

³⁷ [CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.].



Esquema 8. Taxonomía de las corrientes de medición de desempeño de la I+D.³⁸

En el primer nivel, la investigación se ha enfocado básicamente en la elección de indicadores o métricos que son más adecuados a las características de la I+D. Brown y Svenson (1998) encontraron que métricos efectivos para la I+D están contruidos alrededor de un número limitado de indicadores que miden resultados más que comportamiento, y privilegia los métricos objetivos y externos sobre los subjetivos e internos. Nixon (1998) adelanta que los indicadores de desempeño deben tener una orientación estratégica que refleje los factores de éxito claves,

³⁸ Vittorio Chiesa *et al.*, "Performance measurement in R&D: exploring the interplay between measurement objectives, dimensions of performance and contextual factors," in *R&D Management*, vol. 39, núm. 5, november de 2009, 487–519.

deben ser simples y capaces de motivar el cambio y balancear las perspectivas, tanto financieras como no financieras. Werner y Souder (1997) establecen que las medidas más efectivas de I+D son aquellas que balancean ambos tipos de métricos, cuantitativos y cualitativos, de igual manera como Pawar y Driva (1999) y Bremer y Barsky (2004) destacaron. Hauser (1998) muestra que la elección del métrico más apropiado debe basarse en el tipo de I+D que se haga, ya sea que se trate de investigación aplicada, desarrollo de plataformas o investigación. Otros académicos en esta corriente han investigado la oportunidad de usar indicadores financieros en departamentos de investigación y desarrollo y construir un indicador de productividad o eficiencia.

En el segundo nivel, la investigación es vista como parte de dimensiones de desempeño, o perspectivas, a través de las cuales la medición de la I+D deben ser llevados. Pawar y Driva (1999) adelantan que la medición del desempeño de I+D necesitan ser articulados en varias dimensiones: tiempo, costos, calidad y flexibilidad. Kim y Oh (2002) identificaron los siguientes tipos de variables de desempeño en la I+D:

- Orientación al mercado
- Orientación a proyectos
- Enfocada al investigador

Davila (2000) analiza el uso de información sobre costo, tiempo y cliente (o mercado) en la medición de un nuevo desarrollo de producto. Los académicos de esta línea han intentado aplicar el enfoque del *Balanced Scorecard (BSC)* a la I+D.

Kerssen-van Drongelen y Cook (1997), por ejemplo, muestran cómo desarrollar una medida del desempeño de I+D que al integrar las perspectivas financiera, clientes, negocio interno, innovación y aprendizaje permita implementar una estrategia competitiva. Bremser y Barsky (2004) ilustran cómo el enfoque del BSC debiera ser integrado con el sistema de etapas (Cooper, 1993) para las actividades de innovación y desarrollo.

En el tercer nivel, el enfoque se vuelve sistémico en la perspectiva de estudio del desempeño de I+D, analizando qué medidas tomar como base para el análisis. Kerssen-van Drongelen et al. (2000), por ejemplo, conciben estos métricos para I+D como medidas integrales consistentes en los siguientes elementos:

- Métricos organizados en una estructura consistente.
- Estándares para medir desempeño así como frecuencia de las mediciones.
- Formato para la información y reporte.

Similarmente, Ojanen y Vuola (2006) sugieren que un métrico de desempeño efectivo para la I+D debe ser un conjunto de medidas consistente con diferentes perspectivas, objetivos, control de objetos y medición de procesos. En otras palabras, adoptar una perspectiva sistémica significa ver el desempeño de la I+D en términos de un “sistema”, el cual debe ser hecho con una serie de elementos consistentes e integrado, es decir, métricos objetivos, dimensiones del desempeño, indicadores, control de objetivos y medición de proceso.

Finalmente una línea más enfocada a la estrategia ha sido adoptada en la perspectiva contextual, enfatizando que los métricos de desempeño para la I+D deben ser estudiados en el contexto en el cual serán utilizados, que aplica tanto interna como externamente a la compañía. En este caso la literatura básicamente recuerda que los métricos son usados en un escenario particular, con un cierto nivel de recursos disponibles y con el enfoque estratégico de una firma.

Los métodos de medición de la efectividad de I+D descritos en diferentes fuentes bibliográficas son de lo más variados y diseñados en forma tan individual y única que casi desafían un sistema de clasificación. Un acercamiento general puede ser clasificarlos en técnicas de medición micro nivel o macro nivel. Las técnicas macro nivel se enfocan en el impacto de la I+D en una sociedad como un todo. Las técnicas micro nivel se enfocan al impacto de la I+D dentro de la propia firma y su efectividad.³⁹ En esta investigación el enfoque será exclusivamente sobre técnicas de medición micro nivel.

Uno de los desafíos clave al implementar métricos de I+D es alinear éstos con los varios niveles y funciones de I+D dentro de la organización de forma que resulten significantes y apropiados para el personal. Por ejemplo, para un científico de laboratorio, tiene que estar relacionado a sus logros, mientras que para un director de empresa o gerente debiera estar más relacionado con el desempeño de

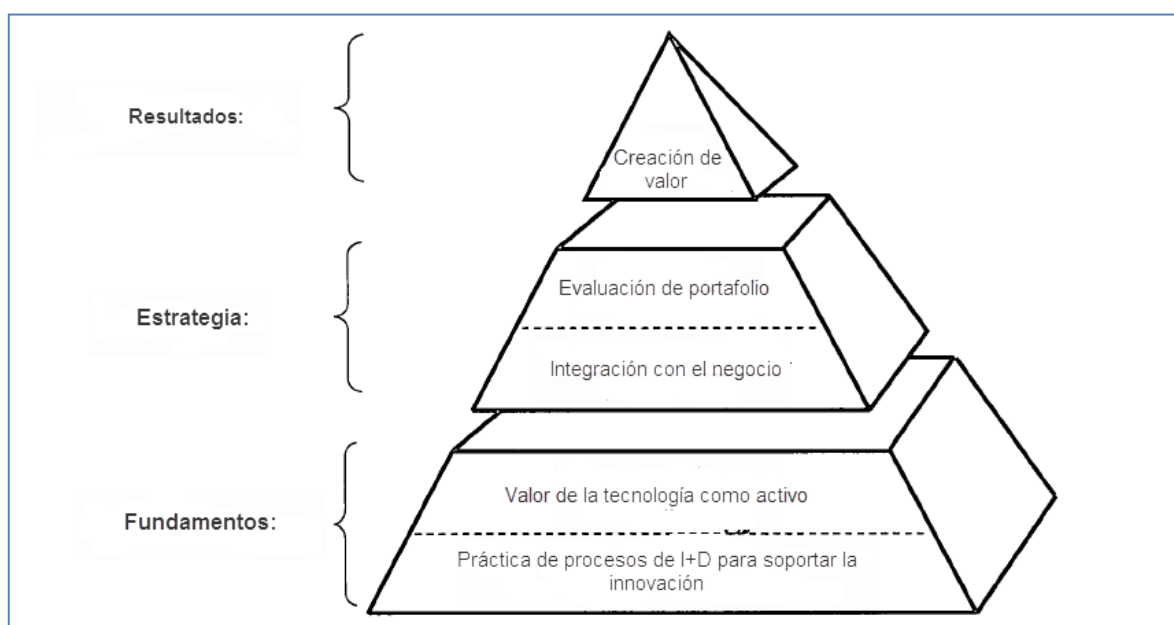
³⁹ Bjorn M.Souder Werner, "Measuring R&D performance--state of the art," in *Research Technology Management*, vol. 40, núm. 2, march de 1997, 34 p. 1.

la organización bajo su responsabilidad. Un métrico financiero de retorno sobre la inversión sólo hace sentido para un director, pero tiene poco significado directo para un ingeniero o científico. Por el contrario, el número de patentes hace sentido para un ingeniero o científico, pero no para el director de la empresa. Categorizar los métricos por sus componentes particulares y su eventual valor para la I+D permite identificar los métricos más relevantes para la organización. De esta forma tanto los ingenieros como los gerentes tienen medidas relevantes que les guíen y no solo una tasa de retorno sobre la inversión para saber si están haciendo bien las cosas.

La pirámide de valor tecnológico (PVT) mostrada en el esquema 9 toma este acercamiento a los métricos de I+D. La PVT provee una jerarquía de métricos basado en los valores fundamentales de I+D y la relaciones de dichos elementos con los resultados a corto y largo plazo.⁴⁰ Los métricos de creación de valor que investiga la PVT tienen en su cima los métricos financieros de retorno de la inversión de la I+D. Los retornos son impactados por los siguientes segmentos de la pirámide: evaluación de portafolios e integración del negocio. La evaluación del portafolio mide la distribución de la inversión en I+D en términos de riesgo, tiempo y potencial de retorno. Los métricos que miden la integración con el negocio se enfocan en la interacción de la I+D y de los grupos de negocios en términos de procesos, trabajo en equipo y organización. Los cimientos de la PVT son los activos de valor

⁴⁰ Lawrence Miller Schwartz, "Measuring the Effectiveness of R&D," in *Research Technology Management*, vol. 54, núm. 5, september de 2011, 29.

tecnológico y las prácticas de I+D. Los métricos para los activos de valor tecnológico evalúan el desarrollo de las competencias centrales que son esenciales para el crecimiento y la competitividad. Los métricos que evalúan las prácticas de I+D investigan los procedimientos, cultura y operaciones de las organizaciones de I+D y su habilidad para contribuir al mejoramiento del desarrollo tecnológico.



Esquema 9. Pirámide de valor tecnológico (PVT).⁴¹

En esta misma investigación se clasificaron 22 medidas. Por ejemplo, los métricos financieros caen dentro de la categoría de creación de valor en la cima de la pirámide, mientras que un métrico de número de reportes técnicos entra dentro de la sección de la base. Se investigaron 161 compañías miembros de la IRI y se les

⁴¹ *Ibid.*

pidió jerarquizar una lista de 33 métricos identificados de acuerdo a su importancia. A través de los años, algunas compañías han expresado un sentido de que los métricos disponibles no son completamente adecuados para sus específicas necesidades corporativas. Como resultado, algunos métricos nuevos fueron desarrollados y adicionados al diccionario de la PVT, de forma que en la actualidad incluye 50 métricos diferentes.

Quince años después de la publicación original de la PVT, la misma organización hizo de nuevo su estudio con la idea de determinar si había habido algún cambio en los métricos usados para la medición de I+D e identificar cualquier nuevo métrico usado para la evaluación de I+D que debieran ser agregados a la PVT. El resumen de este resultado se encuentra en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de resultados de encuesta en 1994 y 2009 sobre los diez métricos I+D más importantes para 161 empresas miembros de la IRI.⁴²

1994	2009	
	Para ganancias	No para ganancias
Retorno financiero del negocio	Retorno financiero del negocio	Alineación estratégica del negocio
Alineación estratégica del negocio	Alineación estratégica con el negocio	Logro de hitos de proyectos
Valuación proyectada de la I+D en progreso	Valuación proyectada de la I+D en progreso	Calidad del personal de I+D
Ventas o ganancias netas de nuevos productos	Margen de ganancia bruta	Distribución del portafolio de I+D
Logro de hitos de proyectos	Calidad y confiabilidad del producto	Claridad de las metas de proyectos
Distribución del portafolio de I+D	Ventas o ganancias netas de nuevos productos	Calidad y confiabilidad del producto
Cuota de mercado	Logro de hitos de proyectos	Calificación de los beneficios de proyectos para los clientes
Encuestas de satisfacción al cliente	Logro de objetivos de I+D en progreso	Evaluación de I+D por contrapartes
Tiempo de ciclo de desarrollo	Calidad del personal de I+D	Evaluación de capacidades técnicas por clientes

⁴² *Ibid.*

Margen de ganancia bruta	Nivel de aprobación de proyectos	Número de reportes técnicos
Calidad y confiabilidad del producto	Comparativa de costos de manufactura	

En la tabla 5 se puede ver el resultado jerarquizado de esta misma encuesta ordenado en orden de importancia los cinco métricos principales para cada uno de los niveles de la PVT.

Tabla 5. Los cinco métricos principales para cada nivel de la PVT

Métrico	Ranking
<i>Resultados</i>	
Retorno financiero	1
Ganancia bruta	2
Cuota del mercado	3
Valor proyectado de desarrollos en progreso	4
Manejo de propiedad intelectual	5
<i>Estrategia</i>	
Retorno financiero	1
Valor proyectado de desarrollos en progreso	2
Ganancia bruta	3
Inversión en I+D / Ventas	4
Alineación estratégica	5
<i>Fundamentos</i>	
Manejo de propiedad intelectual	1
Número y calidad de patentes	2
Desarrollo de personal	3
Creatividad	4
Costo contra presupuesto	5

Otro resultado de esta misma encuesta se resume en la tabla 6, donde se hace una comparativa de los diferentes métricos más utilizados dependiendo del tipo de desarrollo en el que se está trabajando.

Tabla 6. Categorización de métricos principales de la PVT según el tipo de innovación en el que se trabaja.⁴³

Juego de Innovación	Nivel de PVT		
	Creación de Valor	Estrategia	Fundamentos
Nuevo y mejorado (Individual)	Retorno Financiero Valor proyectado del I+D en progreso Ganancia bruta Margen de ganancia bruta	Retorno Financiero Valor proyectado del I+D en progreso Ganancia bruta Margen de ganancia bruta	Ninguna identificado a nivel estadísticamente significativo
Mejorar lo establecido (Sistemas integrados)	Retorno Financiero Valor proyectado del I+D en progreso Ganancia bruta Margen de ganancia bruta	Retorno Financiero Valor proyectado del I+D en progreso Ganancia bruta Margen de ganancia bruta	Desarrollo de personal Administración de propiedad intelectual Número y calidad de patentes

⁴³ *Ibid.*

Inversión en I+D
como % de ventas

Productos de consumo	Retorno Financiero Calidad y confiabilidad del producto Ganancia bruta Margen de ganancia bruta Cuota de mercado	Retorno Financiero Ganancia bruta Margen de ganancia bruta Inversión en I+D como % de ventas Probabilidad de éxito	Desarrollo de personal Administración de propiedad intelectual Número y calidad de patentes
Servicios	Administración de propiedad intelectual Retorno financiero	Retorno Financiero	Generación de ideas y creatividad Proceso de I+D Desarrollo de personal Calidad de personal Número y calidad de patentes

Analizando la tabla 6, podemos identificar que principalmente los métricos de retorno financiero son comunes en todos los casos, lo cual es explicable pues resulta un tema clave y a la vez objetivo y fácil de medir. Sin embargo, queda claro

que los métricos de I+D son aplicados de la forma que resulta más conveniente según el ramo de investigación.

La definición de estándares de medición de desempeño resulta mucho más desafiante en I+D que en cualquier otra actividad del negocio pues hay un grado mucho mayor de incertidumbre, aislamiento y secreto que caracteriza el proceso de innovación de las empresas. Como resultado, los estándares internos prevalecen y son definidos en una base *ad hoc* basados en la estrategia competitiva de la compañía y basados en la información del desempeño pasado de la misma.⁴⁴

Sólo en contados casos las empresas utilizan estándares externos definidos a través de benchmark en la industria con sus mayores competidores. Además, las fuentes bibliográficas señalan que no es posible definir una sola y única medida de desempeño que resulte óptima (Presley and Liles, 2000; Driva *et al.*, 2000; Suomala, 2005; Pawar and Driva, 1999), sino que más bien los métricos o indicadores deben ser adaptados de acuerdo a los objetivos deseados. Una propuesta es concebir los métricos de I+D como un conjunto de cinco elementos, los cuales son:

- Objetivos. Por ejemplo: motivación del personal, valuación de la rentabilidad de la I+D, estimular el aprendizaje, etc.

⁴⁴ V. Chiesa *et al.*, "Performance measurement of research and development activities," in *EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION MANAGEMENT*, vol. 12, núm. 1, 2009, 25–61.

- Dimensión de desempeño. Por ejemplo: Desempeño financiero, orientación al mercado, capacidad de innovación, eficiencia del proceso de I+D
- Indicadores. Podrían ser tanto cuantitativos como cualitativos.
- Estructura. Enfoque en una unidad de negocio, proyecto o individual.
- Proceso de medición. Definir si el estándar será interno o externo y definir si la frecuencia de medición será en base a cierta periodicidad o cuando se cumplan determinados hitos⁴⁵.

Szakonyi sugiere un método de evaluación de la efectividad de la administración de la I+D a través del cuestionario presentado en la tabla 7, el cual luego puede ser comparado con los resultados de su estudio en el cual aplica el mismo a través de su experiencia de consultoría a más de 300 empresas en 27 industrias diferentes y del cual se deriva un promedio global de 1.7 de calificación.⁴⁶ Este método parece ser más bien una evaluación del involucramiento de la gerencia del grupo de I+D bastante básica, y aunque no resulte ser una medición de efectividad como el autor sugiere, parece indispensable el aplicarla en un primer acercamiento a la búsqueda de mejora de la efectividad de los diez aspectos clave que contempla:

- Selección de proyectos

⁴⁵ *Ibid.*

⁴⁶ Robert Szakonyi, "Measuring R&D effectiveness--II," in *Research Technology Management*, vol. 37, núm. 3, may de 1994, 44.

