

CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

**Disertación Doctoral presentada a la Pontificia Universidad Javeriana
para dar cumplimiento parcial de los requerimientos para optar al título
de**

**DOCTOR EN INGENIERÍA
ORLANDO LÓPEZ-CRUZ**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DOCTORADO EN INGENIERÍA**

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE, 2017

CONFIGURATION OF ABSORPTIVE CAPACITY ROUTINES

**A Doctoral Dissertation Submitted to the Pontifical Xavierian University
in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of**

DOCTOR OF ENGINEERING

by ORLANDO LÓPEZ-CRUZ



**PONTIFICAL XAVIERIAN UNIVERSITY
FACULTAD DE INGENIERÍA
DOCTORADO EN INGENIERÍA**

BOGOTÁ D.C., DECEMBER, 2017

CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

**Disertación Doctoral presentada a la Pontificia Universidad Javeriana
para dar cumplimiento parcial de los requerimientos para optar al título
de**

DOCTOR EN INGENIERÍA

ORLANDO LÓPEZ-CRUZ



Director

Nelson Obregón Neira, Ph.D.

Grupo de Investigación Riesgo en Sistemas Naturales y Antrópicos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DOCTORADO EN INGENIERÍA

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE, 2017

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”.

APROBACIÓN DE DISERTACIÓN DOCTORAL

La tesis titulada CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN cuyo autor es SAUDIEL ORLANDO LÓPEZ-CRUZ ha sido evaluada, aprobada y postulada para recibir reconocimiento como LAUREADA por:

Víctor Wilfredo Bohórquez López Ph.D.

Investigador CENTRUM Católica
Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

Flavio Hernando Jácome Liévano Ph.D..

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Rafael A. González Rivera Ph.D.

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Camilo Enrique Olaya Nieto Ph.D.

Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

Bogotá D.C., Colombia, Diciembre 13, 2017

STATEMENT OF DISSERTATION APPROVAL

The thesis titled CONFIGURATION OF ABSORPTIVE CAPACITY ROUTINES authored by SAUDI EL ORLANDO LÓPEZ-CRUZ has been reviewed and approved and postulated to be AWARDED to LAURATE honors by:

Víctor Wilfredo Bohórquez López Ph.D.
Investigador CENTRUM Católica
Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

Flavio Hernando Jácome Liévano Ph.D.
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Rafael A. González Rivera Ph.D.
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Camilo Enrique Olaya Nieto Ph.D.
Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

Bogotá D.C., Colombia, December 13, 2017

AGRADECIMIENTOS

Esta sección es eminentemente emotiva así como inminente e irremediablemente inconclusa o al menos incompleta. Resulta difícil mencionar en el orden correcto a todas las personas que directa e indirectamente brindaron el importante apoyo para la formación de un investigador en el entorno colombiano, en especial cuando de realizar investigación en ingeniería se refiere, por tres razones principales que sólo se mencionarán tangencialmente. La primera, la creencia generalizada de que la investigación válida sólo es aquella a la que se le pueda catalogar como ‘investigación científica’ que, como su nombre lo dice es investigación en ciencias. La segunda, la convicción tradicional de que la ingeniería es (solamente) la aplicación de conocimiento científico y, la tercera razón, que entra en contradicción con el supuesto anterior que exhiben algunos, la inveterada creencia – pero también errada- de algunos investigadores en ingeniería que persiguen que los resultados de sus investigaciones produzcan generalizaciones, explicaciones, predicciones, o leyes universales con fórmulas analíticas. Lamentablemente, de esta clase de investigadores también hay en otros campos que demandan de sus investigadores resultados que sean transformadores hacia el futuro y no resultados que se restrinjan a explicar lo sucedido.

Por lo anterior, esta investigación fue casi un trabajo clandestino, con actividades encubiertas que semejaron pasos del método científico para garantizar su terminación e impulsadas casi subrepticamente para que pasara desapercibido, mantenido en el anonimato para que no fuese llevado a la picota pública por los inquisidores juicios que pudiesen someterlo a las ‘pruebas ácidas’ de las ciencias los investigadores de otros dominios del conocimiento, o lo que es lo mismo, que sea evaluado usando como referentes criterios que están por fuera de su dominio de conocimiento. Pero ahora que tiene una identidad propia, un cuerpo propio, puede exponerse a esos entornos y espero que pueda defenderse con altura.

Fue este el contexto en el que resultó grandemente valioso el soporte espiritual y hasta económico de quienes apoyaron los continuos esfuerzos, muchas veces luchas calladas que tuve que dar, frente al *statu quo* de las “autoridades” del conocimiento en distintas arenas. Muchos de ellos apertrechados en su desconocimiento del alto grado de exigencia en la formación doctoral dentro del *Grupo de Investigación en Riesgo en Sistemas*

Naturales y Antrópicos en el Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana. No en vano el grupo está clasificado en el más alto rango de Colciencias, que es lo menos que se puede decir. Pero para hacer justicia, y no se piense que en el grupo de investigación se recurre a prácticas de adoctrinamiento o de presión, allí no existen capataces. La administración del grupo de investigación está liderada por el respeto, la confianza y el solidario rigor de Alfonso M. Ramos, Ph.D. que genera un amistoso vínculo que obliga a llegar a productos de investigación de la más alta calidad en reciprocidad al beneficio de tantas virtudes.

Por otra parte, este emprendimiento de formación doctoral ha sido un acto de amor y un esfuerzo para recompensar todas las esperanzas de aquellos que creyeron tanto en mí como en mis capacidades y optaron generosamente por desconocer, o al menos perdonar, mis debilidades y defectos. Quiero empezar por dedicar este trabajo y entregar mi agradecimiento vital y profundamente emotivo a mi madre Rosa Elvira Cruz de López, quien resignadamente vivió mi distanciamiento, sólo matizado con llamadas telefónicas y fugaces visitas y abrazos, que también con tolerancia maternal toleró mi escasez de tiempo para actividades familiares.

Ocupa un lugar muy especial mi compañera de vida, de esperanzas y de planes Diana Sofía Díaz Aparicio quien se quedó con mi corazón, mi confianza y mis sueños de futuro que se construyen con el amanecer de cada día. Sólo tenemos el hoy. El ayer ya no lo podemos cambiar. Y el mañana aún no ha llegado, pero debemos tener confianza en que el mañana llegará a ser el hoy en el que dispongamos de tiempo para lo que nos haya llamado Dios.

A Diana Sofía, mi compañera, le debo también cuestionamientos acerca del significado de lo escrito y, además, ser la inspiradora de algunos de los títulos de artículos publicados que resultaron de esta investigación. Para que no quedase en sólo palabras, ella insistió en que las cosas debían ser “más allá de la retórica” y más allá de la retórica (seguramente en su acepción más despectiva) se encuentra lo real, lo concreto, lo auténtico, es decir, lo que sale del alma, de lo más elaborado de una disertación y de lo más profundo de mi ser. Por insistir en este aspecto y motivarme a mejorar, le doy los créditos a mi compañera, a mi pareja, Diana Sofía.

Dedico también este logro a mi hermana Rosa Elvira Velásquez Cruz, a mi hermano Juan Carlos López Cruz, a mis sobrinas Luisa Fernanda y Sandra Rocío, a mis sobrinos Richard Alexander y Boris Mauricio, y a mis amigos de siempre: Oswaldo Gómez D. M.D., Carlos Manuel Herrera Santos M.Sc.,

Marco e Ignacio Ramos, a quienes les prometo volver a reunirnos, y a todos los familiares que anónimamente me apoyaron perdonando mi ausencia.

Un especial agradecimiento a Nelson Obregón Neira Ph.D., profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Ingeniero Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, Magister en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, Bogotá, Ph.D. en *Hydrologic Sciences* de la Universidad California (Davies) y mi tutor doctoral, quien creyó en esta propuesta desde el comienzo. Respaldó mis iniciativas poco ortodoxas y hasta atrevidas. Continuó creyendo en mí cuando tuve periodos de aridez de fe en una propuesta que se distancia de las tradicionales investigaciones en ingeniería y que, posiblemente, le generó más de un desasosiego y desconcierto, así como una que otra controversia con sus colegas ingenieros.

Me enfrenté a la disyuntiva entre mantenerme al margen para que no se llegase a pensar en pérdida de 'objetividad' o acercarme para ampliar los aportes que Rafael A. González Rivera Ph.D., profesor asociado de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Ingeniero de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, M.Sc. in *Computer Science* y Ph.D. en *Systems Engineering (cum laude, Aart Bosman Award)* de Delft University of Technology, hiciese en todas las instancias de evaluación previas a la defensa de tesis doctoral en las que actuó como firme evaluador y a la vez coordinador del comité de evaluación: la primera ocasión fue en el examen de competencias y en dos ocasiones en el examen de candidatura. Si bien fue un solo examen de candidatura, éste se realizó en dos momentos ante dificultades de coordinación y comunicación con los jurados. Agradezco su paciencia y tolerancia, especialmente en los temas que son de su dominio. También su empeño en realizar las labores de coordinación que pueden resultar extenuantes.

Los dos momentos de dicha prueba –el examen de candidatura-, fue un privilegio de pocos, y más si se considera que en una de esas ocasiones mi jurado fue Víctor Wilfredo Bohórquez López Ph.D. investigador de CENTRUM Católica - Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú; Ingeniero Informático, Pontificia Universidad Católica Del Perú (PUCP), MBA Máster en Dirección de Empresas de IE Business School (Madrid, España) y Ph.D. en Business Administration de IE Business School (Madrid, España). Sus circunstancias particulares incidieron de manera inesperada en el cierre del proceso de evaluación de esta investigación doctoral, motivando la vinculación de un jurado adicional: Flavio Hernando Jácome Liévano Ph.D., Director de Postgrados de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Pontificia Universidad Javeriana y también con

formación jesuítica desde su educación secundaria en el Colegio Mayor de San Bartolomé, en Bogotá D.C., Ingeniero Eléctrico de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Magister en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. y Doctor en Economía de la Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea.

Cada uno de mis jurados en cada prueba fue valioso: por compartir generosamente sus puntos de vista y su conocimiento conmigo, agradezco a Rafael Germán Hurtado Heredia Ph.D., profesor de la Facultad de Ciencias, Departamento de Física, de la Universidad Nacional de Colombia; Físico de la misma Universidad y Doctorado en Física de la *Universita degli Studi di Perugia*, Italia. Por recomendación de Jorge Enrique Mejía Ph.D., a quien refiero más adelante, tomé un curso de postgrado en el Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia, Sociofísica, orientado por Rafael Hurtado. También agradezco a Camilo Enrique Olaya Nieto Ph.D., profesor del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes, Bogotá, Ingeniero de Sistemas y Computación y Magister en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes, Bogotá, y Doctor Oeconomiae de *Universitaet St Gallen*, Suiza. A Camilo Olaya lo conocí cuando tomé el curso ATEO: Aplicaciones y Teoría Evolutiva en las Organizaciones en la Universidad de los Andes, quien logró orientarme en las ideas de los sistemas basados en agentes como nunca antes logró hacerlo. Inmenso aprecio y admiración por su paciencia con mis lentos razonamientos.

Finalmente, por sus inquietantes cuestionamientos y valiosas observaciones reitero el agradecimiento a los integrantes de mi comité evaluador de defensa de tesis doctoral, cuatro magníficas personas (y no sólo tres como se acostumbra) que ya han sido mencionados: (i) Rafael A. González Rivera Ph.D., (ii) Víctor Wilfredo Bohórquez López Ph.D., (iii) Flavio Hernando Jácome Liévano Ph.D. y (iv) Camilo E. Olaya N. Ph.D.

Todos mis compañeros de Doctorado fueron importantes. No obstante, merecen una mención especial Jorge Enrique Mejía Ph.D., profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Colombia, por retarme a explicarle el tema de mi investigación. Mauricio González Ph.D., actualmente profesor de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales en la Pontificia Universidad Javeriana, por la compañía académica en jornadas de discusión, al igual que en las sesiones de animación para llegar al final de este comienzo. A Pedro León García Ph.D.(c), profesor de la Universidad del Quindío, por hallar las similitudes de este trabajo con los elementos de las cuencas hidrográficas y por su ayuda en los evidentes detalles de forma cuando no

tuve la tranquilidad mental para verlos. A ellos especialmente por haber sido mis compañeros de oficina durante los años del Doctorado.

También a mi *classmate* César Valdés L. Ph.D. (c), profesor de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, gran compañero de equipo y por su inmensa caballerosidad y por ser un referente de perseverancia sobre todo en los momentos de mayor adversidad. Las citas a sus trabajos no son de ninguna manera un acto de diplomacia sino, por el contrario, la evidencia del interés que mostró él en el estudio de cada uno de los temas de investigación, siendo el suyo seguridad alimentaria, que derivó en que resultaran ideas y sugerencias desde sus propias investigaciones que, sólo en apariencia, no están relacionadas con el presente.

Al Dr. Miguel Ruiz Rubiano M.D. de la Universidad El Bosque por su respaldo para iniciar estos estudios doctorales y con admiración al Dr. Miguel Otero Cadena M.D. y al Dr. Gerardo Aristizábal A. M.D., co-fundadores de la Universidad El Bosque, por mantenerme referenciado e incentivándome para la finalización de esta formación doctoral.

A todos los evaluadores expertos de organizaciones IPS (Institución Prestadora de Servicios de Salud) de la Sabana de Bogotá que aceptaron la invitación a conocer el modelo computacional que resultó de esta investigación, especialmente los de la IPS Radioxenter Ltda. y de la Fundación Clínica El Bosque, por su entusiasmo al enfrentarse a la interfaz gráfica del modelo de simulación. Agradezco las sugerencias realizadas para mejorar el modelo computacional más allá de las preguntas establecidas en el protocolo.

Quizás a algunos no parezca que éste sea el orden más adecuado de presentación o quizás se sientan compungidos por haberlos dejado en el anonimato, pero como dije al inicio, esta sección es inconclusa. Acudo al perdón que me dispense el lector que no se encuentre en estas líneas por su mención implícita –y no explícita- en esta parte preliminar.

Por otra parte, dentro de mi fuero individual, sé que mi ángel de la guarda me inspiró, me protegió de todo mal y me acompañó por este camino: me refiero a mi fallecida hija Michelle Andrea López, quien estaría feliz de haberme acompañado en estas actividades académicas de la misma forma como lo hacía a sus cuatro años cuando me observaba sentada, al lado mío, cuando estaba trabajando en mi trabajo de grado de la maestría. Esto es para honrar tu memoria, hija y ángel mío. Con mucho amor también quiero honrar con este resultado a mi querida sobrina Darma Shajara López, enfermera graduada de la Pontificia Universidad Javeriana, que fuese coordinadora del Semillero de

Investigación con Niñas, Niños y Adolescentes, SINNA, y que falleciera de cáncer a inicios de diciembre de 2017, uno o dos días después de que esta investigación doctoral fuese evaluada en el auditorio Paulo VI de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Sé que mi sobrina en el cielo también hubiese estado contenta de acompañarme a la ceremonia de graduación.

Y porque el creador es infinitamente bondadoso, grande y todopoderoso, me ha apoyado siempre, pero especialmente me ha levantado en sus brazos en los inmensos desiertos de ignorancia y tristeza. Para agradecerle con humildad, no sólo la compañera que me ha dado sino también haber logrado este resultado que sólo es mérito de su grandeza y lo presento para su mayor gloria, recurro a la parábola de los talentos (Mt. 25:14-30), que usualmente interpretan las homilías (según conozco en el culto cristiano católico) como una serie de habilidades y dones otorgados a las personas.

Si bien esta extrapolación como habilidades y dones da el sentido actual a la enseñanza que busca transmitir dicha parábola, también puede ser de inmenso valor examinar con más detalle las cuantificaciones a las que se refiere, y las implicaciones sobre los derechos de un trabajador en la legislación colombiana vigente, para contextualizarlo en una realidad que permita una comparación práctica y actual.

Es posible encontrar que en Roma antigua se usaban, entre otras monedas, los talentos de oro y los talentos de plata.

Tomando como equivalencia un (1) talento de plata como 21.000 gramos (21 Kg.) de plata (aunque algunos reportan que en el antiguo testamento equivalía a 34 Kg. de plata¹), pero seamos conservadores en esta paridad, y que cuatro (4) gramos de plata equivalían a un (1) denario, se tiene que:

$$\text{un (1) talento equivalía a } \frac{21.000}{4} = 5.250 \text{ denarios.}$$

Por un (1) día de trabajo un trabajador judío devengaba un (1) denario (como se infiere de Mt. 20:2), digamos un (1) salario mínimo legal vigente diario. En consecuencia, para ganar un (1) talento, el trabajador debía laborar 5.250 días, es decir 14 años, 4 meses y 18 días, que equivalen aproximadamente a 718 semanas de aportes al *Régimen de Prima Media con prestación definida* (Ley 100 de 1993, modificada por la Ley 797 de 2003) (RPM) en la legislación colombiana vigente a la fecha (diciembre, 2017).