- Planeación y administración de proyectos
- Generación de nuevas ideas de producto
- Mantener la calidad de procesos y métodos de I+D
- Motivación del personal técnico
- Establecimiento de equipos interdisciplinarios
- Coordinación entre I+D y el área de ventas
- Transferencia de tecnología a manufactura
- Fomentar la colaboración entre I+D y finanzas
- Ligar la I+D a la planeación del negocio

Tabla 7. Cuestionario para medición de la efectividad del departamento de I+D.⁴⁷

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Actividad 1-- Selección del I+D			
Nivel A (No reconocido)	El departamento de I+D ciegamente escoge proyectos para construir habilidades técnicas en lugar de seleccionar proyectos que son necesarios (aeroespacial)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Tiene habilidades de ingeniería mecánica, pero carece de habilidades en ingeniería electrónica (Automotriz)	1	
Nivel C (Habilidades)	Tiene habilidades en ingeniería mecánica y electrónica, pero carece de métodos para clarificar prioridades en los proyectos (instrumentos)	2	
Nivel D (Métodos)	Desarrolla métodos para seleccionar proyectos: tanto para negocios de servicio como para negocios de venta de productos, pero selecciona proyectos por sí mismo sin mercadotecnia (telecomunicaciones)	3	X
Nivel E (Responsabilidades)	El departamento de I+D trabaja con divisiones operativas para comparar prioridades y conjuntamente seleccionar proyectos, pero ambas partes perdieron su sentido de la misión (productos de consumo)	4	

⁴⁷ Ibid.

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel F (Mejora Continua)	El departamento de I+D y las divisiones operativas miran a varios modelos para evaluar el beneficio de la investigación exploratoria así como encontrar mejores maneras de determinar qué tanta investigación hacer (farmacéutico)	5	
Actividad 2--Planeación y administración de proyectos			
Nivel A (No reconocido)	No existen proyectos: el trabajo técnico es hecho sin objetivos claros, hitos, o responsabilidad (acero)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	I+ D quiere planear pero no entiende de que se trata la planeación y el seguimiento de los proyectos (productos de consumo)	1	
Nivel C (Habilidades)	Tiene habilidades para planear, pero no puede tener métodos aceptados de planeación (pulpa y papel)	2	
Nivel D (Métodos)	Los proyectos son planeados, pero la responsabilidad de los administradores de proyecto en los proyectos y la coordinación entre proyectos falta por completo (instrumentos)	3	X
Nivel E (Responsabilidades)	Los proyectos son planeados bien, pero las mejoras, como mejorar la administración sénior del negocio, no es vista (metales)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	El entrenamiento es promovido en el departamento de I+D para mejorar la planeación técnica de las personas y las habilidades técnicas para		

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
	acortar los proyectos (computadoras)		
Actividad 3--Generación de nuevas ideas de productos			
Nivel A (No reconocido)	La gente con habilidades técnicas tiene que liderar el desarrollo de nuevas ideas de producto (procesamiento de comida)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	La gente de I+D quiere generar nuevas ideas, pero carece de la experiencia de negocio para generar ideas nuevas aplicables a nuevos negocios o las habilidades para pensar creativamente (acero)	1	
Nivel C (Habilidades)	El departamento de I+D tiene nuevas ideas, pero no los métodos para capturarlas y evaluarlas (químicos)	2	X
Nivel D (Métodos)	Tiene mecanismos para implementar un nuevo clima innovativo, pero no entiende los deberes del personal de innovación o las responsabilidades de las personas que sugieren (llantas y hule)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Desarrolla un sistema para integrar sugerencias acerca de conceptos nuevos de productos al proceso de planeación, pero no puede mantener un compromiso hacia nuevas ideas (materiales de construcción)	4	

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel F (Mejora Continua)	Empuja no solo al desarrollo de nuevas ideas de producto, si no las mira desde una perspectiva de los clientes, estudios de comportamiento de consumidores (equipo de oficina)	5	
Actividad 4--Mantenimiento de la calidad en los procesos y métodos de I+D			
Nivel A (No reconocido)	la gente técnica no entiende que sus propios diseños tienen fallas (equipo petrolero)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Quiere mejorar, pero carece de conocimiento detallado de los productos (productos de mantenimiento del hogar)	1	
Nivel C (Habilidades)	Tiene el entrenamiento técnico, pero no usa los métodos (diagramas de pescado) para asegurar la calidad (equipo fotográfico)	2	X
Nivel D (Métodos)	Trabaja en la mejora de la calidad dentro del laboratorio, pero no ha diseñado nada para ver que funcione (químicos)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Se utilizan herramientas de calidad, pero la gente técnica no las ha tomado como suyas (química)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	La gente técnica toma el liderazgo para buscar cosas comunes entre diseños, de esta manera menos diseños se tiene que realizar desde 0. (semiconductores)	5	
Actividad 5--Técnicas de motivación de personal			
Nivel A (No reconocido)	Los gerentes de I+D manejan al personal autocráticamente (químicos)	0	

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Los gerentes de I+D reconocen que la gente técnica no entiende como encajan en la compañía. Pero se han encontrado maneras para corregirlo (automotriz)	1	X
Nivel C (Habilidades)	Se ha progresado en promover a las personas técnicas para ser más creativas y proactivas, pero todavía se necesitan métodos de evaluación de desempeño para solidificar el progreso (productos)	2	
Nivel D (Métodos)	Se tienen procedimientos para lograr excelencia técnica, pero los gerentes de nivel medio de I+D limitan el progreso al hacer muchas decisiones técnicas envolviéndose a ellos mismos en los proyectos (aceite)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Se ha tenido éxito en institucionalizar un nuevo sistema de recompensas entre la administración de proyectos de I+D, pero todavía se necesita lidiar con problemas políticos en el laboratorio relacionados con autoridad de ciertos grupos de I+D (farmacéutica)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	Desarrolla una cultura que hace que los gerentes de I+D empujen la responsabilidad hacia sus subordinados, de esta manera permiten que la gente técnica expanda sus trabajos (instrumentos)	5	
Actividad 6--Establecimiento de equipos interdisciplinarios			

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel A (No reconocido)	Tiene dificultades obteniendo la idea de equipos interdisciplinarios aceptados (procesamiento de comida)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Quiere tener equipos, pero la gente técnica debe ser entrenada para participar en los equipos (computadoras)	1	X
Nivel C (Habilidades)	Tiene equipos conformados con gente competente pero carece de reglas de carga con respecto a la ejecución de los proyectos (productos para el cuidado de la salud)	2	
Nivel D (Métodos)	Tiene equipos que funcionan bien, pero esta desventaja por qué no se les da la suficiente autoridad a los equipos (equipo fotográfico)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Tiene equipos efectivos en el pasado, pero no conoce como hacerlos efectivos desde que la compañía creció (productos de cuidado de la salud)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	la idea de equipos interdisciplinarios esta inculcada en todos, hay muchos modelos de equipos disponibles y cada equipo puede escoger su propio modelo (aeroespacial)	5	
Actividad 7--Coordinación de I+D y mercadotecnia			
Nivel A (No reconocido)	El departamento de I+D no piensa que tenga que trabajar con el departamento de mercadotecnia para desarrollar nuevos productos (aeroespacial)	0	

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	La gente técnica quiere una mejor coordinación con mercadotecnia pero carece de habilidades para analizar la aplicación en el negocio de una idea técnica (equipo petrolero)	1	
Nivel C (Habilidades)	La gente técnica conoce como desarrollar aplicaciones de una tecnología, pero carece de métodos para trabajar en dirección contraria, de la necesidad del cliente a la selección de proyectos técnicos (químicos)	2	
Nivel D (Métodos)	Trabaja de cerca con el departamento de mercadotecnia, pero tiene dificultades para salir adelante cuando las responsabilidades caen entre el concepto técnico y el concepto de producto (procesamiento de comida)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Coordinación cercana entre I+D y mercadotecnia, pero no se ha entendido como desarrollar nuevos productos efectivamente (químicos)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	Coordinación cercana, con una persona técnica definida encargada de mercadotecnia y tomando el liderazgo en mercadotecnia técnica y desarrollos de nuevos mercados (equipo industrial)	5	
Actividad 8--Transferencia de tecnología a manufactura			
Nivel A (No reconocido)	Los ingenieros no considera la manufactura cuando hacen trabajo técnico (telecomunicaciones)	0	

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Se quiere mejor transferencia de tecnología, pero se carece de habilidades de procesos de ingeniería en el departamento de I+D (equipo de generación de poder)	1	
Nivel C (Habilidades)	La gente técnica tiene las habilidades para transferir tecnología, pero no puede desarrollar métodos con manufactura para manejar una transferencia en fases (automotriz)	2	X
Nivel D (Métodos)	Tiene métodos para transferir tecnología, pero hay desacuerdos sobre las responsabilidades para pruebas y documentación (computadoras)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Tiene un equipo de servicios técnicos en la planta responsable del manejo de transferencia de tecnología, pero este grupo normalmente se enfoca en operaciones actuales (acero)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	No solo se tiene un grupo entre I+D y manufactura que ayuda en la transferencia de tecnología, si no que también intenta encontrar nuevas maneras de integrar los diseños con el objetivo de enlazar ingeniería y manufactura mas efectivamente (semiconductores)	5	
Actividad 9--Fomentar colaboración entre I+D y Finanzas			

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel A (No reconocido)	El departamento de I+D no reconoce que tan malas son sus relaciones con los departamentos de finanzas y contabilidad (productos de cuidado de la salud)	0	X
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	Los gerentes de I+D están interesados en trabajar mejor con finanzas, pero carecen de conocimiento de los temas financieros de la compañía (procesamiento de comida)	1	
Nivel C (Habilidades)	Se entienden los temas financieros, pero se carece de metodologías para determinar los beneficios financieros para I+D (aeroespacial)	2	
Nivel D (Métodos)	Los analistas económicos trabajan de cerca con I+D, pero hay desacuerdos acerca de responsabilidades e involucramiento (químicos)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Una persona financiera es transferida a I+D para servir como puente con finanzas, pero los procedimientos contables de la compañía minimizan los beneficios de la tecnología (productos de consumo)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	Los gerentes de I+D tienen opción para discutir con el gerente financiero como se llevan a cabo los análisis económicos de tecnología si se ven como los beneficios estratégicos no son tomados en cuenta (defensa)	5	
Actividad 10--Relación entre I+D y planeación del negocio			

Nivel	Descripción (Industria generalmente en este nivel)	Puntos	Departamento I+D Promedio
Nivel A (No reconocido)	El departamento de I+D toma un camino completamente sin estructura para manejar la tecnología (pulpa y papel)	0	
Nivel B (Esfuerzos iniciales)	I+D quiere mejor planeación pero conoce más de recolección de datos que de desarrollo de planes y aceptación e implementación de los mismos (procesamiento de comida)	1	X
Nivel C (Habilidades)	El departamento de I+D tiene las habilidades para planear, pero carece de una metodología para el análisis de tecnologías (instrumentos)	2	
Nivel D (Métodos)	Aunque hay planeación en I+D y en los negocios, hay disputas sobre que parte de la tecnología debe participar en la planeación del negocio (recursos naturales)	3	
Nivel E (Responsabilidades)	Tecnología y planeación de negocio son aceptados y hechos, pero el proceso de planeación es tomado como viene (telecomunicaciones)	4	
Nivel F (Mejora Continua)	Un grupo de planeación de I+D orquesta auditorias de tecnología, así como sigue las decisiones de planeación sobre tecnología y patrocina una auditoria sobre sus propias actividades (materiales especializados)	5	

En la tabla 8 se muestra un condensado de los métricos de evaluación más usados en Estados Unidos contra Alemania según la industria. Del análisis de esta tabla se

puede concluir que los enfoques en general son muy limitados, por lo que la toma de decisiones a partir de ellos es consecuentemente igual de limitada y unidimensional.

La lectura de la tabla se hace de la siguiente manera:

- Renglón 1. Industria
- Renglón 2. Compañía y país
- Renglón 3. Métrico primario utilizado
- Renglón 4. Métricos secundarios usados con menor frecuencia

Tabla 8. Métricos de I+D 40 compañías en diferentes ramos tanto de Estados Unidos como de Alemania.⁴⁸

Renglón	Concepto
1	Aeroespacial
2	1-Estados Unidos de América
3	Auditorías
4	Manejo total de la calidad
2	2-Alemania
3	I+D Administración de proyectos
4	--
1	Automotriz
2	3-Estados Unidos de América

⁴⁸ B. M. Werner and W. E. Souder, *op. cit.*, 28–32.

Renglón	Concepto
3	Índice ROR
4	Evaluación de clientes
2	4-Estados Unidos de América
3	Manejo total de la calidad; Desempeño Costo-Tiempo
4	<i>Benchmarking</i>
2	5-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Evaluación de supervisores
4	Patentes emitidas
2	6-Alemania
3	Manejo total de la calidad
4	<i>Benchmarking</i>
2	7-Alemania
3	Presupuestos
4	--
2	8-Alemania
3	I+D Administración de proyectos
4	<i>Benchmarking, Meta de costos</i>
2	9-Alemania
3	Presupuestos
4	Curva de gasto de proyectos
2	10-Alemania
3	Auditorías
4	--
1	Químicos
2	11-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Evaluación de contrapartes
4	--
2	12-Estados Unidos de América
3	Auditorías

Renglón	Concepto
4	--
2	13-Estados Unidos de América
3	Índice ROR
4	--
2	14-Alemania
3	Administración de proyectos; Presupuestos
4	--
2	15-Alemania
3	Control de proyectos
4	--
1	Consultoría
2	16-Estados Unidos de América
3	Índice ROR
4	--
2	17-Estados Unidos de América
3	Métodos integrados; Índices Subjetivos
4	--
2	18-Estados Unidos de América
3	Listas de comprobación/Perfiles, Mejores prácticas
4	--
2	19-Estados Unidos de América
3	Benchmarking; Índice ROR
4	--
2	20-Alemania
3	Administración de proyectos
4	--
2	21-Alemania
3	<i>Benchmarking</i>
4	--

Renglón	Concepto
2	22-Alemania
3	I+D Administración de proyectos
4	Administración de Procesos
1	Electrónica
2	23-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Evaluación de supervisores
4	--
2	24-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Listas de verificación
4	--
2	25-Estados Unidos de América
3	Listas de verificación, Perfiles, Escalas
4	Mejores prácticas, <i>Benchmarking</i>
2	26-Estados Unidos de América
3	Patentes y Publicaciones
4	Manejo total de la calidad
2	27-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Análisis Costo-Tiempo
4	--
2	28-Estados Unidos de América
3	Índice ROR; Auditorías
4	--
2	29-Estados Unidos de América
3	Índice ROR
4	--
2	30-Alemania
3	Presupuestos
4	--
1	Minería, Materiales

Renglón	Concepto
2	31-Estados Unidos de América
3	Listas de verificación
4	--
2	32-Estados Unidos de América
3	Índice ROR
4	--
2	33-Alemania
3	I+D Administración de proyectos
4	Administración de Procesos
1	Aceite, Químicos
2	34-Estados Unidos de América
3	Post-Auditorías a proyectos
4	--
2	35-Estados Unidos de América
3	Patentes
4	--
1	Telecomunicaciones
2	36-Estados Unidos de América
3	Patentes, Publicaciones
4	Evaluación del departamento de mercadotecnia
2	37-Estados Unidos de América
3	Reconocimiento al desempeño
4	Evaluación de clientes
2	38-Estados Unidos de América
3	Ganancia de nuevos proyectos
4	Manejo total de la calidad
2	39-Estados Unidos de América
3	Índice ROR
4	Manejo total de la calidad

Renglón	Concepto
2	40-Estados Unidos de América
3	<i>Benchmarking</i> , Mejores prácticas actuales
4	--

Mientras que en los países desarrollados (PD) existe una gran cantidad de datos y estudios empíricos que dan cuenta de las actividades innovadoras que desarrollan las firmas y adecuadas estimaciones de los resultados que obtienen con las mismas –que confirman la existencia del vínculo entre innovación tecnológica y desempeño competitivo-, no ocurre lo mismo en el caso de América Latina, donde existen profundos interrogantes respecto de las características y alcances de los procesos de cambio tecnológico⁴⁹.

Al extender la investigación a lo que sucede en las compañías italianas, se puede encontrar primero que nada, que la periodicidad de las evaluaciones a nivel unidad de investigación o localidad de investigación tiende a ser más bien anual, mientras que a los proyectos sí se les da un seguimiento mensual. Esto difiere en gran medida de lo ya visto en la metodología de Hoshin, donde para asegurar una mejora continua el seguimiento a los resultados se hace con una periodicidad al menos mensual. La tabla 9 muestra información más detallada de este estudio.