¹ «DE LIBRAS, ONZAS Y ALGO MAS...» (PDF). Centro filatélico y numismático San Francisco. Disponible en <http://www.centrosanfrancisco.org.ar/noticias/LIBRAS.pdf>

Entonces, dos (2) talentos equivalen a veintiocho (28) años, nueve (9) meses y seis (6) días de trabajo (que equivalen aproximadamente a 1.436 semanas de aportes al régimen de prima media con prestación definida RPM en la legislación colombiana).

Y cinco (5) talentos equivalen a setenta y un (71) años y once (11) meses de trabajo (que equivalen aproximadamente a 3.594 semanas de aportes al régimen de prima media con prestación definida RPM en la legislación colombiana).

Considerando que en el RPM en Colombia se requiere un mínimo de 1.300 semanas de aportes para acceder al derecho a recibir una mesada mensual como pensión vitalicia (con el porcentaje mínimo del promedio de los ingresos de los últimos diez años, actualizados a valor presente con base en los porcentajes inflacionarios de cada uno de los respectivos años) aquel trabajador que recibió un (1) talento, en realidad recibió $\frac{718}{1.300} = 0,5523$, o dicho de otra forma, recibió el derecho al 55,23% de las semanas requeridas para acceder al derecho a la pensión.

El trabajador que recibió dos (2) talentos, recibió $\frac{1436}{1.300} = 1,1046$, o el 110,46% de las semanas de aportes para acceder al derecho.

El trabajador que recibió cinco (5) talentos, recibió $\frac{3.594}{1.300} = 2,7646$, o el 276,46% de las semanas de aportes para acceder al derecho.

En el contexto de estas cuantificaciones colombianas, quiere decir que aquel que recibió 5 talentos recibió casi tres veces (276,46%) el mínimo requerido para acceder al derecho a pensión. Aquel que recibió 2 talentos recibió más del mínimo requerido para acceder a ese derecho y aquel que recibió un talento recibió más de la mitad del mínimo requerido para acceder a ese derecho. ¿Cuántos trabajadores colombianos estarían felices de recibir al menos la esperanza de que faltase menos de la mitad de los requisitos en tiempo para acceder al derecho a la pensión?

Es decir, en esta parábola se ha repartido, en su orden, más de dos vidas, más de una vida y más de media vida para dar rendimientos.

Pero esto va más allá. Establece la parábola (Mt. 25:14-30) que sólo aquellos que recibieron cinco y dos talentos transformaron estos beneficios en algunos más, en tanto que aquel que recibió un (1) talento no se esforzó en transformarlo.

Una de las posibles enseñanzas que rara vez se enfatiza en la exégesis de ésta parábola es el valor de la transformación de una situación, aun cuando ésta parezca muy favorable o positiva. Aquellos que recibieron generosamente cinco o dos talentos no permanecieron inermes sino que, por el contrario, quisieron corresponder a la confianza 'depositada' en ellos haciéndola prosperar - para lo cual seguramente tuvieron que emplear algún esfuerzo (transformar energía)- y obtuvieron su recompensa. Es decir, al parecer interpretaron que cuanto más se recibe, mayor es el compromiso para generar valor a partir de lo recibido.

En contraste, aquel que recibió un talento, no realizó ningún esfuerzo (productivo). Lo que, de acuerdo con el nuevo testamento, exigía un mayor esfuerzo para transformar la situación desventajosa. Hay que recordar que aquel que recibió un talento, recibió el equivalente a más de la mitad de las semanas de aportes requeridos por la ley colombiana para acceder al derecho de recibir una mesada pensional mensual, lo cual no es nada despreciable si se tiene en cuenta que, al parecer, una gran cantidad de colombianos no alcanzan a completar el mínimo de 1.300 semanas de aportes.

Lo que refiere el evangelio es que aquel recibió poco se mostró mezquino y continuó actuando como si nada hubiese recibido. En tanto que aquellos que más recibieron, también más se esforzaron.

Considero que esta parábola bien daría un significado más amplio a la concepción de la ingeniería en el siglo XXI como transformadora de las situaciones, es decir, una ingeniería que no espera a que haya "problemas" (en su acepción negativa) sino que encuentra en las situaciones específicas, las "oportunidades" para mejorar contextos. Una ingeniería que debería pasar de ser reactiva o explicativa a ser propositiva. Una ingeniería que está en mora de pasar de estar supeditada a que la ciencia produzca conocimiento para aplicarlo, para convertirse también en una fuente de conocimiento, pero sobre todo manantial de las acciones que reclama un mundo cada vez más necesitado de justicia y reconocimiento de la humanidad en el otro: el prójimo.

Suponiendo que he recibido no sólo algunas habilidades, sino que también he recibido varios talentos –por lo menos he recibido más que el promedio de personas en mi país- me siento responsable de corresponder con esa tremenda oportunidad que me ha sido otorgada. Consciente del reproche que pende sobre aquel que no rinda sobre lo que le es otorgado (Mt. 25:29) "*Porque al que tiene, le será dado, y tendrá más; y al que no tiene, aun lo que tiene le será quitado*", me he esforzado por imitar a los que recibieron dos y hasta cinco talentos, preparando esta disertación doctoral para, después,

acompañar a otros a encontrar su propio camino, bien por medio de la docencia, la investigación, o también por medio del ejemplo. La motivación vital seguirá siendo la vivencia junto a quien Dios me ha destinado como compañera del resto de mis días, según mi voluntad y la presente declaración.

Diciembre, 2017

RECONOCIMIENTOS

Este proceso de formación doctoral recibió el apoyo parcial de la Universidad El Bosque mediante un *préstamo – apoyo educativo* condonable por tiempo de trabajo equivalente al doble de semestres en los que recibí dicho *préstamo-apoyo educativo* del cincuenta por ciento (50%) del valor de la matrícula semestral, y la reducción de mi contrato laboral al 50% de la remuneración mensual durante varios semestres, así como el otorgamiento de una licencia no remunerada durante un (1) semestre.

Para efectos de la validación del artefacto de software se gestionó la participación de la Clínica El Bosque, en Bogotá D.C. al finalizar la época de la dirección del Dr. Carlos Eduardo Rangel Galvis M.D. También se contó con la participación de Radioxenter Ltda. en el municipio de Facatativá. Las validaciones en Radioxenter Ltda. fueron lideradas por su representante legal, Dr. Carlos I. Delgado R. También se reconoce a los colaboradores de otras organizaciones IPS de la Sabana de Bogotá que aceptaron participar en la evaluación del modelo de simulación como usuarios expertos.

CONTENIDO

1. Una Propuesta de Configuración de Rutinas de la Capacidad de Absorción Organizacional	1-1
1.1 Introducción	1-1
1.2 Configuración de rutinas organizacionales	1-4
1.3 Diseño de rutinas organizacionales apoyadas en TIC	1-5
1.4 Objetivos de investigación e ideas rectoras	1-6
1.5 Marco metodológico de la investigación	1-8
1.5.1 Investigación basada en el diseño	1-8
1.5.2 Procedimientos y elementos metodológicos de la investigación	1-9
1.5.3 La investigación	1-10
1.6 Resumen	1-12
Referencias	1-12
2. Necesidad del constructo ‘capacidad de absorción’	2-1
2.1 Concepto y constructo	2-1
2.2 Crecimiento económico y tecnología	2-3
2.2.1 Sobre tecnología y desarrollo tecnológico	2-4
2.2.2 Lo artificial: técnica y tecnología	2-6
2.2.3 El artefacto tecnológico	2-7
2.3 Transferencia de tecnología (TT)	2-8
2.3.1 Conocimiento tecnológico	2-8
2.3.2 Actividad económica y transferencia de tecnología	2-9
2.3.3 Desarrollo de conocimiento tecnológico, TT y difusión de tecnología	2-10
2.4 Generación de tecnología y desarrollo tecnológico	2-12
2.5 La necesidad de la capacidad de absorción	2-13
2.6 Resumen	2-15
Referencias	2-15
3. De la difusión a la innovación tecnológica	3-1
3.1 Transferencia de tecnología	3-1
3.2 Adquisición tecnológica	3-3
3.3 Difusión tecnológica	3-4
3.4 Adopción tecnológica	3-9
3.5 Adaptación y apropiación tecnológica	3-10

3.6 Aceptación tecnológica	3-13
3.7 Asimilación tecnológica	3-13
3.8 Compatibilidad tecnológica	3-14
3.9 Innovación tecnológica	3-15
3.10 Resumen	3-19
Referencias	3-19
4. Capacidades organizacionales	4-1
4.1 Ventaja competitiva	4-1
4.2 Ventaja competitiva y adaptación	4-4
4.3 Acerca de las organizaciones	4-5
4.4 Capacidades dinámicas de las organizaciones	4-7
4.4.1 Concepto de capacidad dinámica	4-8
4.4.2 Conocimiento organizacional y capacidades dinámicas	4-9
4.5 Rutinas organizacionales	4-11
4.5.1 Concepto de rutina organizacional	4-11
4.5.2 Aspectos ostensivos y performativos de las rutinas organizacionales	4-14
4.6 Resumen	4-16
Referencias	4-16
5. Capacidad de absorción organizacional	5-1
5.1 Origen del constructo 'capacidad de absorción'	5-1
5.2 Estado del conocimiento en capacidad de absorción	5-2
5.3 Revisión de la literatura	5-4
5.4 Resumen	5-12
Referencias	5-12
6. Re-diseño de la capacidad de absorción	6-1
6.1 Rutinas organizacionales y capacidad de absorción	6-1
6.2 Conocimiento tecnológico y su transmisión	6-2
6.3 Conocimiento e información en la organización	6-3
6.4 (Re) Diseño de la capacidad de absorción (ACAP)	6-5
6.5 Diseño de rutinas organizacionales y su rol en ACAP.....	6-9

6.6 Diseño de características evolutivas de las rutinas organizacionales	6-11
6.7 Resumen	6-12
Referencias	6-12
7. Capacidad de absorción y simulación basada en agentes ...	7-1
7.1 Modelo de simulación	7-1
7.2 Modelo conceptual	7-6
7.3 Construcción e implementación del modelo	7-19
7.4 Resumen	7-29
Referencias	7-29
8. Experimentación y validación	8-1
8.1 Verificación	8-1
8.2 Análisis de sensibilidad	8-3
8.3 Validación de expertos	8-6
8.4 Resumen	8-11
Referencias	8-11
9 Conclusión	9-1
9.1 Escolio	9-1
9.2 Hallazgos	9-2
9.3 La investigación	9-3
9.4 Limitaciones	9-5
9.6 Investigación futura	9-6
9.4 Resumen	9-7
Referencias	9-7
Anexo 1 Protocolo ODD para el diseño del sistema basado en agentes.	
Anexo 2 Código parcial de la implementación del sistema basado en agentes orientado por ODD para simulación de configuración.	
Anexo 3 Protocolo de levantamiento de descripción de la estructura de uso e innovación del servicio basado en tecnologías de información y comunicación en organización de atención a la salud humana.	

Anexo 4 Protocolo de validación de artefacto de software de absorción de tecnologías de información y comunicación en organización de atención a la salud humana CIU Rev. 4 A.C. División 86 (Q).

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1 Desarrollo histórico del constructo Capacidad de Absorción (<i>Absorptive Capacity</i> ACAP)	5-3
Tabla 7.1 Tabla de verdad del condicional o implicación	7-2

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1 Los aspectos ostensivos de las rutinas organizacionales	4-15
--	------

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Ciclos de investigación basada en el diseño	1-10
Fig. 2.1 Modelo tradicional de TT desde la perspectiva del productor de conocimiento tecnológico	2-12
Fig. 2.2 Comparación de la propensión hacia la innovación de organizaciones pequeñas y grandes	2-14
Fig. 3.1 <i>i</i> -ésima organización ($0 \leq i \leq n$) con actividad de I&D (opcional), producción que genera <i>i</i> productos	3-2
Fig. 3.2 La organización <i>k</i> (izquierda en fig.3.2) y la organización (<i>k</i> +1) (derecha en fig.3.2)	3-6
fig. 3.3 El conocimiento irradiado por las <i>s</i> organizaciones del sistema social ($0 \leq k \leq s$); $s \in \mathbb{N}$)	3-8
Fig. 3.4 Frecuencia de adoptantes (arriba) y acumulado de adoptantes en el tiempo (abajo)	3-10
Fig. 3.5 Entorno de la transferencia de tecnología. Relación con la capacidad de absorción	3-17
Fig. 5.1 Modelo de capacidad de absorción basado en el artículo seminal	5-6
Fig. 5.2 Reconceptualización del modelo de capacidad de absorción.....	5-6
Fig. 5.3 Número de artículos por año usando “absorptive capacity” como palabra clave en Scopus	5-9
Fig. 5.4 Número de artículos por año usando “absorptive capacity” como tema en Web of Science	5-10
Fig. 5.5 Modelo de capacidad de absorción con dinámica de retroacción	5-11
Fig. 6.1 Modelo conceptual de la capacidad de absorción y su contexto	6-7
Fig. 6.2 Esquema de conocimiento en forma de rutinas organizacionales y su transferencia a la organización.....	6-10
Fig. 7.1 Características básicas de comportamiento de los agentes.	7-4
Fig. 7.2 Diagramas de las entidades del modelo. Se usa una representación en diagramas UML básicos	7-9

Fig. 7.3 Diagrama de flujo del proceso de toma de decisión del agente organización para identificar (distinguir) si el conocimiento tecnológico en el entorno le es útil	7-13
Fig. 7.4 Configuración inicial (una de las posibles) del modelo de simulación	7-22
Fig. 7.5 Una ejecución de la simulación en donde aparece el flujo alrededor de la organización	7-23
Fig. 7.6 Una ejecución de la simulación que evidencia comportamientos distintos con base en el cambio de valores de inicio	7-25
Fig. 7.7 Una ejecución de la simulación que muestra la desaparición de las personas con conocimiento tecnológico disponible en el entorno	7-26
Fig. 7.8 Una ejecución de la simulación que muestra la desaparición de los artefactos tecnológicos disponibles en el entorno de la organización	7-28

GLOSARIO

Aceptación (*tecnológica*): acto en el que los usuarios de un artefacto/conocimiento tecnológico consienten su uso. Esto implica que las personas transigen, por lo menos, o se motivan (idealmente) al uso de una tecnología en donde ésta sea instalada o distribuida. La motivación de las personas se ve influenciada por *estímulos externos al individuo* y que son del dominio del artefacto tecnológico o de su entorno.

Adaptación (*tecnológica*): adecuación del artefacto/conocimiento tecnológico para hacerlo útil en el contexto organizacional en el que será usado.

Adopción (*tecnológica*): Es un fenómeno que se verifica (tanto en el caso de los flujos intra-organizacionales como los extra-organizacionales de tecnología) en el momento en el que los directivos de una organización toman la decisión de aprovechamiento de una tecnología disponible. Se requiere previamente la *adquisición* de tecnología.

Adquisición (*de tecnología*): acto transaccional entre dos organizaciones o dos unidades organizacionales en el que se acuerda (contractualmente o no) que una de ellas (la oferente) pone a disposición de la otra (la que demanda) la tecnología. En ese sentido la adquisición es instantánea una vez perfeccionada la transacción.

Asimilación (*tecnológica*): el grado de uso que los individuos que integran la organización le dan a la tecnología incorporada a los procesos organizacionales. Para que haya una adecuada asimilación se requiere, por lo menos, de la concurrencia de dos características, una en el entorno de los individuos y otra en el entorno de las organizaciones integradas por los individuos. La primera –en el entorno de los

individuos- es la compatibilidad tecnológica y la segunda –en el entorno de la organización- la capacidad de absorción, tema principal de esta investigación.

Aspectos ostensivos (*de una rutina organizacional*): patrones de acción ‘abstractos’, promulgados o declarados (Feldman & Pentland, 2003) y en ese sentido son capacidades comportamentales almacenadas (Hodgson, 2008) y no son observables directamente pues residen en los individuos.

Aspectos performativos (*de una rutina organizacional*): se refieren a las realizaciones (*performances*) en momentos y lugares específicos. Son patrones de acción observables directamente que consisten de quién hizo qué, cuándo y dónde.

Concepto: idea, construcción mental o modelo (Samset, 2010) que concibe o forma el entendimiento expresando una abstracción que corresponde a algo concreto o del lenguaje, pero también una regla (Mischel, 1964) o principio de clasificación e inferencia (Glock, 2010).

Compatibilidad (*tecnológica*): Una medida de la experiencia previa del individuo (usuario de la tecnología) que influye sobre la aceptación individual de la tecnología a la que se expone en la organización. Así, es una medición de la dinámica de interacción entre el individuo y la tecnología, que antecede a la aceptación tecnológica en la escala del individuo (en la organización). Este concepto es antecedido por su definición como el grado en el cual una innovación se percibe consistente con valores y necesidades existentes y las experiencias pasadas de los “adoptadores”.

Conocimiento (*organizacional*): El conocimiento de las organizaciones es un ente dinámico que más que compartido por los miembros de la organización, es un ente que emerge de la interacción entre sus miembros y la ejecución de sus procesos en el transcurso del tiempo. Incluso se afirma que el conocimiento fluye en las organizaciones (Pourzolfaghar & Ibrahim, 2015) y, para su estudio, deben ser tomados en cuenta tres componentes:

- (i) el proceso organizacional en estudio,
- (ii) la organización y sus conexiones (Ibrahim, Levitt, & Ramsey, 2005).

Constructo: objeto abstracto e hipotético que subyace a los procesos cerebrales de conocimiento de un tema o un asunto. El constructo se caracteriza por haber sido creado o adoptado de manera deliberada y consciente para un propósito epistemológico específico. Es decir, un constructo no es un concepto pero se asemeja a la noción de concepto en que los dos son abstractos y, además, permiten identificar semejanzas y diferencias entre distintas cosas o fenómenos. Pero a diferencia del concepto que tiende a ser más propio del objeto o fenómeno conocido, afín a la *concepción objetivista del concepto*, el constructo es algo creado por un individuo. Adicionalmente, la realidad del constructo no existe en el objeto o fenómeno conocido, sino en el acto interpretativo del individuo (Fransella, 2015).

Crecimiento (*económico*): En esta investigación, es una noción macroeconómica que se refiere a la variación del Producto Nacional Bruto (PNB) o del Producto Interno Bruto (PIB) de una economía o país en un periodo de tiempo. El crecimiento económico se fundamentó en el incremento de la productividad en la era industrial.

Desarrollo (*económico*): Es un proceso sostenido en el tiempo, en el que los agentes experimentan bienestar político, social y económico.

Hábito: Idea del nivel ontológico de los individuos para referirse al modo particular de proceder, consistente en una repetición de actos que constituyen las prácticas o acciones cotidianas singulares (de un individuo en particular).

Innovación: “La introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas” (OECD-Eurostat, 2006).

Innovación (*tecnológica*): conjunto de actividades científicas, tecnológicas, financieras y comerciales que producen innovación de nuevos productos y procesos tecnológicos.

Ostensivo: Ver “aspectos ostensivos”.

Performativo: Ver “aspectos performativos”.

Productividad: es la relación que vincula lo que se ha producido con los medios que se han empleado para conseguirlo. En ese sentido es la descripción de la capacidad o el nivel de producción por unidad de recurso involucrado (superficies de tierras cultivadas, de fuerza de trabajo o de equipos industriales).

Rutina (*organizacional*): Idea del nivel ontológico de las organizaciones de la que se dan tres corrientes de conceptualización:

(i) patrones repetidos de comportamiento o patrones recurrentes de interacción para realizar actividades a la escala organizacional, que varían con cambios en las condiciones del entorno,

(ii) conjuntos de reglas o procedimientos operativos estándar y

(iii) tendencias que se vinculan a comportamientos previamente adoptados o adquiridos que pueden ser activados por los estímulos o contextos apropiados. En este grupo, se encuentra la definición de rutinas organizacionales como estructuras generativas (capacidades o disposiciones internas de las organizaciones) para dinamizar patrones de comportamiento dentro de un grupo organizado de individuos, involucrando respuestas consecutivas a señales.

Esta investigación se circunscribe a las dos primeras corrientes de definiciones de 'rutina organizacional'.

Las rutinas no son simples agregados de hábitos (Hashemi, 2013), son estructuras que entretajan (interconectan) hábitos individuales (Boehm, Brown, & Lipow, 1976; Hodgson, 2008) y propician la emergencia de capacidades de acción de la organización.

Tecnología: Conocimiento organizado para la producción (Sachs, 1973) y a la vez conjunto de instrumentos o herramientas materiales, know-how y habilidades que son usadas para satisfacer las necesidades de una comunidad y para incrementar su control sobre el entorno (Herrera, 1981), por lo que es una de las formas y, a la vez, medio de conocimiento de los que disponen los individuos y las organizaciones.

La tecnología aparece cuando la herramienta, que posibilita la realización de la habilidad en el dominio del hacer, deja de ser forma de mediación frente al entorno del hacer y pasa a atender las pretensiones

humanas ante su entorno general. Mientras que en la tecnología el artefacto es en sí la pretensión humana frente a su entorno, la técnica es una de las formas de acción mediada por el artefacto.

Tecnologías de Información y Comunicación (TIC): Es un término que en “tecnologías de información” (*Information technology*) –una de las cinco disciplinas de la computación- se usa para agrupar: (i) el hardware utilizado para la recuperación, almacenamiento, producción, procesamiento y distribución (o comunicación) de datos, (ii) el software asociado a ese hardware y (iii) los servicios que se derivan del uso de dicho hardware y software.

Transferencia de Tecnología (TT): En los países desarrollados, la TT involucra innovación, cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990) y flujo de conocimiento de organizaciones de mayor productividad a aquellos de menor productividad, o de aquellas con capacidad de investigar y generar nuevo conocimiento a las que no. En general, la TT sucede cuando el conocimiento tecnológico generado o usado en un contexto es re-evaluado e implementado en otro (Kahen, 1994).

En los países subdesarrollados, los agentes primarios de la TT pueden ser Corporaciones Multinacionales o Agencias Internacionales, pero especialmente son pequeñas empresas con baja capacidad para desarrollar investigación interna o para financiar proyectos de investigación en universidades, centros de investigación o institutos, por lo que principalmente sucede una actualización tecnológica por actualización, que genera algún conocimiento en individuos y organizaciones, pero usualmente incrementa la dependencia de la

organización que adquiere tecnología con el proveedor de la misma, que usualmente es extranjero.

REFERENCIAS

- Boehm, B. W., Brown, J. R., & Lipow, M. (1976). *Quantitative evaluation of software quality*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Software engineering.
- Cutler, D. M., & McClellan, M. B. (1998). What is technological change? In D. A. Wise (Ed.), *Inquiries in the Economics of Aging* (pp. 51-81): University of Chicago Press.
- Elster, J. (1990). *El cambio tecnológico: Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona: Gedisa.
- Feldman, M. S., & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative science quarterly*, 48(1), 94-118.
- Fransella, F. (2015). What Is a Personal Construct? In D. A. Winter & N. Reed (Eds.), *The Wiley Handbook of Personal Construct Psychology* (pp. 1-8): John Wiley & Sons.
- Glock, H.-J. (2010). What are Concepts? *Conceptus*, 39(96), 7-39.
- Hashemi, S. M. G. (2013). A comprehensive systemic model of innovation management: Total innovation management (TIM).
- Herrera, A. O. (1981). The generation of technologies in rural areas. *World Development*, 9(1), 21-35.
- Hodgson, G. M. (2008). The concept of a routine. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 15-28). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Ibrahim, R., Levitt, R., & Ramsey, M. (2005). *Discontinuity in organizations: Impacts of knowledge flows on organizational performance*. Stanford University.
- Kahen, G. (1994). *A Comprehensive and Strategic Model of Technology Transfer-Addressing The Challenge: Optimising Technology Transfer to Developing Countries: Emphasising IT*. Paper presented at the Information Systems UK Ph. D. Consortium, Cranfield.
- Mischel, T. (1964). Personal constructs, rules, and the logic of clinical activity. *Psychological Review*, 71(3), 180.
- OECD-Eurostat. (2006). *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3a ed.* . Traducción española: Grupo Tragsa. Empresa de Transformación Agraria S.A.
- Pourzolfaghar, Z., & Ibrahim, R. (2015). Impacts of Adding Knowledge Flow to an Activity-Based Framework for Conceptual Design Phase on Performance of Building Projects. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 12(3), 166-175.
- Sachs, I. (1973). Transfer of technology and a strategy of industrialization. In M. S. Wionezek (Ed.), *Industrialización, Comercio de Tecnología y Subdesarrollo Económico*. México: UNAM. México.
- Samset, K. (2010). What is a Concept? *Early Project Appraisal* (pp. 90-103): Springer.

RESUMEN

Esta disertación doctoral presenta el diseño e implementación de un producto de software (simulador por computador) de una propuesta modelo del constructo 'capacidad de absorción' (ACAP) para organizaciones. La ACAP es un constructo que describe la capacidad dinámica de las organizaciones para detectar en su entorno el conocimiento que puede serle útil, incorporarlo en sus procesos y aplicarlo para sacarle provecho. Esta investigación propone un modelo implementable en computador de ACAP que asiste a los tomadores de decisión de la organización en la configuración de esta capacidad dinámica. La propuesta del modelo se fundamenta en la consolidación conceptual de las interrelaciones de las nociones de adquisición de tecnología, difusión, adopción, adaptación, apropiación, aceptación, asimilación y compatibilidad tecnológica para derivar en innovación tecnológica que impacta interna y externamente a la organización, con la generación de ventajas competitivas, incremento en la productividad y, como novedad, impactos positivos en el desarrollo económico en donde se inscribe la organización.

Las ideas básicas que conforman la implementación del modelo son: (i) la dinámica evolutiva del conocimiento organizacional y (ii) la estructura del conocimiento organizacional implementada por medio de rutinas organizacionales. A partir de la implementación de un simulador basado en agentes, la validación con usuarios expertos permite concluir que el conocimiento organizacional es esencialmente un saber-hacer que evoluciona en el tiempo y que permite la adaptación de la organización a su entorno cambiante.

Palabras clave: capacidad de absorción, ingeniería de organizaciones, gestión de conocimiento, rutinas organizacionales, teoría evolutiva generalizada.

ABSTRACT

This doctoral dissertation introduces the design and implementation of a software product (computer simulator) implementing a proposal for a model of the 'absorptive capacity' (ACAP) construct for organizations. ACAP is a construct describing the dynamic capacity of organizations to identify knowledge in its environment potentially useful, assimilate it and exploit it. This research proposes a computer implementable model of ACAP to assist decision makers when configuring this dynamic capacity. The model proposed is founded in the conceptual consolidation of the interactions of the notions of technology acquisition, diffusion, adoption, adaptation, appropriation, acceptance, assimilation and compatibility to derive in technological innovation that impacts internally and externally an organization, generating competitive advantages, productivity increases and, considered as completely new, positive impacts in economic development in the context where the organization resides.

Basic ideas underlying the model implementation are: (i) evolutionary dynamics of organizational knowledge and (ii) organizational knowledge implemented by means of organizational routines. Since the implementation of an agent-based simulator, expert user validation leads to infer that organizational knowledge is essentially a know-how evolving in time in order to allow adaptation of the organization to its changing environment.

Keywords: absorptive capacity, engineering organizations, knowledge management, organizational routines, generalized evolutionary theory.

PUBLICACIONES DERIVADAS DE ESTA INVESTIGACIÓN

PUBLICACIONES EN REVISTAS INDEXADAS

"A Network Based Methodology to Reveal Patterns in Knowledge Transfer".
International Journal of Artificial Intelligence and Interactive
Multimedia, IJIMAI, 3(5), 67-76. 2015.

"Absorptive Capacity Beyond Rhetoric: Design and Implementation"
submitted for publication in Journal of Technology Transfer. Manuscript
number: JOTT-D-18-00018.

"A New Course on Applied Mathematics for Computing Disciplines"
submitted for publication in European Journal of Engineering
Education. Manuscript ID is CEEE-2017-0313.

PONENCIAS Y ARTÍCULOS EN CONFERENCIAS INTERNACIONALES

*Engineering Organizational Absorptive Capacity for Effective Knowledge
Transfer*. In: Mejia J., Muñoz M., Rocha Á., Quiñonez Y., Calvo-
Manzano J. (eds) Trends and Applications in Software Engineering.
Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 688, p.186-197.
Springer. 2017.

*Applied Mathematics: An Innovative Course in Applied Mathematics and
Science for an Undergraduate Curriculum in Computing Disciplines*.
REES 2017- The 7th Research in Engineering Education Symposium.

PONENCIAS Y ARTÍCULOS EN CONFERENCIAS NACIONALES

*Diseño de la capacidad de absorción en las organizaciones: propuesta de
un nuevo constructo y literatura*. In Congreso Nac. Int. Innov. Gest.
Organ., ISSN 2500-9214. 221-237. 2016.

1. UNA PROPUESTA DE CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ORGANIZACIONAL

"It is contingent on the researchers to thoroughly research and reference the knowledge base in order to guarantee that the designs produced are research contributions and not routine designs based on the application of known design processes and the appropriation of known design artifacts" (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010).

Este capítulo presenta el tema y `problema` de investigación: el diseño de rutinas organizacionales de capacidad de absorción. Luego de una presentación inicial del constructo 'capacidad de absorción', se enuncian los objetivos y el marco metodológico de la investigación. Finalmente, presenta la estructura del presente documento de investigación.

1.1 INTRODUCCIÓN

Los conceptos de capacidad de adsorción y absorción, así como sus mediciones por medio de conceptos como la 'capacidad de retención de agua' CRA (Santos, San Juan, de Provens, & Arrarás, 2006) están íntimamente relacionados con la absorbencia en fenómenos de radiación (Dingman, 2015 p.49), la absorción de radiación solar en la atmósfera (Dingman, 2015 p.51) y la capacidad de un suelo y su capa vegetal, para retener agua de precipitación o de escorrentía (Dingman, 2015 p.7; García Reinoso & Obregón Neira, 2012). Incluso, se puede caracterizar el potencial hídrico del suelo y de cuencas hídricas (Lepeška, 2010). También está relacionada con la capacidad del tejido muscular para retener el agua (Fennema, 1990).

Realizar la medición de la capacidad de absorción y retención de un suelo – como componente de un sistema de cuenca hídrica- frente a la exposición a un flujo de agua, es relevante por ser uno de los retos de gran escala que afronta la sociedad del siglo XXI: garantizar el acceso equitativo al agua (UNESCO Report, 2010) y que a su vez convoca a la ingeniería para que asuma un rol crítico para afrontar el desafío de la gestión del agua.

Medir la capacidad de retención de agua CRA de un músculo resulta de importancia en la industria de comercialización de pescado y carne vacuna pesquera para evaluar su textura y jugosidad (Huss, 1998), frente a la urgencia de garantizar la seguridad alimentaria (Castro-Romero, Valdes-Lopez, & Barrera-Cataño, 2014).

La ingeniería enfrenta además de estos retos, algunos que le son propios como ampliar su enfoque en innovación, emprendimiento y creación de trabajo (UNESCO Report, 2010), que está asociado al diseño de

organizaciones y de condiciones sociales que previamente se entendían como áreas naturales de trabajo de otros campos de conocimiento como la economía o la administración.

El símil entre una cuenca hídrica y una organización es inevitable, por cuanto son sistemas complejos que están expuestos a flujos: en el caso de las cuencas hídricas, flujos de agua y en el caso de las organizaciones del siglo XXI, flujos de conocimiento. Y no debe tomarse por sinónimo conocimiento e información como tampoco información y dato, como se desarrolla en capítulo posterior. No obstante, comparativamente hablando, los estudios acerca de la manera como puede calcularse la capacidad de absorción de conocimiento de las organizaciones frente a los flujos de conocimiento de su entorno han recibido menos la atención en la Ingeniería que la que han recibido los hidrosistemas. Varias son las posibles explicaciones acerca de la diferencia en la atención que se le ha prestado a las organizaciones desde la ingeniería:

- (i) el enfoque de la especialización en campos o áreas de conocimiento,
- (ii) la naturaleza distinta de los componentes que conforman los sistemas que estudian las ciencias naturales, por una parte, y la economía o la administración, por otra parte. Cuando se comparan con los sistemas naturales, las organizaciones son sistemas conformados por una mayor cantidad de componentes artificiales y humanos.
- (iii) La tradición en ciencias económicas y sociales de abordar el estudio de sistemas complejos sociales en razón a sus componentes principalmente humanos y sólo marginalmente naturales.

La economía y la administración (incluyendo la teoría de organizaciones) son los campos que tradicionalmente han abordado la comprensión del flujo de conocimiento externo hacia las organizaciones. Primero como movimiento de activos de tecnología y de asistencia técnica entre países, a través de las ideas de la transferencia de tecnología (Beatty, 2003; Contreras, 1975; Hill, Loch, Straub, & El-Sheshai, 1998; Kahen, 1994, 1996; Nishiyama, Ikeda, & Niwa, 2000; David J. Teece, 1977; Wahab, Sazali, Uli, & Rose, 2009) y como un asunto del nivel estratégico de las organizaciones (Ettlie, Bridges, & O'keefe, 1984; Henderson & Venkatraman, 1993; Markus & Robey, 1988; Orlikowski, 1992; Senge, 1990). La perspectiva tradicional observa este flujo desde su origen en la fuente que produce el conocimiento tecnológico hacia el destinatario que demanda el conocimiento tecnológico, trátase de país, organización o individuos. No obstante, este es sólo un fragmento del flujo completo en un sistema cuyos componentes incluyen a las organizaciones.