⁴⁹ Hernán Jarmillo *et al.*, *op. cit.*

Tabla 9. Frecuencia prevalente para el control de objetivos.⁵⁰

Objeto de Control	Frecuencia prevalente*	Frecuencia regula prevalente*
Unidad de I+D	Regular	Anual
Proyecto	Regular	Mensual
Individual	Regular	Anual

* Valores calculados considerando todas las dimensiones de desempeño.
Múltiples respuestas fueron permitidas

En otro estudio enfocado en quince compañías italianas, se analizaron los tipos de métricos de desempeño (PMS) y sus objetivos.

Tabla 10. Las firmas estudiadas.⁵¹

Firma	Sector de actividad	Número de empleados	Posición del personal entrevistado
Compañía A	Semiconductores	50,000	Gerente de proyectos I+D
Compañía B	Electrónica para aplicaciones industriales	500	Director de I+D y gerente de calidad

⁵⁰ VITTORIO CHIESA *et al.*, "AN EXPLORATORY STUDY ON R&D PERFORMANCE MEASUREMENT PRACTICES: A SURVEY OF ITALIAN R&D-INTENSIVE FIRMS," in *International Journal of Innovation Management*, vol. 13, núm. 1, march de 2009, 83.

⁵¹ VITTORIO CHIESA *et al.*, *op. cit.*, 65–104.

Firma	Sector de actividad	Número de empleados	Posición del personal entrevistado
Compañía C	Centro de maquinado	160	Director del departamento técnico
Compañía D	Aeroespacial	1,800	Gerente de planeación y control
Compañía E	Farmacéutica	500	Director de departamento de desarrollo
Compañía F	Bioteconológica-Farmacéutica	60	Director de operaciones
Compañía G	Químicos	19,300	Director de innovación y tecnología en aditivos plásticos
Compañía H	Aeroespacial	9,000	Gerente de programa
Compañía I	Bioteconológica-Farmacéutica	700	Director de la división de oncología
Compañía L	Farmacéutica	70	Director general de laboratorios de investigación
Compañía M	Línea blanca y automatización del hogar	60,000	Gerente de plataformas I+D
Compañía N	Tecnologías de generación de energía	2,200	Gerente de desarrollo tecnológico y de negocios
Compañía O	Imageneología de diagnóstico médico	1,000	Vicepresidente de I+D

Firma	Sector de actividad	Número de empleados	Posición del personal entrevistado
Compañía P	Farmacéutica	3,000	Vicepresidente de desarrollo corporativo de medicamento
Compañía Q	Conversión de energía	2,600	Director de I+D

Tabla 11. Cuadro sinóptico de los resultados.⁵²

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía A	Desarrollo básico y aplicado	700	Altamente tecnológico	(1) Motivar científicos e ingenieros (2) Favorecer la coordinación y comunicación (3) Estimular el aprendizaje organizacional	(1) Aprendizaje e innovación (2-3) Proceso del negocio

⁵² Vittorio Chiesa *et al.*, *op. cit.*, 487–519.

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía B	Desarrollo de nuevos productos	100	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D	(1a) Proceso del negocio (1b) Cliente (2) Financiera
Compañía C	Desarrollo de nuevos productos	15	Altamente tecnológico	(1) Motivar científicos e ingenieros	(1a) Aprendizaje e innovación (1b) Proceso del negocio
Compañía D	Desarrollo de nuevos productos	300	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D (3) Estimular el aprendizaje organizacional	(1-2-3) Proceso del negocio

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía E	Desarrollo de nuevos productos	50	Científico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Motivar científicos e ingenieros	(1) Proceso del negocio (2) Aprendizaje e innovación
Compañía F	Desarrollo básico y aplicado	60	Científico	(1) Motivar científicos e ingenieros	(1a) Aprendizaje e innovación (1b) Proceso del negocio
Compañía G	Desarrollo básico y aplicado	300	Altamente tecnológico	(1) Motivar científicos e ingenieros (2) Favorecer la coordinación y comunicación (3) Estimular el aprendizaje organizacional	(1a) Aprendizaje e innovación (1b) Proceso del negocio (2-3) Proceso del negocio

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía H	Desarrollo de nuevos productos	200	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D (3) Favorecer la coordinación y comunicación (4) Reducir la incertidumbre	(1a) Proceso del negocio (1b) Aprendizaje e innovación (2a) Proceso del negocio (2b) Financiera (2c) Cliente (3-4) Proceso del negocio
Compañía I	Desarrollo básico y aplicado	280	Científico	(1) Motivar científicos e ingenieros (2) Seleccionar proyectos de I+D (3) Monitorear el progreso de actividades de I+D	(1a) Aprendizaje e innovación (1b) Proceso del negocio (2-3) Proceso del negocio
Compañía L	Desarrollo básico y aplicado	70	Científico	(1) Motivar científicos e ingenieros	(1a) Aprendizaje e innovación (1b) Proceso del negocio

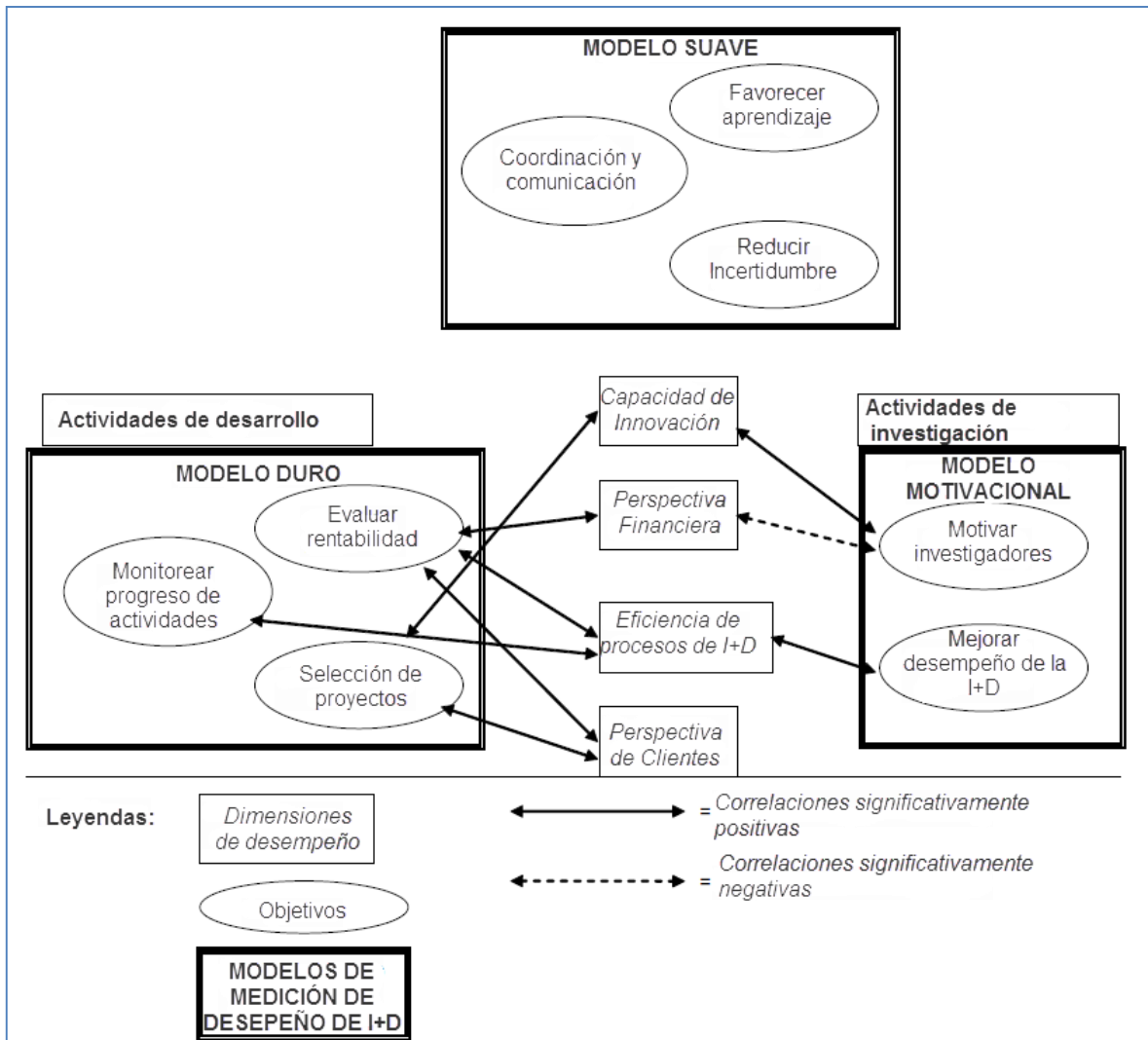
Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía M	Desarrollo básico y aplicado	200	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D (3) Favorecer la coordinación y comunicación (4) Estimular el aprendizaje organizacional (5) Reducir la incertidumbre	(1-2a) Financiera (1-2b) Cliente (1-2c) Proceso del negocio (3-4-5) Proceso del negocio
Compañía N	Desarrollo de nuevos productos	100	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D (3) Selección de proyectos I+D	(1-2-3a) Cliente (1-2-3b) Financiera (1-2-3c) Proceso de negocio

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía O	Desarrollo básico y aplicado	100	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Evaluación de rentabilidad de I+D (3) Selección de proyectos I+D	(1-2-3a) Financiera (1-2-3b) Cliente
Compañía P	Desarrollo básico y aplicado	300	Científico	(1) Favorecer la coordinación y comunicación (2) Estimular el aprendizaje organizacional (3) Motivar a científicos e ingenieros	(1) Proceso del negocio (2-3a) Aprendizaje e innovación (2-3b) Financiera

Firma	Tipo de actividad de I+D	Empleados en I+D	Sector	Objetivo de métricos	Perspectivas de desempeño asociadas a cada objetivo medido
Compañía Q	Desarrollo de nuevos productos	150	Altamente tecnológico	(1) Monitorear el progreso de actividades de I+D (2) Selección de proyectos I+D (3) Evaluación de rentabilidad de I+D	(1) Proceso del negocio (2-3a) Proceso del negocio (2-3b) Financiera

Los objetivos de los métricos y las perspectivas de desempeño son ordenadas en base a la importancia que le da cada firma

El esquema 10 resume los objetivos, dimensiones de desempeño y medidas en el contexto de modelos “duros” y “motivacionales” para la competitividad de la I+D que han emergido de los análisis empíricos. Las firmas que se caracterizan por ser más enfocadas a la investigación y que usan los llamados modelos “duros” persiguen mayormente tres objetivos (por ejemplo, evaluar las ganancias de los proyectos, monitorear el progreso de actividades y seleccionar proyectos y áreas de inversión) a través de medidas sistémicas que emplean tanto la perspectiva financiera como de cliente y eficiencia de proceso. Las compañías que adoptan modelos “motivacionales” buscan generar motivación en los investigadores y a partir de ahí mejorar la eficacia de su trabajo, pero evitan la perspectiva financiera.



Esquema 10. Objetivos, dimensiones de desempeño y contexto para la medición de desempeño de la I+D.⁵³

La tabla 12 muestra métricos basados en consecuencias y segmentados en base a tiempos. Fue desarrollada por el subcomité de investigación sobre investigación del IRI – por sus siglas en inglés *Industrial Research Institute* – a principios de la década

⁵³ VITTORIO CHIESA *et al.*, *op. cit.*, 65–104.

de los 90's con la intención de medir puntos de interés desde una perspectiva financiera o de calidad y ligándolas a los resultados consecuencia de las mismas. Aquí es importante recalcar la importancia de la frase "lo que mides es lo que obtienes".

Tabla 12. Consecuencia de los métricos de I+D, mostrando el tiempo que refleja la medición y si toma en cuenta la robustez del desarrollo o resultados externos.⁵⁴

En Proceso	Salida	Resultado
Pasado (≈5 años)	Patentes emitidas	# de procesos y productos nuevos Nuevos productos como % ventas Nuevos productos como % ganancias o costos Retorno sobre la inversión Cuota de mercado Patentes emitidas Reconocimientos y premios externos Invitación a conferencias

⁵⁴ Paul Germeraad, *op. cit.*, 47 p. 4.

	En Proceso	Salida	Resultado
Actual	Soporte de procesos internos Defectos (retrabajo desperdicio) # reportes o publicaciones # conferencias # personal capacitado # equipos (incluyendo interdisciplinarios) Motivación de los empleados	Patentes solicitadas Calidad del reclutamiento Competencias centrales	Valor presente neto Satisfacción del cliente # tecnologías transferidas Evaluación de competitividad Relación con la dirección estratégica
Futuro (5 años)	Educación Asistencia a conferencias Asignaciones interfuncionales Acciones de desarrollo de administración	Patentes obtenidas Calidad de contratación Competencias centrales Asignación de desarrollo ejecutivo	Valor presente neto a futuro Potencial de comercialización Alineación estratégica

Por otro lado, la tabla 12 muestra algunos de los métricos basados en actividades que fueron desarrollados más tarde por el mismo grupo, segmentando en base a quién es afectado (consecuencia) y qué fue medido (un concepto interno o externo a la organización de I+D). Este avance en medidas ayudó a los involucrados con intereses en calidad o servicio. Con estos métricos pudieron entender mejor el desempeño de la organización, sin embargo, este punto de vista personifica la

creencia de que todo tenía que ser medido y que todo tenía la misma relevancia todo el tiempo.

Los líderes del grupo de I+D instintivamente entendieron que cualquier beneficio que pudieran tener de la mejora en comunicación con los responsables de calidad y mercadotecnia resultante de estos métricos nuevos, sería opacado por la lentitud resultante de dar seguimiento al desempeño de cada uno de ellos en forma continua. No todas las cosas son igual de importantes para todas las organizaciones ni lo son todo el tiempo.

Los métricos cuantitativos-objetivos son los más adecuados para las etapas más maduras de la I+D, donde los resultados son más ciertos y definibles. Los métricos cuantitativos-subjetivos son más apropiados en las etapas tempranas de la I+D y pueden de hecho ser el único método posible para evaluar etapas iniciales y con alta incertidumbre.⁵⁵

Debido a la alta incertidumbre en la naturaleza de muchas operaciones de I+D, varios autores prefieren el uso de métricos cuantitativos-subjetivos.⁵⁶

Un conjunto de medidas objetivas y subjetivas es de hecho una posibilidad en la medición de efectividad de la I+D. Métodos particulares pueden ser flexiblemente adaptados a los diferentes requerimientos y etapas del desarrollo.

⁵⁵ Bjorn M.Souder Werner, "Measuring the efficiency and efectiveness of inovation processes," in *Ph.D. Dissertation*, , núm. prepublication draft, 1995.

⁵⁶ Bjorn M.Souder Werner, *op. cit.*, 34 p. 2.

La filosofía subyacente de los métricos cualitativos es muy diferente a los métricos cuantitativos. Se evitan las operaciones aritméticas y los números duros para dar lugar a los juicios de asesores expertos en los cuales se confía. Dichos juicios son típicamente reportados en términos que reflejan percepción; por ejemplo, los términos “ejemplar” o “adecuado” sustituyen calificaciones como “1” y “2”.⁵⁷

Otra diferencia mayor es que los métricos cualitativos están más enfocados en el desempeño individual de científicos, equipos, grupos o departamentos. En contraste, los métodos cuantitativos se enfocan más a procesos técnicos, aspectos financieros y resultados numéricos en general. Por lo tanto, los métodos cualitativos cambian el enfoque hacia la evaluación del desempeño humano como medida de efectividad de la I+D.⁵⁸

Los métricos cualitativos pueden proveer de un entendimiento más completo y profundo del desempeño de la I+D y sus procesos. Mientras los métricos cuantitativos pueden ser criticados por permitir que los evaluadores revisen superficialmente los números o calculen divisiones o relaciones sin sentido, los métricos cualitativos fuerzan a los participantes a pensar a profundidad sus propias palabras para medir las cosas que observan.

⁵⁷ Lowell W. Steele, “Evaluating the Technical Operation,” in *Research Technology Management*, vol. 31, núm. 5, 1988, 11–18.

⁵⁸ Bjorn M. Souder Werner, *op. cit.*

El proceso de conducir una evaluación cualitativa con frecuencia sirve de catalizador para interacciones que mejoran los flujos de información, relaciones, aprendizaje y entendimiento entre los participantes. Cuando las auditorías de varios años son recolectadas en bases de datos, la información se vuelve además muy útil para fomentar la mejora continua. Aunque hay muchas referencias a métodos cualitativos válidos, normalmente se requiere de una gran inversión inicial y capacitación para poder implementarlos con buenos resultados.