En concreto, en el caso de Colombia, la importación de tecnologías es un componente formal de la política de Estado desde la década de 1960's – en

el enfoque teórico de transferencia de políticas (Nupia, 2013) con incentivo de Naciones Unidas- , década en la que se creó el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas Francisco José de Caldas –Colciencias, adscrito al Ministerio de Educación, y ahora Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, desde la sanción de la Ley 1286 de 2009, que también creó el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

Pero prácticamente hasta antes de la formulación del Plan Nacional de Desarrollo Prosperidad para todos (Decreto 1500, 2012), se había mantenido tácitamente la aceptación del determinismo tecnológico (Leonardi & Jackson, 2004) y, como consecuencia de este, la ineficacia de la transferencia de tecnología a las organizaciones debido a la aceptación de que la simple importación de tecnología (manifestada no solo en equipos sino en asistencia técnica, asesoría de expertos y documentación), produciría irrevocablemente un cambio en el receptor y su entorno. Y es en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un nuevo país (Ley 1753, 2015), en que por primera vez se asocia la “capacidad de absorción” tecnológica como capacidad de las empresas colombianas, junto a la capacidad de innovación, para conducir un incremento de la productividad. Es decir, por primera vez en documentos del Estado se reconoce que no basta con la importación de tecnología (ni siquiera con la producción endógena de tecnología) y tampoco es suficiente con proponer incentivos a la innovación, sino que –además- hace falta un esfuerzo de diseño para que las adquisiciones tecnológicas surtan un efecto controlado en el incremento de la productividad y en la competitividad de las organizaciones y por efecto de los agregados económicos, una suma positiva en el entorno macroeconómico, por medio de la disposición adecuada de los componentes de la capacidad de absorción en las organizaciones.

La capacidad de absorción es una noción introducida en 1989 y 1990 (Cohen & Levinthal, 1989, 1990) para referirse –en la escala de la organización- a una capacidad dinámica (Cole, Puroo, Rossi, & Sein, 2005; D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece, Pisano, & Shuen, 1997) que está en relación directa con la capacidad de una organización para entender y obtener beneficio del conocimiento transferido desde su entorno a su interior. Como la tecnología es una de las formas y, a la vez, medios de conocimiento, y entre estas las tecnologías de información y comunicación (TIC), una investigación sobre la capacidad de absorción de conocimiento tecnológico podría permitir el diseño de las condiciones para que las organizaciones mejoren su permeabilidad a los flujos de TIC.

La capacidad de absorción tecnológica (pero especialmente de TIC) es crítica para una economía que busca incrustarse en la sociedad basada en

el conocimiento, pero es aún más crítica para las organizaciones enfrentadas a un mercado abierto, no sólo por las políticas económicas vigentes, sino porque Internet impone *de facto* condiciones de apertura que implican exigencias para incrementar la competitividad y la productividad organizacional. Las organizaciones están enfrentando en forma permanente condiciones de innovación que amenazan su posición en el mercado. En una economía basada en el conocimiento, la eficacia con la cual la organización identifique y aproveche el nuevo conocimiento disponible, para actuar preventivamente y adaptarse a las circunstancias cambiantes, puede significar la diferencia entre la existencia o no de la organización. Así que más que una respuesta a la pregunta sobre qué es la capacidad de absorción organizacional, urge dar luces acerca de cómo debe configurarse dinámicamente dicha capacidad de absorción.

La óptica de la capacidad de absorción de tecnología es la óptica del punto de vista del receptor de tecnología y no solamente la perspectiva lineal del productor de tecnología. Es decir, en la visión del flujo de conocimiento tecnológico no se niega la perspectiva del originador de la tecnología, sino que dicha perspectiva se enriquece con el punto de vista del destinatario de la tecnología y con la dinámicamente vinculante que es el flujo entre estos. Lo anterior significa una variación epistemológica fundamental al abordar la investigación más general sobre la transferencia de tecnología y la innovación, al reconocer la unidad del fenómeno en una visión sistémica: una visión que reconoce el entorno y otras posibles relaciones.

Por eso, este trabajo está orientado por la idea de que tanto las organizaciones (Dávila L. de Guevara, 1985; Desreumaux, 1998) como sus interacciones (Premkumar, Ramamurthy, & Saunders, 2005) son unidades de análisis y se pueden modelar como un sistema dinámico complejo evolutivo (Le_Moigne, 1990) para producir conocimiento concreto, contingente, orientado a metas, particular, temporal (Olaya, 2012) y, como tal, hacer ingeniería de una propuesta de transformación de una situación. Así, no sólo es de especial interés sino pertinente a la ingeniería avanzar en el conocimiento de la configuración de las rutinas organizacionales que componen la capacidad de absorción.

1.2 CONFIGURACIÓN DE RUTINAS ORGANIZACIONALES

El constructo de capacidad de absorción (Cohen & Levinthal, 1990) ha sido extendido con la inclusión de las rutinas organizacionales (Zahra & George, 2002) como componentes. Estos componentes ya habían sido propuestos como medios de transmisión de información en las organizaciones (Nelson & Winter, 1982) y han sido tema de investigación no sólo como concepto central en el enfoque evolutivo de la economía (Knudsen, 2008), sino como

medio para explicar los fenómenos de adaptación de las organizaciones a su entorno dinámico (Feldman & Pentland, 2003; Miner, Ciuchta, & Gong, 2008), lo que ofrece elementos para comprender los ajustes internos del fenómeno organizacional para sacar provecho de la información que puede resultar de valor para la organización. Esta investigación, contribuye con una propuesta de modelamiento del constructo capacidad de absorción y con artefactos tecnológicos que permiten pensar en una visión prescriptiva de la formación de las rutinas organizacionales de la capacidad de absorción, que buscan apoyar la manera como se configuran dichas rutinas organizacionales con el apoyo de tecnologías de información y comunicación (ICT).

El sentido de 'configurar' en esta investigación se atiene a la primer acepción que relaciona el diccionario de la Real Academia Española: "*Disposición de las partes que componen una cosa y le dan su peculiar forma y propiedades anejas (anejo: Unido o agregado a alguien o algo; con dependencia, proximidad y estrecha relación respecto a él o a ella)*". Y es así porque, como al final se verá, lo que se ha hecho es diseñar (o re-diseñar) el constructo capacidad de absorción (ACAP) identificando sus partes y disponiéndolas en relación de las unas con las otras, de manera que dicha disposición sea la que produce las propiedades asociadas a dicha capacidad dinámica organizacional.

1.3 DISEÑO DE RUTINAS ORGANIZACIONALES APOYADAS EN TIC

La identificación de los aspectos ostensivos y performativos de las rutinas organizacionales (Feldman & Pentland, 2003; Feldman, Pentland, D'Adderio, & Lazaric, 2016) ha permitido consolidar su concepción como patrones de acción reconocibles y repetitivos que son llevados a cabo por múltiples individuos (Becker, 2008), es decir, como disposiciones organizacionales para impulsar patrones condicionados de comportamiento (*behavior*) dentro de un grupo organizacional de individuos. Es decir, dichos patrones de comportamiento colectivo son la respuesta a una situación que actúa como señal o disparador (Hodgson, 2008). Se advierte, sin embargo, que las rutinas no son simples agregados de hábitos (Hashemi, 2013), sino estructuras que entretajan (interconectan) hábitos individuales (Boehm, Brown, & Lipow, 1976; Hodgson, 2008) y propician su propia emergencia, así como también la emergencia de propiedades de la organización.

Puesto que son patrones de acción que interactúan mediados por los individuos, es factible prescribir la forma como puedan configurarse tales patrones. No obstante, dada la complejidad inherente a la dinámica de las rutinas organizacionales, se introduce un modelo de simulación basado en agentes que busca facilitar la experimentación de las interacciones que

generan la emergencia de tales patrones de acción en un entorno configurable específico. La posibilidad que pueda tener una persona de interactuar con el artefacto de software en el que puede modificar aspectos del escenario del constructo capacidad de absorción tecnológica, tiene como finalidad brindar conocimiento acerca de la forma cómo se configuran las rutinas organizacionales que conforman el constructo.

1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN E IDEAS RECTORAS

Los estudios sobre la capacidad de absorción en las organizaciones provienen principalmente de los campos de conocimiento de las ciencias económicas y de la administración (*management*), y el enfoque de dichos estudios han estado orientados a ofrecer descripciones acerca de la conformación del constructo y a ampliar el entendimiento sobre el constructo en el entorno de las organizaciones y de los requerimientos de generación de competitividad y productividad en un entorno cambiante. Hasta donde llega el conocimiento recabado en esta investigación, no hay estudios que busquen ofrecer una propuesta sobre la forma como pueden configurarse elementos relevantes de la capacidad de absorción, lo que permite identificar una brecha entre el conocimiento disponible sobre el constructo y la disponibilidad de medios que ofrezcan la posibilidad práctica de configurar el componente de rutinas organizacionales de tal constructo. Así, la prescripción de la capacidad de absorción tecnológica es un tema pendiente de abordaje práctico que la evidencia disponible hace pensar que ha recibido menos atención que su desarrollo teórico, pese a la importancia que representa para la supervivencia de las organizaciones. Esta situación es la base para la formulación de los objetivos de esta investigación.

Las organizaciones cuyas actividades misionales no involucran el uso de las TIC, usualmente no exhiben elaborados procesos de transferencia de TIC, en los términos de la eficacia para su explotación y uso de estos para adaptarse al entorno cambiante. Dentro de estas, las organizaciones del sector salud, son vulnerables por el volumen y grado de complejidad asociado a la información que manejan, y la elección de la TIC que más se adecúa no es evidente, aunque no es preocupación de un único momento y pareciese que no tuviese relación con la mejor dedicación del personal de salud a la atención de pacientes, que permite mejorar la calidad de atención de las personas y, en el largo plazo a mejorar su bienestar y salvar vidas. El desafío de proveer soporte para el desarrollo de la capacidad de absorción de tecnología con un artefacto TIC para experimentar sobre la forma como se configuran las rutinas organizacionales lleva formular el objetivo de la investigación:

OG: Diseñar un modelo de simulación para evaluar alternativas de configuración de rutinas organizacionales que permitan disponer de la capacidad de absorción tecnológica de TIC en organizaciones prestadoras de servicios de salud en Bogotá.

Para alcanzar este objetivo, se han fijado objetivos que despliegan el OG y, a la vez, permiten abordar situaciones particulares conducentes que llevan a dicho OG:

OE1: Describir el entorno que conforma el escenario de escala organizacional en el que la capacidad de absorción verifica la TT a las organizaciones, a partir del estudio de los cambios ocurridos en la conceptualización de rutina y capacidad de absorción.

OE2: Construir un modelo de la capacidad dinámica de las organizaciones para identificar el conocimiento tecnológico que pueda resultar útil para identificar y sacar provecho de las TIC en una organización prestadora de servicios de salud (IPS) en Bogotá desde la perspectiva de la capacidad de absorción (ACAP) expresada en la estructura de rutinas en tal organización.

OE3: Comprobar la eficacia del modelo en la presentación de las consecuencias de la toma de decisiones asociada a la capacidad de absorción (ACAP) de conocimiento tecnológico.

Los anteriores objetivos demandan la declaración de la forma de abordaje de actividades que sean pertinentes, en este caso, concordantes con la realidad. Un proceso de investigación empieza con la aclaración del contexto de descubrimiento y la especificación de la formulación de la situación, usualmente llamada problema (Cordes-Berszinn, 2013; Kromrey & Uni-Taschenbücher GmbH, 2016).

Esto motiva la utilización de algún proceso de investigación real, en el sentido de que los aspectos teóricos fundamentales y los aspectos metodológicos tienen menos que ver consigo mismos, como formalismos que atienden propósitos propios, y más con la relevancia de la práctica de la investigación en contextos sociales (Kromrey & Uni-Taschenbücher GmbH, 2016). Puesto que, además, el componente TIC en esta investigación es utilizado no como instrumento de procesamiento de datos sino como entorno de experimentación que provea información para la toma de decisiones, esta investigación está relacionada con los sistemas de información. Y esto es concordante con la idea de investigación como un proceso a través del cual se intenta sistemáticamente y con la ayuda de datos, no sólo encontrar la respuesta a una pregunta o ampliar la comprensión de un fenómeno, sino también la resolución de un problema (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010).

El concepto de sistema de información aquí, no es el de artefacto de software. Este es sólo uno de los componentes: un sistema de información es un sistema situado e integrado por personas, hardware, software, redes de comunicación y recursos de información que tiene como finalidad almacenar, recuperar, transformar y diseminar información que apoyan la toma de decisiones en una organización (O'Brien, Marakas, & Herrero Díaz, 2006) que es el objeto de estudio en sistemas de información (Topi et al., 2010) en los que confluyen las personas, la tecnología y las organizaciones (A. Hevner, March, Park, & Ram, 2004). Las personas, como componentes que integran el sistema de información, hacen parte de la dupla hombre-máquina y, además, como individuos que interactúan entre sí, directamente o por intermediación de artefactos TIC. Dichas interacciones son relaciones relevantes del sistema de información como sistema social (Du Plooy, 2002; Walsham, Symons, & Waema, 1988).

El propósito de esta investigación es plenamente compatible con el paradigma de la investigación basada en el diseño, puesto que ésta busca extender las fronteras de las capacidades organizacionales y humanas mediante la creación de innovaciones que definan ideas, prácticas, capacidades técnicas y productos a través de los cuales el análisis, diseño, implementación, gestión, administración y uso de los sistemas de información sean efectivos y eficientes (A. Hevner et al., 2004, p.11; A. R. Hevner & Chatterjee, 2010).

1.5 MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Investigación basada en el diseño

El paradigma de la investigación basada en el diseño se origina en las ciencias de lo artificial (A. Hevner et al., 2004; Simon, 1996), entre las que se cuenta la ingeniería. La finalidad prioritaria de las ciencias de la ingeniería no es crear teorías de validez universal, describir, entender, comprender, predecir o explicar la naturaleza de los fenómenos (lo que es). Todo lo anterior sí es prioridad de las ciencias naturales.

Para las ciencias de lo artificial es objetivo prioritario el diseño, construcción e integración de artefactos al mundo (lo que puede ser) (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010), incrustarlos adecuadamente en la realidad con una finalidad, por lo que el aspecto relevante de las ciencias de lo artificial es la interfaz entre las leyes naturales que gobiernan los entornos interno y externo al artefacto con el fin último de alcanzar logros adaptando las leyes internas a las leyes externas. Por lo anterior, la investigación basada en diseño, en contraste con la investigación en ciencia, está enfocada en cómo deben ser las cosas, lo que advierte elementos deontológicos de este

enfoque de investigación, concibiendo artefactos que cumplan con metas (Simon, 1996, p.113-114).

Ahora bien, las metas están asociadas con el espacio de problemas ubicado entre la situación actual y la situación deseada (Simon, 1996). Y en el campo de la investigación de sistemas de información un paso importante es la demostración de que un artefacto de tecnología de información (TI) es o no es adecuado para una un problema especificado, como también lo es la comparación de la utilidad de artefactos TI existentes dentro de contextos organizacionales específicos (March & Storey, 2008). Tanto los sistemas de información como las rutinas organizacionales son extensiones de las capacidades cognitivas humanas (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010).

1.5.2 Procedimientos y elementos metodológicos de la investigación

Dentro del espacio de problemas entre la situación actual y la situación deseada pueden desarrollarse o construirse cero o más “soluciones”, entendidas como los artefactos que transforman la situación actual en la situación deseada. Para esto, se realiza la validación de la utilidad del artefacto mediante los siguientes seis pasos:

- (i) identificación y descripción clara del problema organizacional relevante,
- (ii) demostración de que no existe una solución adecuada en la base de conocimiento de TI,
- (iii) desarrollo y presentación de un artefacto TI nuevo (constructos, modelos, métodos o instancias),
- (iv) evaluación rigurosa del artefacto TI que valide su utilidad,
- (v) articulación del valor agregado al conocimiento de TI y a la práctica,
- (vi) explicación de las implicaciones de la gestión de la TI y la práctica de TI (March & Storey, 2008, p.726).

Puesto que no hay disponibilidad de datos, los pasos (iii) y (iv) en esta investigación en particular será realizada mediante la intervención de expertos.

La investigación basada en el diseño se realiza en tres ciclos (fig. 1.1):

- (i) el ciclo de relevancia, que vincula el entorno contextual del proyecto de investigación con las actividades de diseño: “una buena investigación basada en el diseño empieza por identificar y representar oportunidades en un entorno de aplicación real”;
- (ii) el ciclo de rigor, que conecta las actividades de investigación basada en diseño con la base de conocimiento, la experiencia que provee

información al proyecto de investigación, provee el conocimiento previo requerido para el proyecto de investigación y asegurar su innovación, y

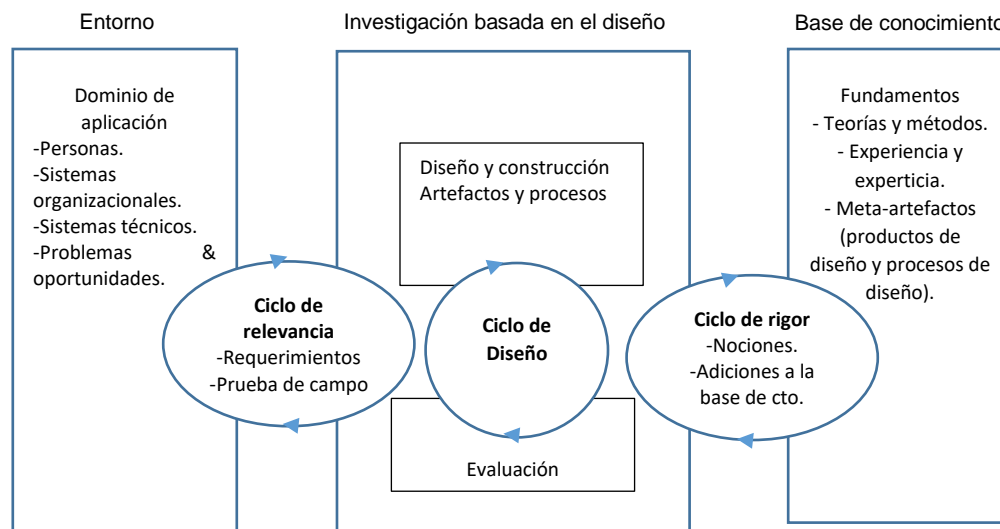
(iii) el ciclo de diseño, que itera entre las actividades de núcleo de construcción de un artefacto, su evaluación y la retroacción subsecuente para refinar más el diseño (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010).

La construcción del modelo basado en agentes se realizó mediante el protocolo ODD (Müller et al., 2013). Este estudio usó el software Netlogo 6.0, un proyecto colaborativo de *NorthWestern University*, para implementar y tratar por medio de un modelo de simulación la complejidad de la emergencia de rutinas organizacionales, es decir el macro-nivel, a partir de las acciones de ejecución de tareas de los individuos del sistema, es decir el micro-comportamiento, incluyendo su exposición a un flujo de información que representa conocimiento del entorno.

Netlogo ha sido referido como un entorno de software para modelamiento de sistemas basados en agentes (MSBA), junto con Repast, Swarm y MASON (Fioretti, 2013; Li, Mao, Zeng, & Wang, 2008; Tissue & Wilensky, 2004).

Como medio de validación se recurrió a las pruebas de campo con expertos en las organizaciones seleccionadas (fig. 1.1), de conformidad con los ciclos de validación basada en el diseño.

Fig. 1.1 Ciclos de investigación basada en el diseño. Fuente: (A. R. Hevner & Chatterjee, 2010, p. 16).



1.5.3 La investigación

Este documento de investigación está estructurado en las siguientes partes: El presente capítulo que contextualiza al constructo capacidad de absorción en las organizaciones, registra la relevancia dentro de la política de gobierno expresada en el Plan Nacional de Desarrollo, como constructo que, con base

en rutinas organizacionales, se convierte en un fenómeno artificial que puede ser simulado por computador. Se presentan los objetivos de la investigación y la metodología de la investigación basada en el diseño. De esta forma, se inicia la identificación del problema que es parte del ciclo de relevancia de la investigación basada en diseño.

El capítulo 2 desarrolla la necesidad de contar con el constructo de la capacidad de absorción, en relación con la transferencia de tecnología como inductor del desarrollo económico. Aquí se complementa el ciclo de relevancia.

El capítulo 3 ‘De la difusión a la innovación tecnológica’ construye un marco conceptual en el cual se inscribe a las organizaciones. Es la primera parte del ciclo de rigor. Aquí se construye la línea de conexión conceptual entre: adquisición, difusión, adopción, adaptación, apropiación, aceptación, asimilación y compatibilidad tecnológica que puede habilitar a la organización para generar innovación tecnológica.

El capítulo 4, ‘capacidades organizacionales’, muestra la relación entre la ventaja competitiva y las capacidades organizacionales, tomando como punto de partida tres niveles contextuales:

- (i) sociedad,
- (ii) organización e
- (iii) individuo.

Se hace énfasis en las capacidades organizacionales dinámicas, como instrumento del que disponen las organizaciones para adaptarse a los entornos dinámicos de la economía y mantener la búsqueda del logro de sus objetivos. Con el conocimiento como elemento principal para realizar el ajuste dinámico de sus procesos internos y para realizar la acción colectiva, se identifica el concepto de rutina organizacional, como patrones de acción, en sus aspectos performativos y ostensivos. Este capítulo es la segunda parte del ciclo de rigor.

El capítulo 5 ‘capacidad de absorción organizacional’ es la tercera parte del ciclo de rigor. Presenta el origen y evolución del constructo “capacidad de absorción” en el contexto de las organizaciones e ilustra el constructo a partir de modelos propuestos que proponen la identificación de sus componentes, especialmente de las rutinas organizacionales como medio para expresar las ideas de capacidad de absorción potencial y capacidad de absorción realizada. Además de una revisión de la literatura para establecer el estado de conocimiento sobre el constructo capacidad de absorción, se presentan tres estadios históricos de este campo de investigación.

El capítulo 6 presenta un re-diseño del constructo ACAP con la intención de hacerlo implementable computacionalmente en un modelo de simulación. El capítulo 7 presenta la construcción de un modelo de simulación basado en agentes como apoyo a la configuración de rutinas organizacionales de capacidad de absorción: se describe el proceso de desarrollo de una simulación sobre un sistema basado en agentes. Esto conforma la primera parte del ciclo de diseño. El capítulo 8 muestra los resultados de la validación del modelo, que conforma la segunda parte del ciclo de diseño. Se informan los resultados de la aplicación del protocolo (de validación) sobre el modelo de simulación y los experimentos relacionados con la evolución de las rutinas organizacionales.

El capítulo 9 recapitula los hallazgos de la investigación realizada, presenta la contribución a la base del conocimiento y la percepción de posibles hilos para darle continuidad a la investigación en el futuro.

1.6 RESUMEN

Este capítulo ha presentado el tema y ‘problema’ de investigación: el diseño de rutinas organizacionales de capacidad de absorción, así como una introducción al constructo capacidad de absorción organizacional. Se enunciaron los objetivos de investigación y el marco metodológico de la investigación, en el cual se han presentado los tres ciclos de la investigación basada en el diseño.

También se ha presentado la estructura de este documento que informa el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- Beatty, E. (2003). Approaches to technology transfer in history and the case of nineteenth-century Mexico. *Comparative Technology Transfer and Society*, 1(2), 167-197.
- Becker, M. C. (2008). *Handbook of organizational routines*. Northampton, MA: Edward Elgar.
- Boehm, B. W., Brown, J. R., & Lipow, M. (1976). *Quantitative evaluation of software quality*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Software engineering.
- Castro-Romero, M., Valdes-Lopez, C., & Barrera-Cataño, J. I. (2014). Priority of soil ecological restoration and its associated ecological services degraded by agricultural use in Santa Helena Microbasin (Suesca-Cundinamarca). *Caldasia*, 36(1), 37-52.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 569-596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.

- Cole, R., Purao, S., Rossi, M., & Sein, M. K. (2005). *Being Proactive: Where Action Research Meets Design Research*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Information Systems, ICIS 2005, December 11-14, 2005, Las Vegas, NV, USA.
- Contreras, C. (1975). *Technology Transfer: A Survey and Some Policy Proposals*. Paper presented at the The Science and Technology Policy Instruments (STPI) Project, Lima.
- Cordes-Berszinn, P. (2013). *Dynamic capabilities: how organisational structures affect knowledge processes*: Springer.
- Dávila L. de Guevara, C. (1985). *Teorías organizacionales y administración : enfoque crítico*. Bogotá; San Juan: McGraw-Hill/Interamericana.
- Desreumaux, A. (1998). *Théorie des organisations*. Caen: Ed. Management société.
- Dingman, S. L. (2015). *Physical hydrology* (3rd ed.): Waveland Press.
- Du Plooy, N. (2002). Information systems as social systems. In J. J. Cano (Ed.), *Critical Reflections on information Systems: A Systemic Approach* (pp. 105-121): Idea Group Publishing.
- Ettlie, J. E., Bridges, W. P., & O'keefe, R. D. (1984). Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation. *Management Science*, 30(6), 682-695.
- Feldman, M. S., & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative science quarterly*, 48(1), 94-118.
- Feldman, M. S., Pentland, B. T., D'Adderio, L., & Lazaric, N. (2016). Beyond routines as things: Introduction to the special issue on routine dynamics. *Organization science*, 27(3), 505-5013.
- Fennema, O. R. (1990). Comparative water holding properties of various muscle food. A critical review relating to definitions, methods of measurements, governing factors, comparative data and mechanistic matters. *Journal of Muscle Foods*, 1, 636-381.
- Fioretti, G. (2013). Agent-based simulation models in organization science. *Organizational Research Methods*, 2013(journals.sagepub.com).
- García Reinoso, P. L., & Obregón Neira, N. (2012). Considerations of environmental ethics in the comprehensive management of water resources in the Quindío River basin. *Entramado*, 8(2), 12-37.
- Hashemi, S. M. G. (2013). A comprehensive systemic model of innovation management: Total innovation management (TIM).
- Henderson, J. C., & Venkatraman, H. (1993). Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM systems journal*, 32(1), 472-484.
- Hevner, A., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 28(1), 75-105.
- Hevner, A. R., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems : theory and practice*. New York; London: Springer.
- Hill, C., Loch, K., Straub, D. W., & El-Sheshai, K. (1998). A Qualitative Assessment of Arab Culture and Information Technology Transfer. *Journal of Global Information Management*, 6(3 Summer), 29-38.
- Hodgson, G. M. (2008). The concept of a routine. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 15-28). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Huss, H. H. (1998). Evaluación de la calidad del pescado. In C. F. Pesca (Ed.), *El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad* (pp. 131-154). ROMA: FAO.

- Kahen, G. (1994). *A Comprehensive and Strategic Model of Technology Transfer-Addressing The Challenge: Optimising Technology Transfer to Developing Countries: Emphasising IT*. Paper presented at the Information Systems UK Ph. D. Consortium, Cranfield.
- Kahen, G. (1996). Building a framework for successful information technology transfer to developing countries: requirements and effective integration to a viable IT transfer. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 9(1), 1-8.
- Knudsen, T. (2008). Organizational routines in evolutionary theory. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 125-151). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Kromrey, H., & Uni-Taschenbücher Gmb, H. (2016). *Empirische Sozialforschung Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung*.
- Le_Moigne, J. L. (1990). *La modelisation des systemes complexes*. Paris: Dunod.
- Leonardi, P. M., & Jackson, M. H. (2004). Technological determinism and discursive closure in organizational mergers. *Journal of Organizational Change Management*, 17(6), 615-631.
- Lepeška, T. (2010). Hydric potential of landscape and integrated river basin management in mountain and submontane regions. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 10(1), 13-24.
- Li, X., Mao, W., Zeng, D., & Wang, F.-Y. (2008). *Agent-based social simulation and modeling in social computing*. Paper presented at the International Conference on Intelligence and Security Informatics.
- March, S. T., & Storey, V. C. (2008). Design science in the information systems discipline: an introduction to the special issue on design science research. *MIS quarterly*, 725-730.
- Markus, M. L., & Robey, D. (1988). Information technology and organizational change: causal structure in theory and research. *Management Science*, 34(5), 583-598.
- Miner, A. S., Ciuchta, M. P., & Gong, Y. (2008). Organizational routines and organizational learning. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 152-186). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Müller, B., Bohn, F., Dreßler, G., Groeneveld, J., Klassert, C., Martin, R., . . . Schwarz, N. (2013). Describing human decisions in agent-based models—ODD+ D, an extension of the ODD protocol. *Environmental Modelling & Software*, 48, 37-48.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nishiyama, T., Ikeda, K., & Niwa, T. (2000). *Technology Transfer Macro-Process: A Practical Guide for the Effective Introduction of Technology*. Paper presented at the ICSE 2000.
- Nupia, C. M. (2013). Origen de la política científica y tecnológica en Colombia. In M. Salazar (Ed.), *Historia Colciencias-Colciencias cuarenta años Entre la legitimidad, la normatividad y la práctica: Colciencias cuarenta años Entre la legitimidad, la normatividad y la práctica*. Bogotá D.C., Colombia: Observatorio de Ciencia y Tecnología - OCyT.
- O'Brien, J. A., Marakas, G. M., & Herrero Díaz, M. J. (2006). *Sistemas de información gerencial, 7a. edic*. México: McGraw-Hill / Interamericana de México.
- Olaya, C. (2012). The importance of being atheoretical: management as engineering *Systemic Management for Intelligent Organizations* (pp. 21-46): Springer.

- Orlikowski, W. J. (1992). The duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations. *Organization science*, 3(3), 398-427.
- Premkumar, G., Ramamurthy, K., & Saunders, C. S. (2005). Information processing view of organizations: an exploratory examination of fit in the context of interorganizational relationships. *Journal of Management Information Systems*, 22(1), 257-294.
- Santos, J. D., San Juan, R. F. d. V., de Provens, E. C. P., & Arrarás, Í. R. (2006). Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo: revisión del parámetro CRA. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 15(1), 14-23.
- Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. New York: Double Day Dell Publisher.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (Vol. 136): MIT press.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and corporate change*, 3(3), 537-556.
- Teece, D. J. (1977). Technological transfer by multinational firms: the resource cost of transferring know-how. *Economic Journal*, 87(June), 242-261.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533.
- Tisue, S., & Wilensky, U. (2004). *NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity*. Paper presented at the International Conference on Complex Systems, May 16–21, Boston.
- Topi, H., Valacich, J. S., Valacich, R. T. x., Kaiser, K. M., Nunamaker Jr., J. F., Sipior, J. C., & de Vreede, G. J. (2010). ACM Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. New York, NY - Atlanta, GA: Association for Computing Machinery and Association for Information Systems.
- UNESCO Report. (2010). Engineering: Issues, challenges and opportunities for development. In U. Publishing (Ed.). Paris, France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Wahab, A., Sazali, A., Uli, H., & Rose, R. (2009). Evolution and development of technology transfer models and the influence of knowledge-based view and organizational learning on technology transfer. *Research Journal of International Studies*, 12, 79-91.
- Walsham, G., Symons, V., & Waema, T. (1988). Information systems as social systems: Implications for developing countries. *Information Technology for Development*, 3(3), 189-204.
- Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of management review*, 27(2), 185-203.

2. NECESIDAD DEL CONSTRUCTO ‘CAPACIDAD DE ABSORCIÓN’

“The notion of production function has been highly fruitful in addressing certain kind of problems – for example, the study of relative income shares, technological unemployment, and some aspects of factors influencing economic growth. But when we turn our attention to other kind of problems the concept (of production function) is distinctly less helpful”.

Nathan Rosenberg, Perspectives on Technology, Cambridge University Press, Binghamton, N. Y., 1976, p. 62.

Este capítulo presenta la distinción entre ‘concepto’ y ‘constructo’ como preparación a la presentación del constructo ‘capacidad de absorción’. También se hace una breve disertación sobre cómo a partir del concepto de crecimiento económico, impulsado por la tecnología, resulta necesario un constructo del lado del receptor en el proceso de transferencia de tecnología (PTT) para que sea eficaz, es decir para que la tecnología resultante de la investigación y del desarrollo tecnológico pueda generar los resultados esperados en el entorno de organizaciones distintas a las que la producen, y aún en las unidades que realizan las actividades con la tecnología producida en otra parte de la misma organización.

2.1 CONCEPTO Y CONSTRUCTO

Por concepto se entiende a la idea, construcción mental o modelo (Samset, 2010) que concibe o forma el entendimiento expresando una abstracción que corresponde a algo concreto o del lenguaje, pero también una regla (Mischel, 1964) o principio de clasificación e inferencia (Glock, 2010). Funcionalmente, un concepto podría sustentar la solución de un problema o la satisfacción de una necesidad (Samset, 2010) por cuanto, como estructuras cognitivas y emocionales, ofrecen al individuo el modelo interpretativo de sus relaciones con su entorno, y también de sus relaciones con otros individuos y consigo mismo. Por consiguiente, un concepto no es solamente una idea, sino la resultante de la tríada cognición, emoción y comportamiento (Peseschkian, 1986). Se proponen tres aproximaciones distintas a la noción de concepto:

- (i) subjetivista, en la que los conceptos son fenómenos mentales en la cabeza de los individuos,
- (ii) objetivista, donde los conceptos existen en forma independiente de la mente humana y
- (iii) cognitiva, en la cual el intersubjetivismo es una de sus vertientes (Glock, 2010).

Por otra parte, un constructo es un objeto abstracto e hipotético que subyace a los procesos cerebrales de conocimiento de un tema o un asunto. El constructo se caracteriza por haber sido creado o adoptado de manera deliberada y consciente para un propósito epistemológico específico. Es decir, un constructo no es un concepto pero se asemeja a la noción de concepto en que los dos son abstractos y, además, permiten identificar semejanzas y diferencias entre distintas cosas o fenómenos. Pero a diferencia del concepto que tiende a ser más propio del objeto o fenómeno conocido, afín a la *concepción objetivista del concepto*, el constructo es algo creado por un individuo o un colectivo en el ámbito de su mente o de los acuerdos de los razonamientos compartidos del grupo humano. Como resultado de lo anterior, la realidad del constructo no existe en el objeto o fenómeno conocido, sino en el acto interpretativo del individuo (Fransella, 2015). En este sentido, la noción de constructo es más cercana a la concepción cognitiva de 'concepto', pero son distintas en razón al espacio en el que se materializa su existencia: mientras que el constructo ocurre en el razonamiento mental, el concepto ocurre en la concepción o razonamiento sobre algo concreto o del lenguaje.