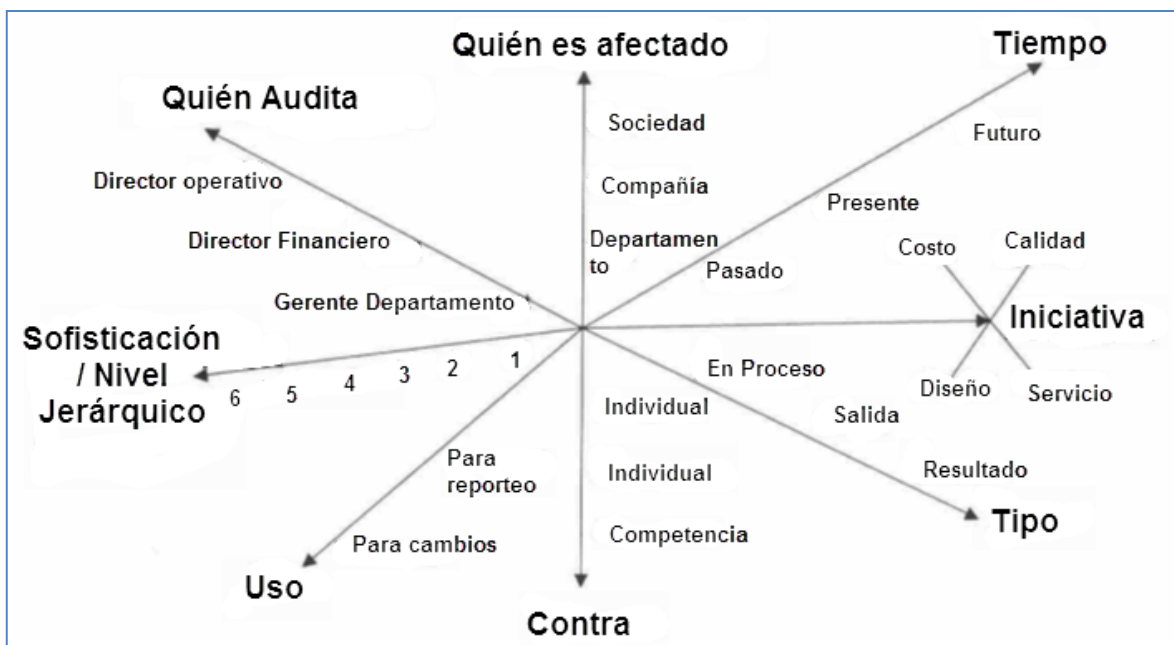
Existe una opción adicional, y esto es crear un métrico integral que combine varias medidas individuales, el cual resulte en un modelo de competitividad. Aunque el establecer un modelo así requiere inicialmente de mayor tiempo y esfuerzo que un métrico simple, también tiene la ventaja de que no sólo resulta en una medición del desempeño actual, sino que también sirve para orientar sobre diferentes posibilidades de mejora.

Los métricos integrales pueden ser flexiblemente diseñados para la mayoría de los requerimientos específicos de I+D de una empresa en particular. Estos son especialmente aplicables para una operación o proceso completo, una ventaja decisiva sobre los métricos simples que rara vez son lo suficientemente extensivos como para evaluar una operación completa de I+D. Los métricos integrales son en definitiva la técnica de medición más precisa, completa, efectiva y versátil, pero este hecho debe ser balanceado contra el costo de desarrollarlos y mantenerlos en el día a día.

Debido a su flexibilidad, una amplia variedad de métricos es posible. Aún más, la mezcla de componentes cuantitativos y cualitativos puede ser resumida en un solo marcador final, el cual puede resumirse en un solo indicador ponderado. La medida del desempeño de la innovación es una de las principales preocupaciones de la gestión empresarial actual, sin embargo, no todas las empresas disponen de un procedimiento sistemático o estándar que permita capturar los resultados de sus actividades de innovación tecnológica. De ahí que el desempeño de la innovación tienda a ser valorado ad hoc, existiendo una variación considerable en las medidas empleadas de un año a otro o de unos proyectos a otros⁵⁹.

El esquema 11 ilustra una forma de ver las diferentes perspectivas que los métricos deben proveer. Una metáfora que aplica en este caso es aquella en la que siete ciegos describen, por lo que alcanzan a tocar, cosas totalmente diferentes, cuando en realidad viéndolo como un todo se trata de un elefante. Al definir cualquier métrico es importante primero tener bien claro qué perspectivas de este esquema anexo son las que se busca tomar en cuenta para el caso específico.

⁵⁹ Raquel Arévalo Tome *et al.*, "Propuesta de medida del desempeño innovador: aplicación en las empresas innovadoras españolas," vol. 13, núm. 1, 6 de octubre de 2011, 41-68, obtenido el Universidad de Vigo, España.



Esquema 11. Los métricos de I+D son muy variados, y deben seleccionarse de acuerdo al contexto adecuado⁶⁰.

Dado que la medición de la eficacia de I+D requiere de la consideración de los aspectos tangibles e intangibles del sistema de producción de I+D, medido en términos de indicadores financieros y no financieros, el mejor enfoque, de acuerdo con Werner y Souder (1997), en su revisión bibliográfica de los métricos de I+D, es el uso de medidas globales. Estos combinan ambos elementos cuantitativos y cualitativos, de tal manera que se generan en muchos casos más información sobre la eficacia de I+D que si se toman por separado.

⁶⁰ Paul Germeraad, *op. cit.*, 47 p. 10.

Tal y como ya hemos mencionado en la introducción, la literatura académica aporta diferentes opciones para enfocar la medida del desempeño de la innovación, no existiendo un indicador generalmente aceptado o un conjunto común de indicadores. La tabla 13 ilustra las diferentes medidas de desempeño innovador que varios autores proponen, la cual fue recopilada por Arévalo, Urgal y Quintas⁶¹. La mayoría de los autores se centran de manera específica en analizar el desempeño en el desarrollo de nuevos productos, observándose que habitualmente combinan medidas financieras (rentabilidad, contribución al beneficio), medidas de mercado (cuota de mercado, volumen de ventas, apertura de nuevos mercados y penetración en el mercado), y medidas relativas al producto (ampliación de gama, calidad y novedad) y al cliente (aceptación del cliente y satisfacción del cliente). Un análisis detenido de las aportaciones incluidas en la Tabla 13 permite observar un cierto acuerdo entre los autores en cuanto a la manera de medir el desempeño de la innovación. Así, la mayor parte de los autores están de acuerdo en la naturaleza multidimensional del desempeño innovador y en el uso de escalas multi-ítem para definir las distintas dimensiones. Las dimensiones consideradas por los autores varían, fundamentalmente, dependiendo del nivel de análisis: empresa, programa o proyecto. Por ejemplo, Hooley et al. (2005) miden el desempeño a nivel de empresa. De Brentani y Klcinschmidt (2004) y Atuahene-Gima et al. (2006) lo hacen a nivel de programa, y Kusunoki et al. (1998) y Lee y O'Connor (2003) a nivel de proyecto.

⁶¹ Raquel Arévalo Tome *et al.*, *op. cit.*, 41–68.

Otro aspecto en el que parecen estar de acuerdo la mayoría de los autores es en el empleo de indicadores subjetivos del desempeño, esto es, basados en las valoraciones de los directivos (director de producto o de proyecto, director de I+D o director general). Sin embargo, hay otros autores que optan por indicadores objetivos del desempeño, del tipo de: número de patentes registradas, o número de nuevos productos y procesos introducidos, en un determinado período de tiempo. Aunque el uso de indicadores subjetivos tiene inconvenientes bien conocidos, también presenta ventajas. Éstos permiten evaluar el desempeño de los procesos de innovación que todavía están en curso, puesto que se basan en valorar el logro de objetivos intermedios y/o resultados finales esperados. Hay que tener en cuenta que ciertas empresas, debido a que son muy jóvenes o a que el tiempo de desarrollo del producto es largo, no disponen de productos en el mercado, tan solo productos en desarrollo. Por lo que respecta en particular a uno de los indicadores objetivos más empleados, el número de patentes registradas, éste presenta limitaciones como medida del desempeño. Las empresas no siempre patentan sus invenciones, y las que son patentadas difieren en valor económico. Asimismo, hay invenciones que no son patentables.

Tabla 13. Revisión bibliográfica de los indicadores de desempeño de I+D⁶²

⁶² *Ibid.*

Referencias bibliográficas	Medida del desempeño innovador
	<i>Centrada en los efectos sobre los productos</i>
Griffin y Page (1993, 1996)	Se emplean 16 ítems agrupados en cuatro dimensiones: (1) Desempeño financiero, (2) Aceptación del cliente, (3) Medidas técnicas o a nivel de producto, y (4) Medidas a nivel de organización.
Kusunoki et al. (1998)	Se emplean 11 ítems agrupados en tres dimensiones: (1) Eficiencia en el desarrollo del producto, (2) Calidad del producto, y (3) Novedad u originalidad en términos de concepto de producto o tecnologías.
Lee y O'Connor (2003)	Se emplean 12 ítems agrupados en cinco dimensiones: (1) Cuota de mercado, (2) Rentabilidad (3) Satisfacción del cliente (4) Extensión del mercado, (5) Penetración en el mercado.
Huang et al. (2004)	Se emplean 15 ítems agrupados en cuatro dimensiones: (1) Desempeño financiero, (2) Aceptación objetiva del cliente (3) Medidas técnicas y (4) Aceptación subjetiva del cliente.
De Brentani y Kleinschmidt (2004)	Se emplean 15 ítems agrupados en cuatro dimensiones: (1) Desempeño financiero, (2) Velocidad y coste del desarrollo de productos, (3) Nuevos mercados, productos y tecnologías, y (4) Ratio de éxito.
Hooley et al. (2005)	Utiliza tres medidas de desempeño: (1) El desempeño del cliente, que agrupa tres ítems, (2) el desempeño del mercado, que agrupa dos ítems, y (3) el desempeño financiero que agrupa tres ítems.
Frishammar y Hörte (2005)	Se emplean tres ítems: (1) Énfasis en I+D, liderazgo tecnológico e innovación, (2) Introducción de nuevos productos/servicios en el tiempo, y (3) Relevancia de los cambios en productos/servicios.
Alegre et al. (2006)	Se emplean 12 ítems agrupados en dos dimensiones: (1) Eficacia en innovación de producto —relativa a: reemplazo de productos, extensión de la gama de productos, desarrollo de productos respetuosos con el medioambiente, evolución de la cuota de mercado y apertura de nuevos mercados—, y (2) Eficiencia en innovación de producto —relativa a tiempo medio de desarrollo, número medio de horas laborales dedicadas, coste medio y grado de satisfacción global con la eficiencia—
Atuahene-Gima et al. (2006)	Se emplean tres ítems: (1) Porcentaje de crecimiento de los nuevos productos en términos de cuota de mercado durante tres años, (2) Porcentaje de crecimiento de los nuevos productos en términos de ventas durante tres años, y (3) Porcentaje de crecimiento de los nuevos productos en términos de beneficios durante tres años.

Referencias bibliográficas	Medida del desempeño innovador
Chen et al. (2006)	Se emplean ocho ítems: (1) Rapidez en la comercialización de los nuevos productos, (2) Capacidad en I+D, (3) Abundancia y diversidad de nuevos productos, (4) Aceptación del cliente, (5) Ratio de desarrollo de nuevos productos exitosos, (6) Volumen de ventas, (7) Contribución a los beneficios, y (8) Éxito en el desarrollo de nuevos productos.
Fosfuri y Tribó (2008)	Se emplea un único indicador: Porcentaje de las ventas anuales totales que derivan de productos nuevos, o mejorados sustancialmente, introducidos en el período de referencia.
Lichtenthaler (2009)	Se emplean tres ítems: (1) Desempeño de programas de desarrollo de nuevos productos en el cumplimiento de los objetivos de la empresa, (2) Éxito desde el punto de vista de la rentabilidad global de la empresa de los programas de desarrollo de nuevos productos, y (3) Éxito de los programas de desarrollo de nuevos productos en relación con los competidores.
Molina-Castillo y Munuera-Alemán (2009a, 2009b)	Se emplean siete ítems agrupados en tres dimensiones: (1) Desempeño relativo al mercado —Cuota de mercado, Volumen de ventas y Penetración en el mercado—, (2) Desempeño relativo al cliente —Satisfacción del cliente y Lealtad del cliente—, y (3) Desempeño financiero —Ingresos netos, Margen de beneficios neto y Rentabilidad ² —
Blindenbach-Driessen et al. (2010)	Se emplean dos constructos: — Desempeño operacional percibido —refleja cómo el proyecto de innovación fue ejecutado—. Se mide por medio de cuatro ítems: (1) Cumplimiento de la planificación, (2) Cumplimiento del presupuesto, (3) Calidad, y (4) Conocimiento acumulado. — Desempeño de producto percibido —evalúa los resultados comerciales del proyecto de innovación. Se mide por medio de seis ítems: (1) Cumplimiento de los objetivos de beneficio, (2) Cumplimiento de los objetivos de ingresos, (3) Cuota de mercado, (4) Reputación, (5) Ventaja competitiva, y (6) Satisfacción del cliente.
Kampik y Dachs (2011)	Se emplea un único indicador: Porcentaje de las ventas anuales totales que derivan de productos nuevos, o mejorados sustancialmente, introducidos en el período de referencia.
	<i>Centrada en los efectos relativos a los productos y procesos*</i>
Ahuja y Katila (2001)	Se emplea un único indicador: Número de patentes registradas.

Referencias bibliográficas	Medida del desempeño innovador
Souitaris (2002)	Se emplean siete indicadores: (1) Número de productos incrementalmente innovadores introducidos en los últimos tres años (2) Número de productos radicalmente innovadores introducidos en los últimos tres años (3) Número de procesos de fabricación introducidos en los últimos tres años (4) Porcentaje de ventas corrientes debidas a productos incrementalmente innovadores introducidos en los últimos tres años (5) Porcentaje de ventas corrientes debidas a productos radicalmente innovadores introducidos en los últimos tres años (6) Ratio de gastos para innovación en los últimos tres años sobre ventas corrientes (7) Número de patentes adquiridas en los últimos tres años
Hagedoorn y Cloudt (2003)	Se emplean cuatro indicadores: (1) Gastos de I+D (2) Número de patentes (3) Citas de patentes (4) Nuevos productos anunciados
Prajogo y Ahmed (2006)	Se emplean nueve ítems agrupados en dos dimensiones: – Desempeño en innovación de producto (1) Novedad de los nuevos productos (2) Uso de las últimas innovaciones tecnológicas en el desarrollo de nuevos productos (3) Velocidad de desarrollo de nuevos productos (4) Número de nuevos productos introducidos en el mercado (5) Número de nuevos productos que son primeros en el mercado – Desempeño en innovación de proceso (6) Competitividad tecnológica (7) Novedad de la tecnología usada en los procesos (8) Velocidad de adopción de las últimas innovaciones tecnológicas en los procesos (9) Ratio de cambio en procesos, técnicas y tecnología <i>Centrada en los efectos relativos al producto, al proceso y a la responsabilidad social</i>
Birchall y Tovstiga (2006)	Se emplean 27 ítems agrupados en 5 factores (empleando un Análisis de Componentes Principales): (1) Enfoque de futuro, (2) Impacto en el mercado, (3) Capacidades e imagen, (4) Procesos, y (5) Sostenibilidad y proceso de eficacia global

Referencias bibliográficas	Medida del desempeño innovador
Chen et al. (2011)	Se emplean seis ítems: (1) Número de nuevos productos (2) Ratio de ventas de nuevos productos sobre ventas totales (3) Rapidez en el desarrollo de nuevos productos (4) Ratio de éxito (5) Número de patentes registradas (6) Número de estándares de la industria
Molina-Morales et al. (2011)	Se emplean ocho ítems: (1) Número de nuevos materiales desarrollados o introducidos (2) Número de nuevos productos intermedios desarrollados o introducidos (3) Número de nuevos componentes desarrollados o introducidos (4) Número de atributos de nuevos productos desarrollados o introducidos (5) Número de nuevos equipos desarrollados o introducidos (6) Mejoras en los niveles de automatización (7) Número de nuevos métodos de organización de las actividades productivas (8) Uso de nuevas fuentes de energía

En 2009, se publicó un estudio de acuerdo al cual, con un modelo matemático titulado “RQ” se podría estimar el beneficio resultante de la inversión en capital, personal e I+D basados en datos históricos. El objetivo del estudio fue determinar la contribución marginal al incrementar la inversión en I+D.