En filosofía de la ciencia, en consonancia con lo anterior, un constructo es un objeto ideal, es decir un objeto cuya existencia depende de la mente de un sujeto, a diferencia de un objeto real, cuya existencia es independiente de la mente de cualquier sujeto. Por lo tanto, en el terreno de la investigación, un constructo es una elaboración teórica para resolver un problema específico.

En consecuencia, los constructos no pueden encontrarse en la materialidad de un objeto o fenómeno de la realidad y, por tanto, no pueden medirse en forma directa sino a través de manifestaciones externas de su existencia: mediante indicadores. En otras palabras, los constructos son propiedades subyacentes que pueden denominarse con una o más variables que representan sus múltiples dimensiones o facetas como constructo.

Por su parte, las variables denominan propiedades, características o atributos que conforman o describen en grados o modalidades diferentes a los constructos, y pueden ser independientes o causales y dependientes o de efecto. Estas últimas experimentan modificaciones cuando las variables independientes cambian de valor. Entre una variable independiente y su correspondiente variable dependiente se puede dar una variable interviniente, que actúa como puente entre las dos primeras. Así, esta investigación cuenta con una base metodológica constituida por constructos, variables, indicadores de tales variables y los índices.

Previamente a definir o establecer los anteriores elementos investigativos, procede establecer el contexto del constructo "capacidad de absorción", cuando se refiere al conocimiento en el entorno de la economía y la tecnología.

2.2 CRECIMIENTO ECONÓMICO Y TECNOLOGÍA

Desde la revolución industrial, el crecimiento económico se fundamentó en el incremento de la productividad basada en el uso intensivo de tecnología (Patiño Builes, 2012; Steinmueller, 2002). Aunque es conocido el potencial impacto positivo de la transferencia de tecnología sobre el crecimiento económico (Cebrián- Villar, 2005; Teece, 1977), tanto en la escala macroeconómica (Kumar, Kumar, Dutta, & Fantazy, 2007), como el impacto en el desempeño de las empresas (Joyner & Onken, 2002), es decir en la escala microeconómica, los gerentes de TIC, otros directivos y también los investigadores frecuentemente subestiman (Rogers, 2002) la complejidad del proceso de transferencia de tecnología (PTT) (Andréosso-O'Callaghan & Qian, 1998) que requiere una aproximación multidisciplinar y multidimensional (de Oliveira & Segatto, 2009).

La percepción de la innovación como un objetivo y no como un subproducto puede llevar a subestimar el PTT. Es decir, desconocer que la innovación es la consecuencia de un proceso más complejo - como lo es el proceso de cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990), que a su vez puede conducir al desarrollo económico – potencialmente deriva en que los investigadores prioricen la innovación sobre el PTT y cosifiquen tanto al PTT como a la innovación misma.

Como efectos de la cosificación del PTT, la medición de sus efectos se ha simplificado en exceso, reduciéndola a los efectos sobre las cifras de estados contables (especialmente de costos en el estado de resultados) de una organización, o a la contabilidad nacional de un país (Al-Ghailani & Moor, 1995; Eden, Levitas, & Martinez, 1997; Pack & Saggi, 2001) . Una perspectiva reduccionista en el entorno empresarial, ha endosado el origen de fallas en el desarrollo de software a deficiencias del PTT (Rothenberg, 1991), por ejemplo.

Otra forma en que es subestimado el PTT ocurre al aceptar sólo uno de sus varios modelos (López, Mejía, & Schmal, 2006; Sercovich, 1974). En la mayoría de ellos, el rol del receptor y de su capacidad para explotar el nuevo conocimiento tecnológico no es relevante. Puesto que la capacidad de absorción (Cohen & Levinthal, 1990) es uno de los determinantes de la efectividad del PTT, conocer la estructura epistemológica del PTT y los conceptos asociados, puede dar claridad sobre el constructo “capacidad de absorción” de tecnología en las organizaciones.

Dado que las organizaciones están inscritas en economías, una interpretación alternativa de desarrollo económico, como proceso de acumulación de capacidades tecnológicas y sociales (Pérez, 2001), es más compatible con

una visión de un PTT que también considere como componente relevante al receptor de la tecnología en un entorno dinámico, emergente y sometido a la incertidumbre (Foster & Metcalfe, 2012).

2.2.1 Sobre tecnología y desarrollo tecnológico

La tecnología puede ser considerada como conocimiento organizado para la producción (Sachs, 1973) y como un conjunto de instrumentos o herramientas materiales, *know-how* y habilidades que son usadas para satisfacer las necesidades de una comunidad y para incrementar su control sobre el entorno (Herrera, 1981). Popularmente “tecnología” es el término para referirse a computadores personales, y cuando más a TIC (Rogers, 2002). Pero, pese a que no hay un acuerdo general sobre su significado (Filgueiras Sainz de Rozas, Castro Fernández, & Rafull Suárez, 2013), este trabajo adopta el concepto de tecnología como conocimiento acerca del mundo y sobre cómo dicho conocimiento dispuesto (Heidegger, 2003) remite al hombre a “des-ocultar” (descubrir, transformar, acumular, repartir, cambiar) y desplegar acciones racionales (Habermas, 1984) en busca de su bienestar individual o colectivo (Rogers, 2002). Dicho conocimiento acerca del mundo –la tecnología- emerge en la distinción entre la existencia en la naturaleza biológica-física y la existencia extra-natural, es decir por fuera de la naturaleza.

El desarrollo tecnológico, por otra parte, es el proceso continuo que incluye la etapa de creación de conocimiento (investigación), la de difusión de tecnología y la de aplicación del conocimiento (innovación tecnológica) (Carrère et al., 1974 p.3). Por lo cual en Colombia se ajustó el programa de formación para que los estudiantes se pudiesen desempeñar en el mundo práctico de la industria y para que su formación de alto nivel los llevara a manejar, innovar y hacer crecer la tecnología y la industria colombiana (Organización de las Naciones Unidas. Consejo Económico y Social & Desarrollo, 1973) definiendo el papel del gobierno, las empresas y su relación con la Universidad para el desarrollo.

La tecnología permite el desarrollo de actos específicos de los humanos (Ortega y Gasset, 1965) con dos características:

- (i) son acciones anteceditas de la libertad humana (Heidegger, 2003) y
- (ii) son acciones modificadoras que se imponen sobre la naturaleza que –teleológicamente (Dessauer, 1964)- reforman el entorno con el fin de verificar la adaptación del sujeto humano sin que necesariamente haya adaptación del organismo humano, es decir, para que sea conveniente a los propósitos humanos.

Así comprendida, la tecnología usa la naturaleza como un conjunto de fuerzas calculable y explotable por el hombre, en cuanto que el hombre busca su

permanencia aún frente a la adversidad que ofrezca la naturaleza. Es decir, la tecnología no usa exclusivamente el conocimiento acerca de la naturaleza—mediado por las ciencias naturales—, sino también todo conocimiento disponible o potencialmente alcanzable.

El concepto de tecnología aquí traído no es instrumental, como una serie de artefactos que permiten la supervivencia del hombre, y tampoco obedece a una orientación antropológica, como lo que define al hombre —siendo este el creador de la tecnología— sino que es lo que está dispuesto —en esencia— para que el hombre sea hombre no (sólo) como individuo sino como especie, y por tanto la tecnología no tiene por objeto descubrir la naturaleza, sino develar el poder del hombre en —dentro de— la naturaleza y, a la vez, sobre la naturaleza, lo que muestra una distinción entre la tecnología y las ciencias naturales. Por consiguiente —en este sentido—, tecnología es el despliegue de la capacidad del hombre —como individuo y como especie— para procurar su bienestar.

La tecnología se mueve entre extremos:

- (i) la tendencia a convertirse en ideología y
- (ii) la tendencia a convertir al hombre como objeto de la tecnología.

Dicha disyunción obliga a atender un principio de responsabilidad (Jonas, 1995; Mitcham, 2001) que regule el riesgo de desviarse a cualquiera de los dos extremos y mitigue el riesgo que proviene no solamente de la complejidad de la tecnología (García Palacios & Menéndez, 2001), dado que científicos, ingenieros y otros actores tienen la responsabilidad de evitar las aplicaciones de la ciencia que son éticamente erróneas o que tengan un impacto negativo (Tünnermann & De Souza, 2003), sino de la inseguridad de las tecnologías modernas.

A partir de la segunda postguerra (siglo XX), la tecnología se integra al status del pensamiento filosófico. En este nuevo status, la acción racional puede ser comprendida como la acción instrumental o “acción racional con arreglo a fines”, que se rige por reglas técnicas basadas en el saber empírico, y a la vez como la elección racional, que se orienta por estrategias basadas en un saber analítico (Habermas, 1984), en el entorno en el que los individuos se someten a un aparato de producción y distribución que, en el capitalismo, presiona el incremento de la productividad de los factores trabajo, tierra y capital, con la introducción de nuevas técnicas.

De esta manera, aparece como variable independiente el progreso de la ciencia y la tecnología y, de dicho progreso depende otra variable del sistema social: el progreso económico (Habermas, 1984), por lo que el concepto de tecnología está directamente ligado al de sistema económico, pero sólo de forma marginal a las variables culturales y sociales (Vessuri, 2002) que, quizás por la predominancia de la ciencia y las pretensiones de ciencia que busca

todo conocimiento contemporáneo, es decir que busca dar explicaciones y enunciar leyes universales, generales y ahistóricas –lo que supone que los fenómenos son en todas partes y en todo tiempo los mismos- se pretende que todos los fenómenos, y no sólo los naturales, pueden hacer irrelevantes los contextos culturales, sociales y políticos. Esto fundamenta la postura crítica de Habermas respecto del tipo de acción que conduce la tecnología, que releva al individuo de su contacto con la realidad y centra el enfoque en el artefacto mismo. De esta manera, la concepción de TT cosificada es el resultado natural de las acciones alienantes de la tecnología, esto es, distanciar a los seres humanos de la realidad: ocultar detrás del artefacto la esencia de la vida humana. La TT se cosifica como proceso respaldado por el imperativo tecnológico con efectos inexorablemente favorables de la entrega de tecnología del producto al receptor, cuando en realidad lo crítico es la relevancia y conveniencia de la tecnología para el receptor.

2.2.2 Lo artificial: técnica y tecnología

Es oportuno distinguir entre técnica y tecnología. Comprender técnica como la habilidad en el dominio del hacer y que en su carácter intencional consiste en pasos o procedimientos para realizar una acción de manera certera y, según los parámetros, de manera eficiente, con el fin de obtener un resultado determinado (Mitcham, 1989). Por otra parte, la tecnología aparece cuando la herramienta, que posibilita la realización de la habilidad en el dominio del hacer, deja de ser forma de mediación frente al entorno del hacer y pasa a atender las pretensiones humanas ante su entorno general. La herramienta – el artefacto- es un elemento del discurso tanto en la técnica como en la tecnología. Pero mientras que en la tecnología el artefacto es en sí la pretensión humana frente a su entorno, la técnica es una de las formas de acción mediada por el artefacto.

El surgimiento de la idea contemporánea de “tecnología” proviene de la primera revolución industrial en la segunda mitad del siglo XVIII en Inglaterra, junto con la ciencia, son dos instituciones sociales y culturales contemporáneas que buscan, la primera, elaborar (y distribuir) productos de consumo mundial y, la segunda, producir conocimiento universalmente válido.

Los procesos de elaboración y distribución de productos exhiben características artificiales –que la distinguen de los fenómenos naturales- (Simon, 1996). La elaboración y distribución de productos:

- (i) es sintetizada por seres humanos,
- (ii) puede imitar aspectos de las cosas naturales, aunque carezca de varios aspectos de la realidad natural,
- (iii) puede ser caracterizada en términos de funciones (propósito), metas y adaptación, y

(iv) son discutidas, especialmente cuando están siendo diseñadas, en términos de imperativos como de descriptivos.

2.2.3 El artefacto tecnológico

Según algunas tendencias de pensamiento, un artefacto tecnológico se manifiesta en dos componentes:

(i) una dimensión física (hardware), cuya apariencia incorpora la tecnología como un objeto material y

(ii) una dimensión intangible (software), conformada por la base de información para el objeto material (Rogers, 2003).

Otras tendencias, que clasifican la tecnología en las categorías de blanda y dura, conciben una tecnología blanda como el *know-how*, habilidades y técnicas. La tecnología es transmitida (*conveyed*) como información que no necesariamente toma forma material-tangible. Por lo cual, cuando se dispone de materialidad – y por tanto es tangible- como las semillas o el hardware de computación, se dice que es “tecnología dura”. Dicha “tecnología dura” rara vez puede ser transferida con éxito sin alguna forma de acompañamiento, llamado en contraste “tecnología suave” (*soft technology*). Esta segunda óptica es más apropiada para las TIC, pues el PTT de hardware y software computacional son procesos complementarios. En general, en el marco de los conceptos microeconómicos, hardware y software computacional son dos productos (bienes) complementarios.

Desde el enfoque sistémico, el sistema tecnológico materializa la interfaz entre su sistema interno y su sistema externo (Simon, 1996). Su sistema interno es la organización de fenómenos naturales capaces de conseguir metas en algún rango de ambientes y su sistema externo determina las condiciones para el logro de tales metas: el contexto humano deliberado (Kroes, 2002).

En resumen, la tecnología es un saber experto, conjugación de la ciencia y el saber práctico disponible –en el sentido más amplio (Farrell & Hooker, 2012)- que busca conocimiento sobre cómo actuar (para el diseño y la producción de elementos conceptuales, procedimentales o materiales) con el fin de proveer bienes o servicios que, siendo pertinentes al contexto social, cultural, educativo y político en donde se usa (García-Córdoba, 2007), de manera confiable satisfagan la demanda de un individuo o sistema social, interviniéndolo y transformándolo a él o a su entorno. En este contexto, diseñar es la acción que tiene lugar en el ámbito de la incertidumbre y busca establecer un vínculo entre lo que se sabe de una situación y lo que ha de efectuarse para obtener la transformación en esa situación deseada.

2.3 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (TT)

Por transferencia se va a entender el acto de trasladar algo desde un lugar a otro o establecer una conexión temporal entre dos puntos originalmente no conectados. Temporal significa que es posible identificar un comienzo de dicha conexión y, posteriormente, una terminación de esa conexión. En esta acepción se incluye tanto el movimiento de objetos materiales, máquinas por ejemplo, como inmateriales, que pueden ser ideas o mensajes. Cuando dicho traslado o movimiento se sostiene en el tiempo, es decir no es instantáneo, en dicha transferencia se verifica un flujo de objetos materiales o inmateriales.

Esta conceptualización es conveniente puesto que permite hablar a la vez del movimiento de objetos materiales y también de lo inmaterial: mensajes de cualquier tipo – o incluso ideas- que contienen información y verifican un flujo (de datos o de información), formando un vínculo de comunicación. Dicha comunicación depende del contexto cultural, político y económico y por tanto el traslado de objetos materiales e inmateriales es sólo condición necesaria, pero no suficiente para que se verifique el “traslado” antes aludido. Cuando el traslado es de entes tecnológicos, el flujo preponderante se refiere al conocimiento tecnológico y no sólo a un artefacto físico.

2.3.1 Conocimiento tecnológico

La difusión del conocimiento tecnológico está parcialmente gobernada por razones de rentabilidad (Calix, Vigier, & Briozzo, 2015), por esto el cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990) es resultado y a la vez causa de los cambios económicos (Rodríguez, Aguirre, & Ordóñez, 2015). Algunos estudios conducidos desde la economía (Calix et al., 2015; Schumpeter, 1950) en donde se describe la tecnología (el conocimiento tecnológico) como parámetro de la función de producción (y por tanto de transformación de conocimiento en desarrollo para la sociedad) en la que además de los factores de producción capital (K) y trabajo (L) se incluyen A(t) y B(t) como variaciones totales de capital y trabajo respectivamente, son de la forma de la ecuación 2.1 - como en la función de producción neutral de Hicks (Ecuación 2.2) (Hernández, 2004)- . La literatura advierte que dichos modelos de endogenización de la tecnología (Mulder, De Groot, & Hofkes, 2001), no capturan lo esencial de la creación y transmisión del conocimiento tecnológico (Arrow, 1969).

$$Y = A(t) * B(t) * F(K, L) \quad (2.1)$$

$$Y = A(t) * K^\alpha * L^{1-\alpha} \quad (2.2)$$

La ecuación 2.2. es una instanciación de la forma general dada en la ecuación 2.1, en la que B(t)=1, y la función $F(K, L) = K^\alpha * L^{1-\alpha}$.

Por una parte, la producción de conocimiento, generado por

- (i) la investigación y el desarrollo (I+D),
- (ii) exploración y
- (iii) el hallazgo fortuito

no sigue el mismo proceso de producción de los productos y servicios en los que cada uno de los ítems es idéntico a otros que tienen como finalidad ser satisfactores (López-Cruz & Obregón Neira, 2015).

Por otra parte, la producción de conocimiento reduce la incertidumbre (Mulder et al., 2001), tema que ha sido objeto de investigación en la teoría de la información, pero no es inerte a los intereses políticos ni a las ideologías (López-Cruz, 2010) que perduran en las organizaciones en donde la reducción de la incertidumbre incrementa probabilísticamente su viabilidad (Beer, 1981, 1984).

Exponer el mismo conocimiento a personas de un mismo sistema organizacional no implica que se genere el mismo efecto individual, ni que haya efectos organizacionales uniformes si el mismo conocimiento queda disponible para distintas organizaciones, puesto que el canal son los cerebros humanos y no las líneas de comunicación. Por tanto, la capacidad del canal no es uniforme, ni siquiera en el mismo individuo humano cuando se observa en distintos momentos.

2.3.2 Actividad económica y transferencia de tecnología

Las actividades industriales de algunos países pueden haber empezado en forma tardía (Bohorquez Lopez & Esteves, 2013). Esta afirmación se hace respecto del hecho de que la revolución industrial se inició en el siglo XVIII en Inglaterra. Un proceso de industrialización a finales del siglo XIX o incluso del siglo XX se considera una llegada tardía (Amsden, 1992) a la forma de producción industrial y por tanto, puede requerir un esfuerzo para actualizar – poner al día- los aparatos de producción. Para esto, los países recurren a la importación de los medios que requieren para equilibrar su competitividad frente a otros países y de esta forma el fenómeno de TT se verifica desde otras economías. También puede suceder cuando la creación de nuevo conocimiento (I+D) no es financiada por el Estado o sólo es financiada de forma incipiente. En ambos casos, las economías importan tecnología para actualizar su aparato productivo, con la idea de hacerlo competitivo y comparativamente rentable.

No obstante, el efecto de dicha TT puede ser negativa: destrucción de puestos de trabajo, contaminación, detrimento de la calidad de los sitios de trabajo y, si la importación se restringe a la adquisición del conocimiento tecnológico (incorporado o no), se genera dependencia tecnológica, puesto que las unidades de producción no están en capacidad para producir la dinámica de los procesos de producción pertinentes, ni se ha incorporado el conocimiento

tecnológico al acervo de 'saberes' de las organizaciones de la economía receptora.

La TT es un concepto complejo. En los países desarrollados, la TT involucra innovación, cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990) y flujo de conocimiento de organizaciones de mayor productividad a aquellos de menor productividad. En general, la TT sucede cuando el conocimiento tecnológico generado o usado en un contexto es re-evaluado e implementado en otro (Kahen, 1994).

En los países subdesarrollados, los agentes primarios de la TT pueden ser Corporaciones Multinacionales o Agencias Internacionales, pero especialmente son pequeñas empresas con baja capacidad para desarrollar investigación interna o para financiar proyectos de investigación en universidades, institutos o centros de investigación, por lo que principalmente sucede una actualización tecnológica por actualización, que genera algún conocimiento en individuos y organizaciones, pero usualmente incrementa la dependencia de la organización que adquiere tecnología con el proveedor de la misma, que usualmente es extranjero. Algunos estudios categorizan la TT en tres tipos:

- (i) transferencia de tecnología en estricto sentido,
- (ii) tecnología apropiada y
- (iii) tecnología sostenible (Kahen, 1994).

Para la presente investigación, el concepto de TT se refiere al proceso de tránsito de la tecnología desde su origen hasta su utilización efectiva en las actividades de la organización por los individuos de la organización¹, es decir, el concepto corresponde al tipo (i) antes presentado.

2.3.3 Desarrollo de conocimiento tecnológico, TT y difusión de tecnología

Ahora bien, suponiendo que hubiese una disposición de la economía a interiorizar el conocimiento tecnológico importado, ¿por qué –en general- no se genera y desarrolla el conocimiento tecnológico local? Se han enunciado varias explicaciones: la insuficiente difusión tecnológica, la deformación de precios del capital y mano de obra latinoamericanos o la insuficiente demanda de parte del sector productivo (lo que se transforma en círculo vicioso) (Diamand, 1976), podría generar enanismo o inexistencia de organizaciones de ciencia y tecnología. Estas explicaciones de la economía, no obstante su

¹ Aquí el concepto de 'individuos de la organización' es más amplio que sólo el de los empleados. Corresponde más bien al concepto de *stakeholders*, entendido como quienes son afectados o pueden ser afectados por las actividades de una empresa, como fue definido en (Freeman, 1984).

solidez y amplio estudio (Lewis, 1954), parten del supuesto implícito del imperativo tecnológico, lo que aleja la mirada del receptor de conocimiento tecnológico, al que se le concibe como una caja negra que recibe como entradas insumos y tecnología y genera como salida productos e información. Esta visión también anula, o por lo menos tiende a desdibujar, los cuestionamientos que se realicen a la conveniencia de una tecnología para el receptor de la misma.

La literatura de transferencia de tecnología poco se ocupa del punto de vista del receptor, al que lo ve como consumidor de tecnología (Cova, Inciarte, & Prieto, 2005; Lopez-Cruz & Obregon Neira, 2016; López-Cruz & Obregón Neira, 2017). Se concentra en el punto de vista del productor de nuevo conocimiento tecnológico (Barreto Henríques, 2014; Escorsa, Maspons, & Llibre, 2001; Gruber, 1995; Mazzega, Bourcier, Bourguine, Nadah, & Boulet, 2011; República de Colombia Departamento Nacional de Planeación, 2016) y lo concibe como un flujo de información tecnológica de resultados predeterminados y previsibles (Surden, 2014) en el que hay porteros de la información tecnológica y al fluir desde el “laboratorio” (Barreto Henríques, 2014) genera resultados que son comunicados al exterior (Fig.2.1).

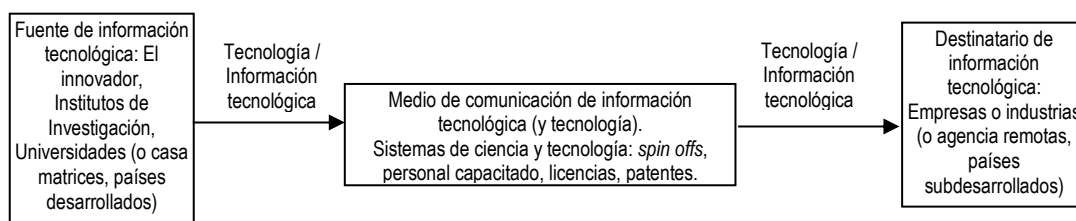
El modelo de comunicación de carácter unidireccional permea la conceptualización (Chorafas, 2001), tanto que se hace un símil con los sistemas físicos –respecto de la energía- al decir que los sistemas de ciencia y tecnología consumen, transforman, producen e intercambian información (Surden, 2014).

Tal enfoque analítico resulta simplista frente a la complejidad del fenómeno, puesto que tanto la creación de conocimiento tecnológico (propio) como la transferencia de conocimiento tecnológico tienen costos –en general, dificultades- que sólo pueden hacerse operativos en la escala microeconómica pero, en la escala de país, se requiere de una política macroeconómica para combinar en forma adecuada la creación de conocimiento tecnológico propio y la transferencia de conocimiento tecnológico externo (Chorafas, 2001) materializado en adquisición de bienes de capital, contratación de asistencia técnica, inversión (extranjera) directa, maquila (o subcontratación de fabricación), formación de personal técnico en el exterior, pago de derechos sobre patentes y marcas (pago de derechos sobre propiedad industrial), licenciamiento, contratación de servicios de ingeniería. Y a partir de ciclos de retroacción, efectuar los ajustes de afinación para sostener el crecimiento económico.

No obstante, en el nivel mesoeconómico (Dopfer, 2005) (i.e. en la escala del sistema organizacional), la TT y la difusión (de uso) (Rogers, 2003) no sólo son distintas sino que pueden resultar contrapuestas. Un sistema organizacional que produce conocimiento tecnológico podría buscar

recuperar su inversión a través de la expansión de su mercado (vendiendo el nuevo conocimiento tecnológico, usualmente incorporado).

Fig. 2.1 Modelo tradicional de TT desde la perspectiva del productor de conocimiento tecnológico.
Fuente: El autor.



Acelerar la difusión de uso conlleva al incentivo de un mejor retorno sobre la inversión; por el contrario, transferir el conocimiento tecnológico en forma temprana destruye la recompensa a la invención o innovación (Rodríguez et al., 2015). En esta perspectiva económica, la difusión de uso está restringida por la demanda, la TT está restringida por la oferta (del lado del innovador o generador de nuevo conocimiento tecnológico).

2.4 GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Se ha usado la expresión “generación de tecnología” o “desarrollo tecnológico” para referirse al diseño y ejecución de tareas que permiten transformar una realidad presente en una realidad deseada, producir artefactos o conocimientos operativos (García-Córdoba, 2007) al interior de un sistema organizacional, o de una economía, en cuyo caso se denomina endógena. Esto pone de presente que la generación de tecnología tiene carácter contingente, antes que la búsqueda de validez universal, lo que diferencia a la ingeniería de las ciencias naturales (Goldman, 2004). Así, mientras que el criterio de viabilidad de una teoría (o explicación o descripción) en la ciencia (natural) es que se acerque más a los hechos, el criterio de viabilidad de la generación de tecnología es el grado de ajuste a las necesidades y especificaciones del entorno en el que se incrusta el artefacto tecnológico.

Una vez que se genera la tecnología, ésta puede ser usada en el contexto cultural, político y económico en donde se originó, es decir se hace un uso endógeno. Pero también puede ser usada en otro contexto, lo que configura su transferencia. En este entorno mesoeconómico, se entiende así ‘transferencia de tecnología’ como el flujo sistemático de conocimiento para la elaboración de un producto, la implementación de un proceso o la prestación de un servicio (UNCTAD 1990) en forma eficaz por los *stakeholders* de las actividades organizacionales.

Como la transferencia de tecnología no es el simple traslado de objetos materiales y del conocimiento relacionado, se requiere un proceso de adecuación al contexto, que se llama 'endogenización'. La endogenización de la tecnología es el proceso a través del cual se determinan las características que debe exhibir la tecnología en el sitio que es usada, es decir, el proceso de definición de lo que se necesita que sea endógeno (Vessuri, 2002). Así, la transferencia de tecnología es una parte integral del proceso de generación de tecnología o de desarrollo tecnológico (Herrera, 1981).

El criterio para saber que el proceso de transferencia de tecnología se ha completado en forma exitosa es determinar cuándo una tecnología que ha sido difundida, es decir, que ha experimentado el proceso de difusión de tecnología (Rogers, 2003), es adoptada, adaptada, apropiada, aceptada y asimilada por un sistema organizacional que hace parte de un contexto político, cultural y económico, para crear un avance tecnológico o progreso tecnológico, entendido como uno de los aspectos del PTT que se manifiesta en la expansión del número de variedades de productos (*producer and consumer products*) en un mercado.

2.5 LA NECESIDAD DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

La literatura reconoce dos aspectos críticos en relación con la transferencia de tecnología:

- (i) estudiar la tecnología como conocimiento y
- (ii) los costos de absorción del conocimiento no incorporado hacia el receptor (Chen, 2005; Teece, 1977).

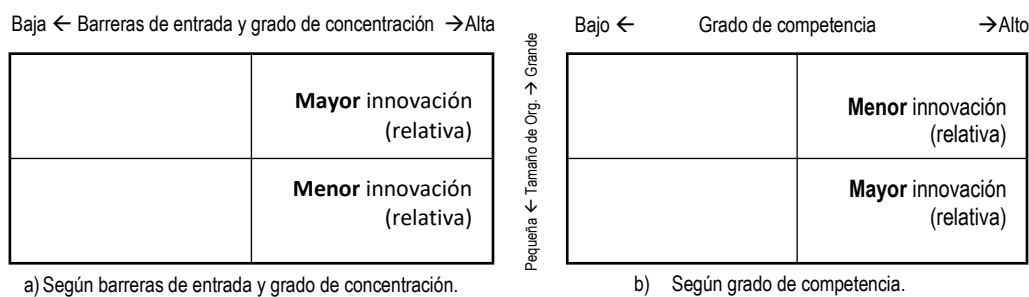
Estos aspectos emergen del cambio que se produce en la forma como se produce la transferencia de tecnología como consecuencia de la aparición de nuevas tecnologías (Joyner & Onken, 2002) no sólo internacionalmente, sino entre organizaciones como agentes productivos participantes en un mercado. La hipótesis de que la concentración del mercado incrementa el cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990) y que el tamaño del sistema organizacional tiene una relación más que proporcional con la innovación (Schumpeter, 1950), sigue siendo objeto de investigación.

Se ha podido determinar que las empresas grandes en sectores económicos con alto grado de concentración y altas barreras de entrada tienden a innovar más que las empresas pequeñas (fig. 2.2 panel a). Por otra parte, las empresas pequeñas en mercados con alto grado de competencia tienden a innovar más (Fig. 2.2 panel b) que las empresas grandes (Cebrián- Villar, 2005).

La resultante, tanto para grandes como para pequeñas empresas, es la tendencia a innovar más (relativamente) bajo distintas condiciones: las organizaciones pequeñas reaccionan más rápidamente que las organizaciones grandes en entornos de mayor competencia y, por otra parte, las empresas grandes reaccionan con mayor eficacia frente a mayores barreras de entrada y mayores grados de concentración (Fig. 2.2). De modo que se debe buscar al interior de las organizaciones, las capacidades que deben preceder la emergencia de las acciones de innovación, especialmente la capacidad para ser receptor efectivo de la tecnología que se transfiere desde el entorno del sistema organizacional hacia su interior.

El cambio en el proceso de transferencia de tecnología para el siglo XXI (Joyner & Onken, 2002) puso en evidencia la relevancia de estudiar el sistema organizacional receptor con el fin de mejorar la efectividad de la transferencia, pues de otra forma dicha transferencia podría ser inocua, puesto que el sistema organizacional es un artefacto y de hecho se entiende que dichos sistemas pueden ser diseñados (Mansfield, 2013; Tafoya, 2010; Weiss, 2007) y sus capacidades también pueden serlo.

Fig. 2.2 Comparación de la propensión hacia la innovación de organizaciones pequeñas y grandes, (a) según el grado de concentración y las barreras de entrada; (b) según el grado de competencia. Fuente: El autor.



La literatura informa que un sistema organizacional cuenta en su interior con capacidades operacionales y dinámicas (Vasudeva & Anand, 2011; Winter, 2000). De las capacidades dinámicas en particular, se requiere diseñar las capacidades ajustables al entorno cambiante para:

- (i) identificar o reconocer,
- (ii) asimilar y
- (iii) aplicar o aprovechar el conocimiento disponible en el entorno, con el fin hacer efectivo el resultado de la transferencia de tecnología.

Dicho conjunto de capacidades conforman el constructo “capacidad de absorción” (Cohen & Levinthal, 1989, 1990, 1994). Se requiere no sólo desarrollar tales capacidades sino, también, diseñarlas. En otras palabras, se sabe lo que es o lo que se quiere que sea (incluso lo que debería ser, casi en

sentido deontológico) , pero no se sabe cómo lograr que sean de esa manera. Esto último es el interés de esta investigación.

El constructo “capacidad de absorción” en las organizaciones es distinto de la noción de capacidad de absorción tecnológica de un país, que se concibe – ésta última- como el nivel básico y avanzado de alfabetización tecnológica, la calidad del entorno regulatorio, el acceso a la financiación y la efectividad de políticas de gobierno proactivas para promover la creación y difusión de tecnología (Burns & Timmer, 2008).

2.6 RESUMEN

En este capítulo se presentó la necesidad de contar con un constructo del lado del receptor de tecnología en el PTT, de manera que se puedan inducir resultados eficaces en la obtención y aprovechamiento del conocimiento tecnológico.

La recepción se materializa en las personas vinculadas a organizaciones. En consecuencia, es en el entorno de las organizaciones en donde se requiere diseñar la capacidad para

- (i) identificar o reconocer,
- (ii) asimilar y
- (iii) aplicar o aprovechar el conocimiento disponible en el entorno, con el fin hacer efectivo el resultado de la transferencia de tecnología.

La literatura ha identificado a esta capacidad del sistema organizacional como el constructo capacidad de absorción.

Como en la literatura misma aparecen algunas expresiones asociadas al PTT como difusión de tecnología, adopción tecnológica, adaptación tecnológica, aceptación tecnológica, asimilación tecnológica y absorción tecnológica, este último íntimamente relacionado con el tema de esta investigación, por completitud y claridad serán vinculados al texto.

REFERENCIAS

- Al-Ghailani, H. H., & Moor, W. C. (1995). Technology transfer to developing countries. *International Journal of Technology Management*, 10(7-8), 687-703.
- Amsden, A. H. (1992). *Asia's next giant : South Korea and late industrialization*. New York; Oxford: Oxford University Press. Traducción a castellano: Corea, Un Proceso Exitoso De industrialización tardía. Santafé de Bogotá: Norma, 1992.
- Andréosso-O'Callaghan, B., & Qian, W. (1998). Technology transfer to china: A theoretical approach. *Journal of Transnational Management Development*, 3(3-4), 277-308.
- Arrow, K. J. (1969). Classificatory notes on the production and transmission of technological knowledge. *The American Economic Review*, 29-35.