El resultado de dicho estudio fue el siguiente modelo matemático:

$$Y = K^{\alpha} L^{\beta} R^{\gamma} \text{ }^{63}$$

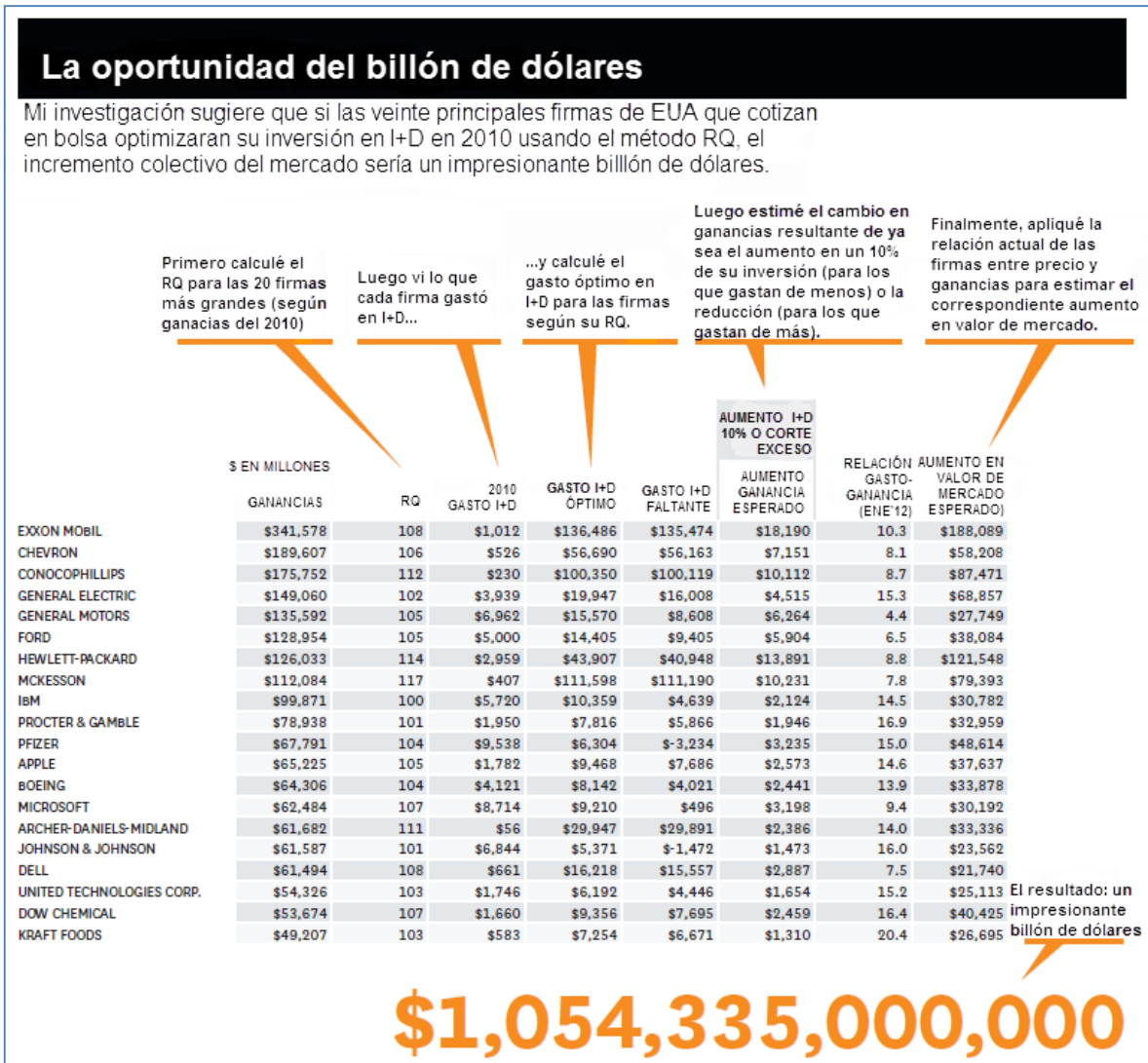
Donde:

Y es el resultado como ganancias, K representa el capital, L la fuerza laboral y R la inversión en investigación. Los exponentes son indicadores de qué tan productivo es cada uno de los elementos para la generación del resultado. Específicamente, ellos representan el aumento consecuencia de un incremento en un 1% en capital (α), recursos humanos (β) y gasto en I+D (γ).

De acuerdo a este análisis, optimizando las inversiones en I+D, un conjunto de empresas clave en Estados Unidos podrían alcanzar un beneficio equivalente a un billón de dólares adicional. Los resultados se muestran en la Tabla 14.

⁶³ Anne Marie Knott, "The Trillion-Dollar R&D Fix," in *Harvard Business Review*, vol. 90, núm. 5, may de 2012, 76–82.

Tabla 14. Evaluación del resultado estimado al aplicar el modelo RQ ⁶⁴



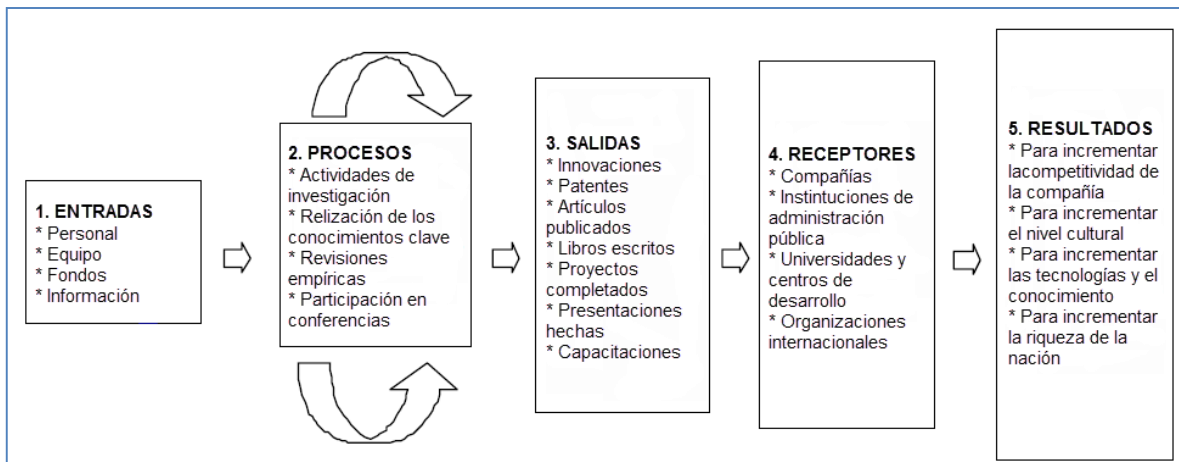
Aunque la intención del artículo va direccionada correctamente a resaltar la importancia y el resultado a largo plazo de la inversión en I+D, el enfoque resulta

⁶⁴ Ibid.

muy limitativo a la cuestión financiera y no considera la competitividad como parte de la ecuación, por lo cual el resultado real de este modelo resulta dudoso.

Medir y dar seguimiento a resultados financieros resulta en una mejora de las ganancias y crecimiento económico. Sin embargo, la duda permanece acerca de los canales que deben ser utilizados para el crecimiento financiero. Uno que claramente es muy importante es la I+D, una fuente clave de innovación y crecimiento en las economías modernas.⁶⁵

Si se evalúa al centro de I+D como un sistema, entonces se tiene como una referencia recurrente el modelo mostrado en el esquema 12, donde se reconocen las diferentes partes del mismo.



Esquema 12. El sistema de producción de entidades de investigación.⁶⁶

⁶⁵ James R. Brown *et al.*, *op. cit.*, 151–185.

⁶⁶ Mario Coccia, "A basic model for evaluating R&D performance: theory and application in Italy," in *R&D Management*, vol. 31, núm. 4, october de 2001, 3.

De acuerdo al trabajo de Mario Coccia, se puede crear un modelo integrando una serie de índices de diferentes índoles: financiero, transferencia de tecnología, publicaciones y capacidad técnica. El enfoque es que en el resultado se manejen tres dimensiones diferentes: costo, cantidad y calidad.⁶⁷

Al parecer en los países latinoamericanos o en general en las economías en desarrollo, resulta complicado igualmente superar las dificultades para desarrollar métricos sobre I+D a pesar de los esfuerzos que se han hecho durante décadas. Al menos esto es lo que sugiere la investigación de Sutz “*Measuring innovation in developing countries*”, donde se establece que queda aún una amplia gama de preguntas sin resolver sobre la elaboración de cuestionarios de innovación en los países en desarrollo y cómo la información resultante podría efectivamente alimentar el proceso de elaboración de políticas.”⁶⁸

Considerando lo que se ha analizado en estos dos capítulos, la importancia de las actividades de I+D es clara y resulta sorprendente que las compañías muchas veces tomen las decisiones sobre inversión en I+D se den con base a muy poca información o información parcial, de forma que terminan usando si intuición o medidas puramente financieras para evaluar la competitividad de su I+D y determinar sus presupuestos.

⁶⁷ Mario Coccia, *op. cit.*, 453.

⁶⁸ Judith Sutz, “Measuring innovation in developing countries: some suggestions to achieve more accurate and useful indicators,” in *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, vol. 5, núm. 1, enero de 2012, 40–57.

Desde el punto de vista de una localidad de I+D se encuentra aún menos información que permita una planeación estratégica y un seguimiento puntual de la misma. De acuerdo a lo que se ve en los diferentes estudios, la sugerencia es seleccionar los métricos a medida de las necesidades, lo cual será desarrollado en los siguientes capítulos.

2.2 Síntesis de referencias documentales

En cuanto a las características relevantes de los métricos de competitividad de I+D se encontraron los argumentos de Nixon (1998), quien adelanta que los indicadores de desempeño deben tener una orientación estratégica que refleje los factores de éxito claves, deben ser simples y capaces de motivar el cambio y balancear las perspectivas, tanto financieras como no financieras. Werner y Souder (1997) establecen que las medidas más efectivas de I+D son aquellas que balancean ambos tipos de métricos, cuantitativos y cualitativos, lo cual coincide con lo que Pawar y Driva (1999) y Bremer y Barsky (2004) destacaron. Hauser (1998) muestra que la elección del métrico más apropiado debe basarse en el tipo de I+D que se haga, ya sea que se trate de investigación aplicada, desarrollo de plataformas o investigación.

Pawar y Driva (1999) adelantan que la medición del desempeño de I+D necesitan ser articulados en varias dimensiones: tiempo, costos, calidad y flexibilidad. Similarmente, Ojanen y Vuola (2006) sugieren que un métrico de desempeño efectivo para la I+D debe ser un conjunto de medidas consistente con

diferentes perspectivas, objetivos, control de objetos y medición de procesos. En otras palabras, adoptar una perspectiva sistémica significa ver el desempeño de la I+D en términos de un “sistema”, el cual debe ser hecho con una serie de elementos consistentes e integrado.

Los métodos de medición de la efectividad de I+D descritos en diferentes fuentes bibliográficas son de lo más variados y diseñados en forma tan individual y única que casi desafían un sistema de clasificación.

Existen diferentes niveles de métricos para I+D dependiendo de la profundidad y factores que se consideren. Los más básicos son simples indicadores o métricos sencillos, mientras que los más complejos buscan una evaluación a nivel sistema e incluso evalúan el contexto externo de la firma.

En el esquema 8 se muestra la taxonomía de las corrientes de medición de desempeño de la I+D. El tercer nivel de dicho esquema encontramos el enfoque sistémico, en el cual se busca que los métricos tengan una organización, estándares para evaluar desempeño y un formato para información y reporte. Para el propósito de esta investigación y la aplicación práctica que se está buscando, éste es el tipo de métrico que resulta más adecuado pues es una mezcla de diferentes factores con elementos de control que permiten desarrollar una estrategia y darle seguimiento. Considerando que el objeto de estudio es una localidad específica de I+D dentro de una compañía multinacional del ramo de la electrónica automotriz, incluso podría considerarse que el cuarto nivel es el más deseable, pues en éste se evalúa el contexto externo. En este caso, se puede incluir la percepción de las

unidades de negocio, cuyos directores son los que toman las decisiones de crecimiento y distribución de proyectos y los cuales se encuentran en el extranjero. De esta forma, la estrategia estará enfocada también al crecimiento y sustentabilidad del centro de desarrollo.

Uno de los desafíos clave al implementar métricos de I+D es alinear éstos con los varios niveles y funciones de I+D dentro de la organización de forma que resulten significantes y apropiados para el personal. La pirámide de valor tecnológico (PVT) resulta interesante, pues clasifica los métricos en niveles. El resultado final deseado es la creación de valor, el cual se ubica en el tope de la pirámide, y para lograrlo se requiere de mantener una buena estrategia, la cual se ubica en el nivel intermedio de la PVT. Para poder llevar a cabo la estrategia se requiere que los fundamentos de la pirámide sean sólidos. Entendido de esta forma, resulta lógico que los métricos financieros y de cuota de mercado estén ligados a la punta de la pirámide, mientras que la alineación estratégica se encuentra ligada a la parte media y el número de patentes y cantidad de investigadores están ligados a la base de la pirámide.

De la tabla 6 donde se muestran los métricos principales del PVT según el tipo de innovación en la que se trabaja, los ubicados en la categoría de sistemas integrados son los que mejor se aproximan a los necesarios para la aplicación de esta investigación, sin embargo, algunos ajustes serían necesarios para adaptarlos y que sean de real utilidad. Esto va de acuerdo con los resultados de dicha investigación, donde se ve claramente que la adaptación al caso específico es clave para que los métricos resulten de utilidad.

Durante la investigación se encontró que algunos autores publican como métricos de la efectividad de desarrollo algunos que en realidad están más enfocados a evaluar la madurez y organización del I+D pero no a evaluar los resultados y la competitividad de la misma. Este es el caso del cuestionario publicado por Szakonyi (1999), el cual considera diez aspectos clave alrededor de la estrategia del I+D y proporciona una referencia de comparación en base a los resultados que él desarrolló en sus 30 años de experiencia

Al evaluar la tabla 8, que muestra los principales métricos usados en diferentes tipos de industrias tanto en Estados Unidos como en Alemania, se puede ver que hay muy poca homogeneidad. Por ejemplo, de los tres diferentes ejemplos de industria automotriz en Estados Unidos, sólo hay un métrico en común: la tasa de retorno sobre la investigación (TRI). Esta misma tendencia puede verse en las empresas alemanas, con el agravante de que algunas sólo cuentan con un métrico primario muy rudimentario como son las auditorías y ninguno secundario.

Para la industria electrónica en Estados Unidos se ve un poco más de estandarización y más variedad de métricos, siendo el TRI un factor común en casi todos los ejemplos. Sin embargo, el TRI es un métrico que puede aplicarse sólo a nivel total y no sería útil para la aplicación que se busca en esta investigación, pues no hay forma de evaluarlo para una localidad individual de I+D que contribuye junto con otras en el mundo a los desarrollos de productos. Por otro lado, la compañía alemana solo maneja cumplimiento de presupuesto como métrico, lo cual resulta insuficiente y carente de la orientación estratégica que busca esta investigación. Las demás industrias muestran tendencias similares.

En la investigación de Chiesa (2009) sobre los métricos usados en las empresas italianas igualmente hay varios hallazgos interesantes. Su investigación cubre diferentes compañías en diferentes sectores y de distintos tamaños que lo que tienen en común es que están altamente enfocadas a la I+D. Uno de los resultados de su investigación es la frecuencia con la que se da seguimiento a los objetivos de I+D, y sorprendentemente, aunque todas se hacen con regularidad, sólo la evaluación de proyectos es de forma mensual, mientras que la individual y a nivel de unidad de I+D se hacen únicamente en forma anual. De acuerdo a los principios de Hoshin, para asegurar el seguimiento y logro de la estrategia planeada el seguimiento debe ser al menos mensual, de lo contrario podríamos descubrir que no se están cumpliendo los objetivos cuando ya es muy tarde para aplicar acciones correctivas.

Otro resultado de esta investigación es el mostrado en la tabla 11, donde se muestra para cada una de las empresas entrevistadas los diferentes objetivos de los PMS y las perspectivas de desempeño ligadas a los mismos, especificando qué tipo de actividad de I+D es la que se lleva a cabo en cada compañía: investigación básica, investigación aplicada o desarrollo de nuevos productos.

Entre los factores comunes que se encuentran en la mayoría de las empresas estos tres son los que con más frecuencia se repiten:

- Motivación de científicos e ingenieros. Está enfocado a medir la innovación y el proceso de aprendizaje

- Monitoreo del progreso de las actividades de I+D. Está enfocado al proceso del negocio.
- Evaluación de rentabilidad de las actividades de I+D. Está enfocado a la parte financiera.

Como se puede ver, hay algunos métricos duros o completamente objetivos y cuantitativos, mientras que otros, como los enfocados a medir motivación son blandos y tienen a ser más cualitativos. Las compañías que usan modelos motivacionales buscan que a través de la motivación los investigadores mejoren la eficacia de su trabajo.

En el trabajo de compilación bibliográfica de Raquel Arévalo (2011) se puede ver la variedad de métricos sugeridos por diferentes autores en el tema. En general se puede ver que los métricos sugeridos por cada autor están divididos en diferentes categorías, algunos autores las incluyen a todas y otros solamente algunas. En general, los diferentes métricos podrían catalogarse en las categorías siguientes:

- Desempeño financiero
- Enfoque al cliente
- Enfoque al mercado
- Medidas técnicas o a nivel producto
- Medidas de eficiencia del proceso de desarrollo
- Innovación tecnológica

El esquema 10 describe la relación entre objetivos, dimensiones de desempeño y su contexto para medir la I+D. Aquí se pueden ver tres modelos diferentes con sus respectivos objetivos y la relación que tienen con las diferentes dimensiones de desempeño. Por ejemplo, queda claro que al medir la capacidad de innovación, los objetivos directamente correlacionados son tanto la selección de proyectos en el modelo duro como la motivación de los investigadores en el modelo motivacional. De igual forma, desde la perspectiva financiera, la evaluación de rentabilidad del modelo duro afecta en forma positiva, mientras que la motivación a los investigadores requiere de mayores recursos, por lo cual tiene una correlación negativa. La eficiencia en los procesos de I+D se ve positivamente afectada por los objetivos de rentabilidad y monitoreo del progreso de actividades del modelo duro al igual que por la mejora del desempeño en el modelo motivacional. Por último, la perspectiva del cliente se ve positivamente afectada por los objetivos de rentabilidad y selección de proyectos del modelo duro. A final de cuentas, lo que se mide es lo que se obtiene, lo cual confirma la necesidad de un métrico de desempeño que sea multidimensional.

En la tabla 12 se muestran las consecuencias de los diferentes métricos de I+D. Por ejemplo, la medición de patentes obtenidas refleja las actividades hechas hace aproximadamente cinco años y el resultado de este métrico es promover nuevos productos y procesos principalmente. Cuando se miden aplicaciones de patentes se está evaluando el desempeño actual y va ligado a una dirección estratégica y ventajas competitivas. Al medir *invention disclosures*, lo cual es un proceso interno antes de decidir si alguno conviene estratégicamente llevarlo al nivel

de aplicación de patente, se está afectando a un horizonte de aproximadamente cinco años en el futuro cuyo resultado afectará las ganancias futuras, potencial de comercialización y alineación estratégica. En conclusión, se puede decir que los métricos de desempeño deben de estar equilibrados, incluyendo enfoque al presente pero también al futuro.

Esto se ve claramente comprobado con el estudio publicado en 2012 por Knott, donde en un esfuerzo por demostrar la importancia de la I+D generó una ecuación que mide las ganancias de la empresa en forma directamente relacionada con la inversión en este rubro, lo cual desestima completamente todos los demás factores y muestra un resultado teórico dudoso.

Los métricos cuantitativos-objetivos son los más adecuados para las etapas más maduras de la I+D, donde los resultados son más ciertos y definibles. La filosofía subyacente de los métricos cualitativos es muy diferente a los métricos cuantitativos. Se evitan las operaciones aritméticas y los números duros para dar lugar a los juicios de asesores expertos en los cuales se confía.

De acuerdo a investigadora Raquel Arévalo existe una opción adicional, y esto es crear un métrico integral que combine varias medidas individuales, el cual resulte en un modelo de competitividad. Esto está en línea con lo que los otros investigadores (Presley and Liles, 2000; Driva et al., 2000; Suomala, 2005; Pawar and Driva, 1999) mencionan en cuanto a que no es posible definir una única medida de evaluación que resulte óptima.

Aunque el establecer un modelo así requiere inicialmente de mayor tiempo tiene la ventaja de que los métricos integrales pueden ser flexiblemente diseñados para la mayoría de los requerimientos específicos de I+D de una empresa en particular. Estos son especialmente aplicables para una operación o proceso completo, una ventaja decisiva sobre los métricos simples que rara vez son lo suficientemente extensivos como para evaluar una operación completa de I+D.

Los métricos integrales son en definitiva la técnica de medición más precisa, completa, efectiva y versátil, pero este hecho debe ser balanceado contra el costo de desarrollarlos y mantenerlos en el día a día. El mejor enfoque, de acuerdo con Werner y Souder (1997), en su revisión bibliográfica de los métricos de I+D, es el uso de medidas globales. Estos combinan ambos elementos cuantitativos y cualitativos, de tal manera que se generan en muchos casos más información sobre la eficacia de I+D que si se toman por separado.

De acuerdo a Chiesa y Frattini (2009) una propuesta es concebir los métricos de I+D como un conjunto de cinco elementos, los cuales son:

- **Objetivos.** Por ejemplo: motivación del personal, valuación de la rentabilidad de la I+D, estimular el aprendizaje, etc.
- **Dimensión de desempeño.** Por ejemplo: Desempeño financiero, orientación al mercado, capacidad de innovación, eficiencia del proceso de I+D
- **Indicadores.** Podrían ser tanto cuantitativos como cualitativos.
- **Estructura.** Enfoque en una unidad de negocio, proyecto o individual.

- Proceso de medición. Definir si el estándar será interno o externo y definir si la frecuencia de medición será en base a cierta periodicidad o cuando se cumplan determinados hitos⁶⁹.

Métodos particulares pueden ser flexiblemente adaptados a los diferentes requerimientos y etapas del desarrollo. Analizar la I+D como un sistema implica evaluarla considerando sus diferentes componentes: las entradas, sus procesos, sus resultados y su entorno para poder evaluar su competitividad.

En el siguiente capítulo se procederá a proponer un métrico que siga este tipo de enfoque y que le sirva a una localidad de I+D en México en la industria electrónica automotriz que pueda servir de guía estratégica.

⁶⁹ *Ibid.*

CAPÍTULO III
CONSTRUCCIÓN DE UNA PROPUESTA DE MODELO DE
COMPETITIVIDAD

A partir de la investigación realizada sobre los diferentes métricos y enfoques para evaluar la competitividad de la I+D una conclusión común a varias investigaciones es que el modelo a usar debe ser adecuado específicamente para la organización y fines así que la primer parte de este capítulo estará enfocada a analizar las necesidades del centro de desarrollo donde será aplicada mientras que la segunda se enfocará al desarrollo del modelo.

3.1 Antecedentes y necesidades del centro de I+D donde se aplicará el modelo de competitividad.

3.1.1 Antecedentes de la empresa

La empresa, a la cual llamaremos Pferd a partir de este punto, es una empresa alemana de gran tradición en la industria automotriz. A partir de 1998 Pferd incursionó en el sector de la electrónica automotriz con la adquisición de una gran compañía americana bien ubicada en dicho ramo. A partir de entonces otras adquisiciones estratégicas han mejorado su posición en el mercado hasta llevarla a ser uno de los principales proveedores automotrices a nivel mundial, y cuya última adquisición en 2008 fue la compra del grupo también alemán al que llamaremos SAG. El enfoque de esta tesis será únicamente en esta rama de Pferd que está enfocada a la electrónica automotriz.

La industria electrónica automotriz se caracteriza por ser altamente tecnológica. Las ventas futuras dependen totalmente de los desarrollos de

aplicaciones que se hagan en el presente. Adicionalmente, para cualquier proveedor de la industria automotriz, el primer problema que tienen que enfrentar es la constante presión que enfrentan por parte de los *OEM* (abreviatura en inglés para *Original Equipment Manufacturer* o Fabricante de Equipos Originales) de hacer continuas reducciones anuales a sus precios. De hecho, la presión es tanta que muchos proveedores automotrices actuales podrían desaparecer en los próximos diez años.⁷⁰

El tipo de industria altamente tecnológica y esta presión en la reducción de precios trae dos importantes consecuencias para la I+D en Pferd:

- La I+D tiene que ser continuamente optimizada, de forma que los desarrollos tienen que estar hechos en una mezcla de diferentes localidades de alto y bajo costo.
- Durante las fases de I+D se define el listado de materiales que compondrán el producto final. Considerando que en la estructura de costos de los productos electrónicos, la mayor parte proviene de los materiales, la I+D una vez más demuestra ser de vital importancia para la sustentabilidad de la organización.

En la parte electrónica automotriz Pferd está organizada en tres divisiones:

⁷⁰ George F. Bro *et al.*, "Win the day: Managing price pressures in the Automotive Industry," in *Blue Canyon Partners, Inc.*, 2003, desde <http://bluecanyonpartners.com/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Win-the-Day-2003.pdf>.

- Chasis y seguridad. Aquí entra toda la familia de productos relacionada con sensores, electrónica para el control de bolsas de aire y otros sistemas de seguridad.
- Tren de potencia. Integra las diversas soluciones relacionadas con el tren de potencia, desde sistemas de inyección diesel o gasolina hasta control de transmisión y motor.
- Interior. Incluye una amplia gama de productos que incluye el panel de instrumentos, las pantallas multimedia, sistemas de llaves, control de presión de llantas, sistemas de navegación y control de clima.

Cada división está organizada en diferentes unidades de negocios, las cuales están agrupadas de acuerdo al tipo de producto que manejan. Cada unidad de negocio está a su vez subdividida en diferentes segmentos enfocados geográficamente por grupo de clientes, así, un segmento se enfoca en clientes americanos como Ford y Chrysler, otro en los europeos como Renault, otro en los Alemanes como BMW y otro en los asiáticos como Honda o Toyota. Este tipo de organización facilita el tipo de especialización requerido para poder optimizar la I+D.

Cada unidad de negocios genera su propia estrategia de I+D y el llamado *footprint*, que quiere decir la planeación estratégica a cinco años y la proporción del personal que estará en países de alto costo contra bajo costo.

Los directores de I+D encargados de estas decisiones están ubicados en diferentes localidades en Alemania y actualmente el principal indicador que tienen es puramente financiero: cuota por hora.

$$\text{Cuota por hora} = \text{Costo Total} / \text{Horas Productivas}$$

Los costos totales son todos los relacionados a la operación del centro de desarrollo, incluyendo la infraestructura y servicios. Las horas productivas son el total de horas efectivamente trabajadas a proyectos, por lo tanto, no incluye las horas de gerentes o personal administrativo ni vacaciones, capacitaciones o días festivos.

Después de varios años y experiencia, los directivos de I+D han generado una regla genérica que usan para tomar sus decisiones de distribución del trabajo de proyectos. Ellos tienen la expectativa de que la cuota por hora en los países de bajo costo mantenga una relación idealmente de tres a uno con la de Alemania. El límite de tolerancia observado está en una relación de dos y medio a uno; cuando el costo excede a eso la localidad de I+D de bajo costo tiene serios problemas e incluso su permanencia puede verse comprometida si no hay algún otro motivo o valor agregado que la mantenga.

El enfoque actual para la toma de estas decisiones tan importantes está muy limitado a un solo aspecto y a final de cuentas, muchas decisiones terminan tomándose en base a instinto.

3.1.2 Antecedentes del centro de desarrollo

En el año 1992 el grupo alemán SAG tomó la decisión de abrir una planta productiva en la zona metropolitana de Guadalajara, en México. Debido al potencial de mano

de obra calificada a bajo costo y su ubicación con excelentes vías de comunicación e infraestructura se tomó la decisión de que fuera una planta “cebra”, es decir, donde productos de diferentes tipos y unidades de negocio pudieran producirse y beneficiarse de sus ventajas estratégicas.

Fue en año 2000 cuando la planta tomó la iniciativa de empezar a ofrecer no sólo manufactura, sino también un valor agregado a través de un centro de I+D. En aquel tiempo, se inició con un piloto de diez ingenieros, los cuales fueron capacitados y retados a demostrar que se contaba con la competencias necesarias para abrir un centro de I+D en México.

Al inicio, el trabajo de I+D que se hacía era meramente relacionado con soportar las operaciones de la planta productiva, sin embargo, a través de los años se fueron agregando más competencias y las unidades de negocio empezaron a tomar cada vez más en cuenta al centro de desarrollo de Guadalajara como parte importante de su *footprint*.

3.1.3 Necesidad del modelo de competitividad de I+D

Durante los últimos años, el centro de I+D ha logrado un crecimiento aproximado de un 15% anual de su personal. Las altas tasas de crecimiento en todas las unidades de negocio habían permitido mantener los costos por hora muy bajos, sin embargo, algunas están alcanzando un punto estable y enfrentan retos estratégicos más complicados, pues no sólo deben cuidar el métrico universalmente usado en

Pérdida de cuota por hora, sino también mantener el clima laboral y dar aumentos y promociones a los ingenieros entre otras cosas.

Durante las discusiones de presupuesto diferentes observaciones sobre la política de distribución de trabajo a proyectos salen a la luz:

- Las unidades de negocio esperan que las plantas de bajo costo mantengan el aumento anual de su cuota por hora a un máximo de 5%, mientras que el de las localidades de alto costo deberá estar a un máximo de 2% anual
- Las unidades de negocio consideran ideal que la relación de cuota por hora entre Alemania y los países de bajo costo sea de tres a uno con una tolerancia hasta una relación de dos y media a uno.
- Sin embargo, algunas unidades de negocio muestran más tolerancia que otras al aumento en los costos basadas en su valoración del tipo de trabajo realizado. Por ejemplo, en aquellos grupos donde el trabajo está mayormente enfocado a desarrollo de aplicaciones en la forma de soporte a producción las comparaciones son mucho más rígidas pues se percibe menor valor agregado en ellas y son fácilmente comparadas con los costos de China o India, contra los cuales es difícil de competir. En forma opuesta, hay una mayor tolerancia al aumento de costo en la cuota por hora para aquellos grupos que se están especializando en trabajo más sofisticado pues instintivamente se les compara con Estados Unidos o Alemania y resulta estratégico para la unidad de negocio desarrollar dichos grupos e invertir en ellos para que crezcan.

La dirección del centro de I+D entonces decidió que no puede simplemente dejar que cada unidad de negocios vaya creciendo en forma orgánica. Era necesario hacer una planeación estratégica donde se usara un métrico más completo que permitiera establecer metas claras que se puedan monitorear y asegurar la competitividad y sustentabilidad a futuro.

El métrico debe ser completo pero al mismo tiempo tiene que ser suficientemente sencillo para ser actualizado en forma mensual y poder ir corrigiendo desviaciones a lo largo del tiempo.

3.2 Desarrollo de la propuesta de modelo de competitividad de la I+D

3.2.1 Elementos del modelo de competitividad propuesto

Siguiendo la propuesta de Chiesa y Frattini el primer paso será definir el conjunto de elementos de este modelo de I+D: objetivos, dimensión de desempeño, indicadores, estructura y proceso de medición.

3.2.1.1 Objetivos

Propongo evaluar los objetivos de este modelo usando como base la PVT, la cual sugiere que los objetivos vayan enfocados a los fundamentos, la estrategia y a los resultados.

Iniciando por los resultados y teniendo en cuenta que en Pferd el resultado siempre se ve en términos de cuota por hora, el primer objetivo es mantener la

competitividad en términos de cuota por hora del centro de I+D estudiado de acuerdo a la percepción de las unidades de negocio.

El segundo objetivo, enfocado a la parte estratégica es evaluar la complejidad y la calidad de los desarrollos. La complejidad resulta estratégica, pues si una mejora en el valor agregado que diferencie al centro de desarrollo permite mantenerlo atractivo sin tener que entrar en una guerra de precios con localidades que claramente llevan la ventaja en ese renglón como serían China o India. De igual forma, la calidad significa satisfacción de clientes y una vez más es un factor de diferenciación contra otras localidades de bajo costo.

Por último, los objetivos enfocados a los fundamentos serán promover la innovación y la generación de *invention disclosures*, y retención del talento en términos de rotación de personal.

3.2.1.2 Dimensión de desempeño.

En base a los objetivos anteriormente definidos, las dimensiones que se estarán evaluando son: desempeño financiero, calidad del proceso de I+D, capacidad de innovación, y retención de talento.

3.2.1.3 Indicadores.

La propuesta es mantener indicadores que sean cuantitativos de forma que puedan ser integrados en un solo modelo que cumpla con lo mencionado por Werner y Souder (1997) en cuanto a que el modelo debe ser balanceado y fácil de mantener actualizado de forma que realmente resulten prácticos y aplicables.

3.2.1.4 Estructura.

Como se ha venido desarrollando desde el principio, el modelo que aquí se va a proponer será desarrollado para aplicarse en una localidad de I+D de Pford en México.

3.2.1.5 Proceso de medición.

Ya que se busca ligar directamente este indicador al Hoshin del centro de I+D lo primero es definir que la medición deberá hacerse en forma mensual. Adicionalmente se propone que una vez al año se revise el modelo y sus variables para evaluar si sigue siendo válido o si requiere algún ajuste en vista de los cambios en el entorno.

Para poder ir dando seguimiento al progreso en el resultado se propone que se grafique el resultado total del modelo con un gráfico de control. Ya que hay varios objetivos y por lo tanto varias variables a ser integradas en este modelo, igualmente se propone graficar cada una que sean actualizados y revisados mensualmente para analizarlos y determinar acciones de mejora oportunamente. Más adelante

cuando se tengan datos estadísticos podría introducirse gráficos de control y otros análisis.

3.2.2 Propuesta base del modelo de competitividad

Sintetizando lo que varios investigadores indican, el métrico de desempeño ideal cumple con los siguientes requisitos:

- Es diseñado específicamente para las necesidades.
- Es fácil de actualizar.
- Considera objetivos y procesos de I+D.
- Evaluar al I+D como sistema.
- Está compuesto por más de un factor de forma que permita una evaluación integral.

Considerando la información anteriormente expuesta, yo propongo un modelo que gira alrededor del objetivo de resultados que se está buscando, esto es, que la cuota por hora del centro de I+D permanezca competitivo de acuerdo a la percepción de las unidades de negocio. Como se mencionó en los antecedentes, para las unidades de negocio una cuota por hora competitiva para un país de bajo costo como México es aquella que mantiene una relación de tres a uno.

Consolidando lo anterior, mi propuesta de modelo de competitividad es el siguiente:

$$\frac{A}{3} \geq G \sum_{i=1}^n w_i V_i$$

Donde:

- A = Cuota por hora de la unidad de negocios en Alemania
- G = Cuota por hora de la unidad de negocios en Guadalajara
- i = Número de diferentes factores a considerar los cuales afectarán el valor de la cuota por hora de Guadalajara
- V = Valor multiplicador según el elemento que se esté evaluando
- w = Es el peso específico que se le dará a cada uno de los elementos seleccionados para la evaluación.

Mario Coccia (2001) presenta en el esquema 12 una serie de componentes de la I+D como sistema: entradas, procesos, salidas, receptores y resultados. Mi propuesta es analizar sistemáticamente cada uno de esos componentes del sistema para ver cómo transformarlos en las variables del modelo de competitividad propuesto manteniendo presentes los objetivos ya definidos y determinando cuál es el peso que deberá ser asignado dentro del modelo.

3.2.3 Entradas al sistema de I+D

Dentro de las entradas al sistema de I+D Coccia define estos elementos como los más importantes:

- Personal
- Equipo
- Fondos
- Información

A lo largo de la investigación realizada un factor de análisis recurrente es el factor de personal en diferentes modalidades, y por lo mismo uno de los objetivos de fundamento del modelo desarrollado es la retención de talento. La parte central de la operación de I+D está en el factor humano, y lo es en varios aspectos: desempeño, motivación, liderazgo, experiencia y costo de sueldos y beneficios. Debido a esto, el enfoque de evaluación de las entradas estará en el elemento de personal.

3.2.3.1 Evaluación del factor de personal

La evaluación del factor personal es tan muy importante, pues se relaciona directamente con varios de los objetivos definidos para este modelo de competitividad, por lo tanto, resulta necesario integrarlo en base a varias consideraciones:

- Complejidad del desarrollo. Basado en la proporción del personal trabajando para diferentes tipos de I+D. Esto se alinea con objetivo estratégico ya definido anteriormente.

- Acumulación del conocimiento. Basado en la rotación de personal anual contra la meta. Se relaciona directamente con el objetivo de fundamentos de retención de talento.

Para lograr un crecimiento sustentable el centro de desarrollo deberá buscar un balance entre sus costos de personal y la complejidad de los desarrollos en que trabajan. Mantener un balance adecuado no sólo permite un nivel sustentable de competitividad, también asegura que las personas tendrán trabajos apropiados para su nivel de experiencia, lo cual lleva a una realización profesional. De esta manera, ingenieros experimentados trabajando en desarrollos muy sencillos o ingenieros con poca experiencia forzados a hacer trabajo más allá de su nivel seguro conllevará un aumento en la rotación del personal.

La rotación de personal es un métrico importante pues es reflejo de varias cosas. Es un indicador de clima laboral y al mismo tiempo es clave para asegurar la acumulación de conocimiento y retención de talento, el cual es un factor indispensable para un centro de I+D.

Para evaluar el primer factor de complejidad del desarrollo se utilizará el sistema de clasificación de proyectos que ya existe en Pferd:

- P1: Proyectos de I+D básica y desarrollo de plataformas.
- P2: Proyectos de desarrollo de aplicaciones.
- P3: Proyectos de soporte a producción.

De acuerdo a la investigación hecha con las unidades de negocio, el trabajo en proyectos tipo P1 es comparable con el de Alemania, mientras que el P3 se encuentra en el otro extremo del espectro. Tomando en cuenta esta información, se propone la siguiente fórmula para el cálculo de esta variable:

$$K = \frac{3 * HC\%_{p1}}{2} + HC\%_{p2} + \frac{3 * HC\%_{p3}}{5}$$

Donde:

- K = Variable de complejidad de trabajo en proyectos de I+D
- HC%_{op1} = Porcentaje del total de personal trabajando en proyectos tipo P1
- HC%_{op2} = Porcentaje del total de personal trabajando en proyectos tipo P2
- HC%_{op3} = Porcentaje del total de personal trabajando en proyectos tipo P3

El siguiente factor de personal a evaluar es la rotación. En este caso, la rotación se irá midiendo con respecto a la meta de rotación del centro de I+D.

$$P = \frac{R_m}{R_a}$$

Donde:

- P = Variable de acumulación de conocimiento en base a rotación
- R_m = Porcentaje de rotación meta para el periodo del centro de I+D
- R_a = Porcentaje de rotación real para el periodo del centro de I+D

3.2.4 Procesos del sistema de I+D

Siguiendo la investigación de Coccia, estos son los principales procesos en el sistema de I+D:

- Actividades de investigación
- Realización del *know-how*
- Revisiones empíricas
- Participación en conferencias

La parte de los procesos en este centro de desarrollo puede medirse fácilmente de dos formas. Una de ellas ya está implementada y la otra es una propuesta adicional que hago en esta tesis, ya que es un modelo que existe actualmente en algunos grupos y podría fácilmente implementarse en todas las unidades de negocio con un valor agregado que va más allá del simple cálculo del modelo de competitividad.

El elemento que ya está implementado incluso ya va incluido en el cálculo de lo cuota G, este elemento son las horas productivas.

Un proceso de I+D eficiente garantizará que los ingenieros siempre tengan proyectos aprobados en los cuales trabajar y reportar sus horas. Los procesos de contratación, comunicación con las unidades de negocio y definición de estructuras administrativas (como jefaturas o gerencias) se deben cuidar en forma continua para mantener la cuota por hora a un nivel competitivo, de lo contrario el denominador disminuirá y la cuota por hora aumentará.

El otro elemento a incluir es el sistema de calidad del centro de I+D, el cual como menciono anteriormente, ya tiene una base sólida, un proceso establecido y de ser implementado en las unidades de negocio donde no existe actualmente.

3.2.4.1 El sistema de calidad de I+D

El propósito del sistema de calidad es asegurar la consistencia en la entrega de resultados a los diferentes OEM y evaluar que la I+D sea hecha siempre siguiendo los estándares y especificaciones de los OEM.

Cada tarea es registrada en el QST (llamado así por las siglas en inglés de *Quality System Tool*) incluyendo la información clave para su seguimiento: responsable, descripción, contenido de la tarea, fecha de revisión y fecha de entrega.

El proceso contempla revisiones de cumplimiento de las tareas de acuerdo a sus fechas de revisión y de entrega final para garantizar que todo sea entregado en tiempo y de acuerdo a estándares y requerimientos.

El QST genera estadísticas de cumplimiento de los entregables en tiempo y forma, el cual es expresado como un porcentaje de cumplimiento. Este porcentaje cuando hay un mal desempeño es menor a uno, y la intención de la variable en el modelo de competitividad es reducir la cuota cuando hay un buen desempeño, así que la variable será calculada de la siguiente manera, incluyendo una variable de

tolerancia que puede ser ajustada dependiendo de la situación específica de la unidad de negocios y sus metas de mejora.

$$C = \frac{1}{QST\% + t}$$

Donde:

- C = Variable de cumplimiento del sistema de calidad.
- QST% = Resultado de porcentaje de cumplimiento del sistema de calidad de I+D obtenido de la herramienta.
- t = Porcentaje de tolerancia de acuerdo a la meta de la unidad de negocios.

3.2.5 Salidas del sistema de I+D

Siguiendo el esquema trazado por Coccia, las principales salidas del proceso de I+D son:

- Innovaciones
- Patentes
- Artículos publicados
- Libros escritos
- Proyectos completados

- Presentaciones hechas
- Capacitaciones

Considerando que el enfoque del métrico aquí desarrollado es estratégico y pensando en la sustentabilidad, la propuesta de resultados se alinearán con lo observado en la tabla 12 y se procederá a medir las *invention disclosures* de acuerdo a la meta estratégica de las unidades de negocio.

3.2.5.1 Evaluación de salidas del sistema de I+D a través de *invention disclosures*

La innovación es claramente un punto clave que aumenta el valor de un centro de I+D y los *invention disclosures* tienen la característica de ser estratégicos, pues le permiten a la unidad de negocios tener una reserva de posibles patentes e ideas de productos que de acuerdo al mercado puede o no decidir llevar al nivel de aplicación de patentes en un futuro.

La meta estratégica que el centro de I+D ha planteado para su Hoshin es de lograr un *invention disclosure* por cada cinco personas. Considerando lo anterior, la variable de salidas será nombrada "I" y tomando en cuenta que el efecto deseado es que sea menor a uno cuando el resultado es positivo de forma que dé una ventaja a los costos, esta variable será medida de la siguiente manera:

$$I = \frac{\overline{HC}}{d * 5}$$

Donde:

- I = La variable de innovación que se quiere calcular
- d = Cantidad de *invention disclosures* generados en el periodo a evaluar
- \overline{HC} = Personal promedio en el periodo a evaluar

3.2.6 Los receptores y resultados en el sistema de I+D

En este caso específico, los receptores de la I+D del centro de desarrollo de Guadalajara son las diferentes unidades de negocios, e implícitamente están incluidos en la estructuración del modelo, al ser algo con lo que pueden fácilmente relacionarse pues toma como base el único métrico que manejan y los criterios de aceptación y modificación están basados en la misma retroalimentación obtenida de ellos.

Coccia menciona entre los resultados de un sistema de I+D el aumentar la competitividad de la empresa y el nivel cultural. Aunque esto no se mida directamente en el métrico, va implícito en el enfoque estratégico que se le está dando para buscar un crecimiento sustentable.

3.2.7 Asignación de pesos w_i a cada una de las variables del modelo

Cada una de las diferentes variables tiene diferentes pesos, a los que a continuación se les asignarán los valores de acuerdo al impacto observado en cada uno. La sumatoria de todos los pesos será igual a uno al final.

3.2.7.1 Peso de la variable de persona

Considerando la importancia y el peso del personal en la competitividad de cualquier centro de I+D, un gran peso será dado a estas variables. El peso asignado está basado empíricamente en mi experiencia personal y trabajo con las unidades de negocio. Considerando que el costo de personal representa entre un 50% y un 60% del valor de la cuota por hora y ya que el modelo está en términos de cuota por hora, se propone que la suma de ambos factores equivalga a 55%, donde claramente la complejidad tiene un peso mucho mayor por ser estratégica y por la sensibilidad que las personas de las diferentes unidades de negocio demuestran ante la misma. Por lo tanto se propone la asignación de los siguientes valores:

$$w_k = 0.4$$

$$w_p = 0.15$$

3.2.7.2 Peso de la variable del sistema de calidad

El cumplimiento con los procesos, las entregas y las fechas es un requisito indispensable para que la organización pueda confiar trabajo de mayor nivel al centro de I+D.

En este caso, al revisar el impacto del incumplimiento con las unidades de negocio, a esta variable y considerando que la sensibilidad que tienen las unidades

de negocio ante esta variable es alta aunque no tanto como la complejidad del desarrollo, propongo asignarle valor de la siguiente manera:

$$w_c = 0.3$$

3.2.7.3 Peso de la variable de *invention disclosures*

El centro de I+D maneja los *invention disclosures* como proyectos adicionales de los ingenieros, para los cuales reciben motivaciones y apoyo adicional, así que son un valor agregado más que algo que las unidades de negocio esperarían.

Después de revisar el impacto que este valor agregado da, las unidades de negocia estiman que si la meta del se cumpliera completamente, la afectación a la cuota por hora. Considerando esto y la diferencia contra los pesos ya asignados a las otras variables propongo para este modelo que sea de un máximo de 15%. Siendo así, el peso de esta variable será expresado de la siguiente manera:

$$w_d = 0.15$$

3.2.8 Propuesta final de modelo de competitividad de I+D

Considerando todo lo expuesto anteriormente, el modelo de competitividad que propongo en esta tesis es el siguiente:

$$\frac{A}{3} \geq G \sum_{i=1}^n w_i V_i$$

Al desarrollar el modelo, éste queda expresado de la siguiente forma:

$$\frac{A}{3} \geq G(w_k K + w_p P + w_c C + w_i I)$$

$$\frac{A}{3} \geq G\left(w_k \left(\frac{3 * HC\%_{p1}}{2} + HC\%_{p2} + \frac{3 * HC\%_{p3}}{5}\right) + w_p \frac{R_m}{R_a} + w_c \frac{1}{QST\% + t} + w_i \frac{\overline{HC}}{d * 5}\right)$$

En el siguiente capítulo se procederá a aplicar el modelo propuesto en el centro de desarrollo.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DEL MODELO DE COMPETITIVIDAD A UNA PLANTA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO EN EL RUBRO DE LA ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ

A lo largo de esta tesis se ha analizado los diferentes métricos disponibles en el mercado para evaluar la competitividad de la I+D y se ha concluido en base a la información encontrada que lo mejor es un modelo con enfoque sistémico y personalizado.

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\frac{A}{3} \geq G \left(w_k \left(\frac{3 * HC\%_{p1}}{2} + HC\%_{p2} + \frac{3 * HC\%_{p3}}{5} \right) + w_p \frac{R_m}{R_a} + w_c \frac{1}{QST\% + t} + w_i \frac{\overline{HC}}{d * 5} \right)$$

A continuación se aplicará el modelo al centro de I+D para el cual se personalizó. Considerando que la información es sensible y confidencial, los datos se muestran escalados.

- A = 300
- G = 85
- HC%_{op1} = 30%
- HC%_{op2} = 50%
- HC%_{op3} = 20%
- R_m = 5%
- R_a = 5.3%
- QST% = 90%
- t = 5%

- $HC = 10$
- $d = 2$
- $w_k = 0.40$
- $w_p = 0.15$
- $w_c = 0.30$
- $w_i = 0.15$

Considerando estos datos, el resultado final del modelo es el siguiente:

$$\frac{300}{3} \geq 85 \left(0.40 \left(\frac{3 * 30\%}{2} + 50\% + \frac{3 * 20\%}{5} \right) + 0.15 \frac{5\%}{5.3\%} + 0.30 \frac{1}{90\% + 5\%} + 0.15 \frac{10}{2 * 5} \right)$$

$$\frac{300}{3} \geq 85 * 1.1073$$

$$100 \geq 94.12$$

Como se puede ver en esta aplicación del modelo, al inicio basándose solamente en la cuota por hora el costo podía parecer bajo, pero al tomar en cuenta los diferentes factores del modelo de competitividad, la brecha se cierra y se ve que el límite aceptable está muy cerca de ser alcanzado.

Esto abre una gama de posibilidades en el manejo estratégico del centro de desarrollo para analizar cada variable y trabajar en ella al largo plazo.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta tesis fue investigar modelos de competitividad para la I+D con el enfoque hacia la planeación estratégica de una localidad de I+D en México en el ramo de la industria electrónica automotriz.

Si bien la investigación realizada sugirió en varias fuentes la posibilidad de métricos que hicieran una evaluación como sistema de la I+D para considerarla de forma más integral, muy pocos modelos de más de una variable fueron encontrados; los autores tienden a contemplar el uso de varios métricos pero no un modelo completo que los combine.

Referente a los hallazgos encontrados durante la realización de esta tesis se muestran los siguientes puntos:

- La importancia estratégica de la I+D hacen de vital importancia que el modelo que se use para la toma de decisiones sea adecuado y fácil de rastrear. Esta misma circunstancia llevó esta investigación a concluir que un modelo personalizado para las circunstancias específicas del centro de I+D tenía que ser desarrollado.
- Aunque el modelo haya sido desarrollado para este centro de I+D, las variables en su mayoría son muy comunes y ajustando los pesos específicos de las mismas podría ser aplicable para otros.
- Los pesos de cada una de las variables fueron sugeridos de forma empírica basada en mi experiencia personal y pueden ser ajustados a futuro según se vea la conveniencia.

- Para la mejora continua del modelo se sugiere sobretodo en la fase inicial de la implementación el evaluar la posibilidad de ajustar los factores de ponderación del modelo en forma mensual, y posteriormente podrá ser revisado y ajustado en sus variables y pesos específicos en forma anual cuando se hagan las revisiones estratégicas de Hoshin. De esta forma se garantiza que el modelo sea siempre adecuado y una guía estratégica valiosa.
- Resulta clave el seguimiento mensual que se le dé tanto al resultado del modelo general como al estatus de cada una de las variables, para lo cual se ha propuesto incluir gráficos de control que sean analizados puntualmente y deriven en acciones oportunas de mejora.
- El objetivo principal de esta tesis estuvo enfocada a un centro de I+D desde el punto de vista de planeación estratégica, pero igualmente podría utilizarse como herramienta de *benchmark* por las unidades de negocio para tomar mejores decisiones en la distribución de recursos y asignación de proyectos.
- El resultado de la aplicación del modelo resultó consistente con lo que se esperaba encontrar, y al expresar el resultado en términos que toda la organización maneja se facilita su difusión y entendimiento.
- Adicionalmente a la evaluación total de competitividad del centro de I+D, la evaluación individual de cada parte del modelo permite identificar qué partes del sistema son fortalezas que hay que mantener y cuáles son áreas de oportunidad sobre las que hay que elaborar planes de acción.

Concluyo por lo tanto, que esta investigación resultó en una propuesta de modelo de competitividad que es aplicable y útil como guía estratégica para el centro de I+D para el cual se personalizó sin ser limitativo sólo a éste.

BIBLIOGRAFÍA

- Abushaiba, Ibrahim Ali, and Zainuddin, Yuserrie, "Performance Measurement System Design, Competitive Capability, and Performance Consequences - A Conceptual Like," in *International Journal of Business & Social Science*, vol. 3, núm. 11, june de 2012, 184–193.
- Alcácer, Juan, "Location Choices Across the Value Chain: How Activity and Capability Influence Collocation," in *Management Science*, vol. 52, núm. 10, october de 2006, 1457–1471.
- Anlló, Guillermo *et al.*, "APORTES A LA DISCUSION SOBRE LA CONSTRUCCION DE INDICADORES DE INNOVACIÓN EN AMERICA LATINA. ¿QUÉ DEBEN MEDIR? CÓMO OBTENERLOS?", RICYT/CYTED/OEA/CONACYT, n.d.
- Arévalo Tome, Raquel *et al.*, "Propuesta de medida del desempeño innovador: aplicación en las empresas innovadoras españolas," vol. 13, núm. 1, 6 de october de 2011, 41–68, obtenido el Universidad de Vigo, España.
- Balkytė, Audronė, and Tvaronavičienė, Manuela, "Perception of Competitiveness in the Context of Sustainable Development: Facets of sustainable Competitiveness", in *KONKURENCINGUMO SUVOKIMAS DARNAUS VYSTYMOSI KONTEKSTE: "DARNAUS KONKURENCINGUMO" ASPEKTAI.*, vol. 11, núm. 2, june de 2010, 341–365.
- Barrett, Christie W. *et al.*, "Upgrading R&D in a downturn," in *McKinsey Quarterly*, , núm. 2, june de 2009, 92–94.
- Bartelsman, Eric J., "Searching for the sources of productivity from macro to micro and back," in *Industrial & Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, december de 2010, 1891–1917.

- Boehm, Eike, "Improving Efficiency and Effectiveness in an Automotive R&D Organization," in *Research Technology Management*, vol. 55, núm. 2, april de 2012, 18.
- Bottazzi, Laura, and Peri, Giovanni, "The International Dynamics of R&D and Innovation in the Long Run and in The Short Run," in *Economic Journal*, vol. 117, núm. 518, march de 2007, 486–511.
- Bro, George F. *et al.*, "Win the day: Managing price pressures in the Automotive Industry," in *Blue Canyon Partners, Inc.*, 2003, desde <http://bluecanyonpartners.com/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Win-the-Day-2003.pdf> .
- Brown, James R. *et al.*, "Financing Innovation and Growth: Cash Flow, External Equity, and the 1990s R&D Boom," in *Journal of Finance*, vol. 64, núm. 1, february de 2009, 151–185.
- Bruneckiene, Jurgita, and Paltanaviciene, Dovile, "Measurement of Export Competitiveness of the Baltic States by Composite Index," in *Baltijos šalių eksporto konkurencingumo vertinimas indeksu.*, vol. 23, núm. 1, february de 2012, 50–62.
- "Bharat Book Bureau: R&D Cost Cutting: Managing cost containment and safeguarding productivity," in *M2 Presswire*, 18 de november de 2010.
- Chiesa, V. *et al.*, "Performance measurement of research and development activities," in *EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION MANAGEMENT*, vol. 12, núm. 1, 2009, 25–61.
- CHIESA, VITTORIO *et al.*, "AN EXPLORATORY STUDY ON R&D PERFORMANCE MEASUREMENT PRACTICES:: A SURVEY OF ITALIAN R&D-INTENSIVE

FIRMS,” in *International Journal of Innovation Management*, vol. 13, núm. 1, march de 2009, 65–104.

Chiesa, Vittorio *et al.*, “Performance measurement in R&D: exploring the interplay between measurement objectives, dimensions of performance and contextual factors,” in *R&D Management*, vol. 39, núm. 5, november de 2009, 487–519.

Chrisman, James J., and Patel, Pankaj C., “Variations in R&d Investments of Family and Nonfamily Firms: Behavioral Agency and Myopic Loss Aversion Perspectives,” in *Academy of Management Journal*, vol. 55, núm. 4, agosto de 2012, 976–997.

Ciftci, Mustafa, “Do Analysts Underestimate Future Benefits of R&D?,” in *International Business Research*, vol. 5, núm. 9, september de 2012, 26–37.

Coccia, M., “A Tool for Measuring the Performance in the R&D Organizations,” edited by D. F. Kocaoglu and T. R. Anderson, 160–167, IEEE, PICMET (Portland international conference on management of engineering and technology), 2001.

Coccia, Mario, “A basic model for evaluating R&D performance: theory and application in Italy,” in *R&D Management*, vol. 31, núm. 4, october de 2001, 453.

———, “New models for measuring the R&D performance and identifying the productivity of public research institutes,” in *R&D Management*, vol. 34, núm. 3, june de 2004, 267–280.

Cole, Jonathan *et al.*, “Science the Endless Frontier 1945-1995,” n.d.

Cook, Leslie G., “How to Make R & D More Productive,” in *Harvard Business Review*, vol. 44, núm. 4, august de 1966, 145–153.

Daveri, Francesco, and Maliranta, Mika, "Age, seniority and labour costs: lessons from the Finnish IT revolution," in *Economic Policy*, vol. 22, núm. 49, January de 2007, 117–175.

Frantzen, Dirk, "R&D and manufacturing production specialization in developed economies," in *Applied Economics*, vol. 40, núm. 23, 10 de December de 2008, 3009–3027.

FRATTINI, FEDERICO *et al.*, "TOWARDS A SYSTEM OF PERFORMANCE MEASURES FOR RESEARCH ACTIVITIES:: NIKEM RESEARCH CASE STUDY," in *International Journal of Innovation Management*, vol. 10, núm. 4, December de 2006, 425–454.

Fritsch, Michael, and Slavtchev, Viktor, "How does industry specialization affect the efficiency of regional innovation systems?," in *The annals of regional science : an international journal of urban, regional and environmental research and policy ; official journal of the Western Regional Science Association*, vol. 45, núm. 1, 2010, 87–108.

García-Valderrama, Teresa, and Mulero-Mendigorry, Eva, "Content validation of a measure of R&D effectiveness," in *R&D Management*, vol. 35, núm. 3, June de 2005, 311–331.

Germeraad, Paul, "MEASURING R&D IN 2003," in *Research Technology Management*, vol. 46, núm. 6, December de 2003, 47.

Gutián, María Virginia González, and Piñeiro, Maricela Molina, "La evaluación de la ciencia y la tecnología: revisión de sus indicadores. (Spanish)," in *Science and*

technology assessment: a review of their indicators. (English), vol. 18, núm. 6, diciembre de 2008, 1–19.

Guzmán, Javier *et al.*, “Integration of strategic management, process improvement and quantitative measurement for managing the competitiveness of software engineering organizations,” in *Software Quality Journal*, vol. 18, núm. 3, september de 2010, 341–359.

Halkos, George E., and Tzeremes, Nickolaos G., “Does the Home Country’s National Culture Affect MNCs’ Performance? Empirical Evidence of the World’s Top 100 East-West Non-financial MNCs,” in *Global Economic Review*, vol. 37, núm. 4, december de 2008, 405–427.

Iacovone, Leonardo, and Crespi, Gustavo A., “Catching up with the technological frontier: Micro-Nivel evidence on growth and convergence,” in *Industrial & Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, december de 2010, 2073–2096.

Ito, Keiko, and Lechevalier, Sébastien, “Why some firms persistently out-perform others: investigating the interactions between innovation and exporting strategies,” in *Industrial & Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, december de 2010, 1997–2039.

Jarmillo, Hernán, and Albornoz, Mario, “EL UNIVERSO DE LA MEDICION. La perspectiva de la ciencia y la tecnología”, Editorial Tercer Mundo, 1997.

Jarmillo, Hernán *et al.*, *Manual de Bogota.*, RICYT / OEA / CYTED, 2001.

Jelinek, MariannBean, “21st-Century R&D,” in *Research Technology Management*, vol. 55, núm. 1, february de 2012, 16.

- Kar, Surajit *et al.*, "MANAGING GLOBAL R&D OPERATIONS--LESSONS FROM THE TRENCHES," in *Research Technology Management*, vol. 52, núm. 2, april de 2009, 14–21.
- Kenyon, David A., "The Hoshin Process--Linking Strategy, Process, and People," in *Employment Relations Today (Wiley)*, vol. 25, núm. 2, summer98 de 1998, 1–16.
- Kim, Bowon, and Oh, Heungshik, "Economic compensation compositions preferred by R&D personnel of different R&D types and intrinsic values," in *R&D Management*, vol. 32, núm. 1, january de 2002, 47.
- Kirankabeş, Mustafa Cem, and Erçakar, Mehmet Emin, "Importance of Relationship between R&D Personnel and Patent Applications on Economics Growth: A Panel Data Analysis," in *International Research Journal of Finance & Economics*, , núm. 92, 15 de june de 2012, 72–81.
- Knott, Anne Marie, "NEW HOPE FOR MEASURING R&D EFFECTIVENESS," in *Research Technology Management*, vol. 52, núm. 5, october de 2009, 9.
- , "The Trillion-Dollar R&D Fix," in *Harvard Business Review*, vol. 90, núm. 5, may de 2012, 76–82.
- Kunsoo Han *et al.*, "Information Technology Spillover and Productivity: The Role of Information Technology Intensity and Competition," in *Journal of Management Information Systems*, vol. 28, núm. 1, summer de 2011, 115–145.
- Madsen, Jakob B., "THE DYNAMICS OF LABOUR'S INCOME SHARES AND THE WAGE CURVE–PHILLIPS CURVE CONTROVERSY," in *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 56, núm. 1, february de 2009, 45–72.

Manual de Frascati 2002: Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), n.d.

“MANUAL ON THE MEASUREMENT OF HUMAN RESOURCES DEVOTED TO S&T ‘CANBERRA MANUAL’”, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1995.

Mayor, Monica Garda-Ochoa *et al.*, “LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO VARIABLE DETERMINANTE EN LA COMPETITIVIDAD DE LOS PAÍSES. (Spanish),” in *TECHNOLOGICAL INNOVATION AS A DETERMINING FACTOR ON NATIONAL COMPETITIVENESS. (English)*, , núm. 31, June de 2012, 137–166.

Meyers, Thomas, and Hester, Patrick, “Toward the What and How of Measuring R&D System Effectiveness,” in *Proceedings of the European Conference on Management, Leadership & Governance*, January de 2011, 296–305.

Ming-Yeu Wang *et al.*, “Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining Ming-Yeu Wang, Dong-Shang Chang and Chih-Hsi Kao Identifying technology trends for R&D planning,” in *R&D Management*, vol. 40, núm. 5, November de 2010, 491–509.

Mueller, Dennis C., “PATENTS, RESEARCH AND DEVELOPMENT, AND THE MEASUREMENT OF INVENTIVE ACTIVITY,” in *Journal of Industrial Economics*, vol. 15, núm. 1, November de 1966, 26.

- Nachum, Lilach, and Zaheer, Srilata, "The Persistence of Distance? The Impact of Technology on Mne Motivations for Foreign Investment," in *Strategic Management Journal*, vol. 26, núm. 8, 2005, 747–767.
- Narayanamurti, Venkatesh *et al.*, "RIP: The Basic/Applied Research Dichotomy," in *Issues in Science & Technology*, vol. 29, núm. 2, 2013, 31–36.
- Niosi, Jorge, "Rethinking science, technology and innovation (STI) institutions in developing countries," in *Innovation: Management, Policy & Practice*, vol. 12, núm. 3, december de 2010, 250–268.
- Osma, Beatriz Garcia, and Young, Steven, "R&D Expenditure and Earnings Targets," in *European Accounting Review*, vol. 18, núm. 1, may de 2009, 7–32.
- Paxon, Dean, *Real R & D Options*, Butterworth-Heinemann Finance, 2003.
- "R&D Cost Cutting: Managing cost containment and safeguarding productivity", M2PressWIRE, 18 de november de 2010.
- Rodríguez-Clavijo, Yilian *et al.*, "EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE I+D Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. IMPORTANCIA DE SU VINCULACIÓN PARA EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL. (Spanish)," in *EVALUATION OF R & D PROJECTS AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. IMPORTANCE OF THEIR RELATIONSHIP TO ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT. (English)*, , núm. 3, july de 2012, 1–17.
- Schwartz, LawrenceMiller, "Measuring the Effectiveness of R&d," in *Research Technology Management*, vol. 54, núm. 5, september de 2011, 29.

- Siggel, Eckhard, "International Competitiveness and Comparative Advantage: A Survey and a Proposal for Measurement," in *Journal of Industry, Competition & Trade*, vol. 6, núm. 2, june de 2006, 137–159.
- Sinha, Kingshuk K., and Van de Ven, Andrew H., "Designing Work Within and Between Organizations," in *Organization Science*, vol. 16, núm. 4, august de 2005, 389–408.
- Song, Lisa Z., and Song, Michael, "The Role of Information Technologies in Enhancing R&D–Marketing Integration: An Empirical Investigation," in *Journal of Product Innovation Management*, vol. 27, núm. 3, may de 2010, 382–401.
- Steele, Lowell W., "Evaluating the Technical Operation," in *Research Technology Management*, vol. 31, núm. 5, 1988, 11–18.
- Sun Jing, "Comparative Analysis of R&D Investment Strategy of Multinationals of United States and Japan in China," in *Management Science & Engineering*, vol. 6, núm. 2, 20 de june de 2012, 86–90.
- Sutz, Judith, "Measuring innovation in developing countries: some suggestions to achieve more accurate and useful indicators," in *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, vol. 5, núm. 1, enero de 2012, 40–57.
- Szakonyi, Robert, "Measuring R&D effectiveness--I," in *Research Technology Management*, vol. 37, núm. 2, march de 1994, 27.
- , "Measuring R&D effectiveness--II," in *Research Technology Management*, vol. 37, núm. 3, may de 1994, 44.

- Teirlinck, Peter *et al.*, “Corporate decision-making in R&D outsourcing and the impact on internal R&D employment intensity,” in *Industrial & Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, diciembre de 2010, 1741–1768.
- Valderrama, T. García, and Mendigorri, E. Mulero, “Medida de los factores claves del éxito de la I+D: el constructo y sus dimensiones. (Spanish),” in *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa (CEDE) (Asociación Científica de Economía y Dirección de la Empresa (ACEDE))*, vol. 32, september de 2007, 15–47.
- Veliyath, Rajaram, and Sambharya, Rakesh B., “R&D Investments of Multinational Corporations,” in *Management International Review (MIR)*, vol. 51, núm. 3, june de 2011, 407–428.
- Werner, B. M., and Souder, W. E., “Measuring R&D Performance - U.S. and German Practices: Quantitative output metrics that critically assess the value of R&D for every dollar spent are favored in the U.S., whereas German managers prefer input metrics that simply measure the intrinsic worth of R&D,” in *RESEARCH TECHNOLOGY MANAGEMENT*, vol. 40, núm. 3, 1997, 28–32.
- Werner, Bjorn M.Souder, “Measuring R&D performance--state of the art,” in *Research Technology Management*, vol. 40, núm. 2, march de 1997, 34.
- , “Measuring the efficiency and efectiveness of inovation processes,” in *Ph.D. Dissertation*, , núm. prepublication draft, 1995.
- Witcher, B.j., and Butterworth, Rosie, “Hoshin kanri: A preliminary overview,” in *Total Quality Management*, vol. 8, núm. 2/3, june de 1997, 325–329.

Yuan-Chieh Chang *et al.*, “Prioritizing Corporate R&D Capabilities: The Intellectual Capital Perspective,” in *Proceedings of the European Conference on Intellectual Capital*, January de 2009, 124–134.