- Barreto Henríques, M. (2014). Preparing for post-conflict in Colombia from development and peace programs: challenges and learned lessons for international cooperation and companies. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 9(1), Bogotá Jan./June 2014.
- Beer, S. (1981). *Brain of the firm: the managerial cybernetics of organization*: J. Wiley New York.
- Beer, S. (1984). The viable system model: Its provenance, development, methodology and pathology. *Journal of the operational research society*, 35(1), 7-25.
- Bohorquez Lopez, W., & Esteves, J. (2013). Acquiring external knowledge to avoid wheel re-invention. *Journal of Knowledge Management*, 17(1), 87-105.
- Burns, A., & Timmer, H. (2008). Technology diffusion in the developing world. D. Chadna D., Ercol, PC Padovan, and CP Braga, editors, *Innovation and Growth*, 69, 781-809.
- Calix, C. G., Vigier, H. P., & Briozzo, A. E. (2015). Capital intelectual y otros determinantes de la ventaja competitiva en empresas exportadoras de la zona norte de Honduras. *Suma de Negocios*, 6(14), 130-137.
- Carrère, M. H., Sagasti, F. R., Piñeiro, M. E., Isnar, L. H. P. B., Matlon, P., Cantrell, R., & Sosa, G. (1974). *Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial*. Paper presented at the Seminario sobre Desarrollo Industrial e Integración de los Países Andinos, Mayo, 1971 Washington, DC (EUA).
- Cebrián- Villar, M. (2005). La regulación industrial y la transferencia internacional de tecnología en España (1959–1973). *Investigaciones de historia económica*, 1(3), 11-40.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 569-596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1994). Fortune favors the prepared firm. *Management Science*, 40(2), 227-251.
- Cova, A., Inciarte, A., & Prieto. (2005). Lakatos y los programas de investigación científica. Una opción para la organización investigativa nacional. *Omnia*, 11(3), 83-108.
- Cutler, D. M., & McClellan, M. B. (1998). What is technological change? In D. A. Wise (Ed.), *Inquiries in the Economics of Aging* (pp. 51-81): University of Chicago Press.
- Chen, S.-F. S. (2005). Extending internalization theory: A new perspective on international technology transfer and its generalization. *Journal of International Business Studies*, 36(2), 231-245.
- Chorafas, D. N. (2001). What is Meant by 'Internal Control'? *Implementing and Auditing the Internal Control System* (pp. 28-53): Springer.
- de Oliveira, S. A., & Segatto, A. P. (2009). Transferencia de tecnologia e conhecimento sob a lente estruturacionista: uma integracao temática - Technology and knowledge an knowledge transfer under the structurationist lens: A thematic integration.
- Dessauer, F. (1964). *Discusión sobre la técnica*. Madrid: Rialp, Trad. Alvaro Soriano, Lucio García Ortega.
- Diamand, M. (1976). Las posibilidades de una técnica nacional en Latinoamérica (el caso argentino). *Estudios Internacionales*, 10-41.
- Dopfer, K. (2005). *The evolutionary foundations of economics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Eden, L., Levitas, E., & Martinez, R. J. (1997). The production, transfer and spillover of technology: comparing large and small multinationals as technology producers. *Small Business Economics*, 9(1), 53-66.
- Elster, J. (1990). *El cambio tecnológico: Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona: Gedisa.
- Escorsa, P., Maspons, R., & Llibre, J. (2001). *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Madrid, etc.: Prentice Hall.
- Farrell, R., & Hooker, C. (2012). The Simon–Kroes model of technical artifacts and the distinction between science and design. *Design studies*, 33(5), 480-495.
- Filgueiras Sainz de Rozas, M. L., Castro Fernández, M., & Rafull Suárez, I. (2013). Determinación de la capacidad de absorción: estudio de caos en la empresa GEYSEL. *Ingeniería Energética*, XXXIV(3), 175-185.
- Foster, J., & Metcalfe, J. S. (2012). Economic emergence: An evolutionary economic perspective. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 82(2), 420-432.
- Fransella, F. (2015). What Is a Personal Construct? In D. A. Winter & N. Reed (Eds.), *The Wiley Handbook of Personal Construct Psychology* (pp. 1-8): John Wiley & Sons.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic management : a stakeholder approach*. Boston: Pitman.
- García-Córdoba, F. (2007). *La investigación tecnológica investigar, idear e innovar en ingenierías y ciencias sociales*. México: Limusa.
- García Palacios, E. M., & Menéndez, P. G. (2001). El neoludismo: una forma de participación en el contexto de la ciencia post-normal. In A. Ibarra & J. A. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 217-234): Biblioteca Nueva Organización de Estados Iberoamericanos OEI.
- Glock, H.-J. (2010). What are Concepts? *Conceptus*, 39(96), 7-39.
- Goldman, S. L. (2004). Why we need a philosophy of engineering: a work in progress. *Interdisciplinary Science Reviews*, 29(2), 163-176.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, 43(5), 907-928.
- Habermas, J. (1984). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos.
- Heidegger, M. (2003). *Filosofía, ciencia y técnica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. Traductores Francisco Soler y Jorge Acevedos.
- Hernández, I. (2004). Los modelos de difusión evolucionista. Una aproximación institucional. *Cuadernos de Economía*, 23(40), 79-110.
- Herrera, A. O. (1981). The generation of technologies in rural areas. *World Development*, 9(1), 21-35.
- Jonas, H. (1995). *El principio de responsabilidad : ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- Joyner, B. E., & Onken, M. H. (2002). Communication technology in international technology transfer: breaking time and cost barriers. *American Business Review*, 20(2), 17-26.
- Kahen, G. (1994). *A Comprehensive and Strategic Model of Technology Transfer-Addressing The Challenge: Optimising Technology Transfer to Developing Countries: Emphasising IT*. Paper presented at the Information Systems UK Ph. D. Consortium, Cranfield.
- Kroes, P. (2002). Design methodology and the nature of technical artefacts. *Design studies*, 23(3), 287-302.

- Kumar, U., Kumar, V., Dutta, S., & Fantazy, K. (2007). State sponsored large scale technology transfer projects in a developing country context *The Journal of Technology Transfer*, 32(6), 629-644. doi: 10.1007/s10961-006-8880-7
- Lewis, W. A. (1954). Economic development with unlimited supplies of labour. *The manchester school*, 22(2), 139-191.
- López-Cruz, O. (2010). Independencia y gestión de la innovación tecnológica. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 9(1), 5-7.
- Lopez-Cruz, O., & Obregon Neira, N. (2016). *Diseño de la capacidad de absorción en las organizaciones: propuesta de un nuevo constructo y literatura*. Paper presented at the Congreso Nacional e Internacional en Innovación en la Gestión de Organizaciones, Abril, 2016, Bogotá.
- López-Cruz, O., & Obregón Neira, N. (2017). Design of the Organizational Absorptive Capacity: A New Construct Proposal and Literatures. *In publishing*.
- López-Cruz, O., & Obregón Neira, N. O., N. (2015). A network based methodology to reveal patterns in knowledge transfer. *International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia*, 3(5), 67-76.
- López, M. d. S., Mejía, J. C., & Schmal, R. (2006). Un acercamiento al concepto de la transferencia de tecnología en las universidades y sus diferentes manifestaciones. *Panorama socioeconómico* (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39903208>). 24(32), 70-81.
- Mansfield, R. (2013). *Company strategy and organizational design*: Routledge.
- Mazzega, P., Bourcier, D., Bourguine, P., Nadah, N., & Boulet, R. (2011). A complex-system approach: legal knowledge, ontology, information and networks *Approaches to Legal Ontologies* (pp. 117-132): Springer.
- Mischel, T. (1964). Personal constructs, rules, and the logic of clinical activity. *Psychological Review*, 71(3), 180.
- Mitcham, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos, Editorial del Hombre - Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Mitcham, C. (2001). Los científicos e ingenieros como críticos morales en el mundo tecnocientífico. In A. Ibarra & J. A. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 199-216): Biblioteca Nueva - Organización de los Estados Iberoamericanos OEI.
- Mulder, P., De Groot, H. L., & Hofkes, M. W. (2001). Economic growth and technological change: A comparison of insights from a neo-classical and an evolutionary perspective. *Technological forecasting and social change*, 68(2), 151-171.
- Organización de las Naciones Unidas. Consejo Economico y Social, & Desarrollo, C. d. C. y. T. p. e. (1973). *Informe sobre el primer periodo de sesiones* New York: ONU.
- Ortega y Gasset, J. (1965). *Meditación de la técnica : Vicisitudes en las ciencias. Bronca en la física. Prólogos a la "Biblioteca de ideas del siglo XX"*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Pack, H., & Saggi, K. (2001). Vertical technology transfer via international outsourcing. *Journal of Development Economics*, 65(2), 389-415.
- Patiño Builes, A. (2012). Uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en las pymes y su relación con la competitividad. *Revista INGE CUC*, 8(1), 33-50.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL*, 75, 115-135.
- Peseschkian, N. (1986). What Are "Concepts"? *Positive Family Therapy* (pp. 131-132): Springer.

- República de Colombia Departamento Nacional de Planeación. (2016). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2016-2020, Bogotá D.C.
- Rodríguez, A. S. D., Aguirre, R. C., & Ordóñez, L. S. (2015). Clima organizacional, migración tecnológica y apagón analógico en la televisión ecuatoriana. . *Suma de Negocios*, 6(14), 138-146.
- Rogers, E. M. (2002). The nature of technology transfer. *Science Communication*, 23(3), 323-341.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations, 5th ed.* New York. UJ303.484 R64 2003 Colección alterna No.2: Free Press. N.Y.
- Rothenberg, J. (1991). Prototyping as modeling: what is being modeled? In H. Sol & K. van Hee (Eds.), *Dynamic modelling of information systems* (pp. 335).
- Sachs, I. (1973). Transfer of technology and a strategy of industrialization. In M. S. Wionezek (Ed.), *Industrialización, Comercio de Tecnología y Subdesarrollo Económico*. México: UNAM. México.
- Samset, K. (2010). What is a Concept? *Early Project Appraisal* (pp. 90-103): Springer.
- Schumpeter, J. A. (1950). *Capitalism, socialism, and democracy*. New York: Harper.
- Sercovich, F. C. (1974). Dependencia tecnológica en la industria argentina. *Desarrollo económico*, 33-67.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (Vol. 136): MIT press.
- Steinmueller, W. E. (2002). Knowledge-based economies and information and communication technologies. *International Social Science Journal*, 54(171), 141-153.
- Surden, H. (2014). Machine learning and law. *Wash. L. Rev.*, 89, 87.
- Tafoya, D. (2010). *The Effective Organization: Practical Application of Complexity Theory and Organizational Design to Maximize Performance in the Face of Emerging Events*: Routledge.
- Teece, D. J. (1977). Technological transfer by multinational firms: the resource cost of transferring know-how. *Economic Journal*, 87(June), 242-261.
- Tünnermann, C., & De Souza, M. (2003). *Desafíos de la universidad en la sociedad del conocimiento*. Paper presented at the Cinco años después de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior CMES.
- UNCTAD 1990. *United Nations Conference on Trade and Development*.
- Vasudeva, G., & Anand, J. (2011). Unpacking absorptive capacity: A study of knowledge utilization from alliance portfolios. *Academy of management Journal*, 54(3), 611-623.
- Vessuri, H. (2002). De la transferencia a la creatividad. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados. *Polis. Revista Latinoamericana* - [http://polis.revues.org/7672\(3\)](http://polis.revues.org/7672(3)), 1-19.
- Weiss, M. (2007). *Efficient organizational design: balancing incentives and power*: Springer.
- Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic management journal*, 21(10-11), 981-996.

3. DE LA DIFUSIÓN A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

“The pace of industrialization was, in large measure, determined by the speed with which technical (technological) knowledge was diffused from its point of origin to other sectors of the economy where such knowledge had useful applications”.

Nathan Rosenberg, Perspectives of Technology, Cambridge University Press, Binghampton, N. Y., 1976. (Offermann, Levina, Schönherr, & Bub, 2009)

La densidad de expresiones que parecen referirse al proceso de cambio tecnológico y sus fenómenos asociados, como transferencia de tecnología, adquisición de tecnología, difusión de tecnología, adopción de tecnología, adaptación de tecnología, apropiación de tecnología, aceptación de tecnología, asimilación de tecnología, compatibilidad tecnológica e innovación tecnológica, hace necesaria la construcción de un referente conceptual vinculante. Este capítulo contextualiza las relaciones entre dichos conceptos, identifica componentes y situaciones clave para que suceda cada uno de ellos y enuncia la relevancia de la innovación tecnológica como medio que propicia condiciones para que aparezcan cambios tecnológicos que produzcan incrementos en la productividad y en la competitividad para generar crecimiento económico.

3.1 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

En el modo de producción capitalista, una condición necesaria - si bien no suficiente- para la creación de bienestar en los individuos, es la generación de crecimiento económico. La hipótesis del cambio tecnológico (Elster, 1990) como origen del crecimiento económico es razonable, puesto que el cambio tecnológico nutre mayores niveles de productividad en algunos sectores de la economía por vía del incremento de las corrientes de inversión (Furtado, 1965, pp. 65-68; Kalecki, 1954; Prebisch, 1970 p. 160-162; Prebisch, 1981) tanto en el entorno macroeconómico como en mesoeconómico, es decir el de las organizaciones (Dopfer, 2005). De aquí que, poner a disposición de las actividades de producción de las organizaciones la tecnología que lleve a alcanzar mayores niveles de productividad, es deseable.

Para que la tecnología apropiada quede a disposición de las actividades productivas, se requiere transferir a ellas la tecnología (Contreras, 1975), a

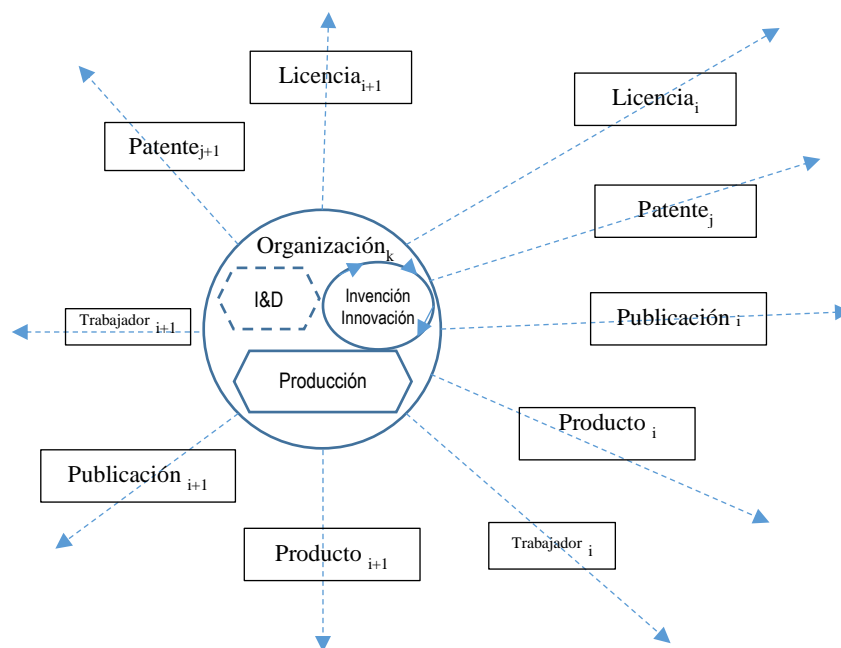
través del movimiento de las creaciones y desarrollos tecnológicos, desde los centros de investigación y desarrollo (y de no estar disponibles, entonces desde otras economías) hacia los procesos de producción en las organizaciones. Esos movimientos que devienen en transferencia de tecnología se inician por adquisición-difusión tecnológica entre organizaciones o por difusión tecnológica intra-organizacional desde las unidades de investigación y desarrollo hacia las unidades de producción (fig.3.1).

Los centros de investigación y desarrollo tecnológico (CIDT) pueden funcionar como:

- (i) unidades dentro de las mismas organizaciones que demandan la tecnología en sus procesos productivos,
- (ii) organizaciones independientes administrativamente (institutos de investigación autónomos) o
- (iii) unidades subvencionadas por las organizaciones que demandan la tecnología pero que son regentadas por universidades.

Los CIDT diseñan y desarrollan artefactos tecnológicos que son puestos a disposición de actividades productivas.

Fig. 3.1 *i*-ésima organización ($0 \leq i \leq n; i, n \in \mathbb{N}$) con actividad de I&D (opcional), producción que genera *i* productos. Es factible la generación de invenciones y creaciones que pueden ser patentadas ($0 \leq j \leq m; j, m \in \mathbb{N}$) o licenciadas, puede generar publicaciones y personas con conocimiento que salen al entorno de la organización. Sus resultados pueden ser innovaciones hacia el interior de la organización o de su entorno. Fuente: el autor



Aquellas organizaciones que no disponen de unidades propias de investigación y desarrollo (en la fig. 3.1 el componente I&D no existiría y

por eso las líneas punteadas), o que no patrocinan actividades de investigación o desarrollo en universidades o centros de investigación, también demandan tecnología con el fin de mitigar el riesgo de que su productividad y competitividad se encuentre en niveles inferiores a los mínimos que el mercado permite, para mantener la viabilidad de la organización.

Sea \mathbb{N} el conjunto de números naturales. El conocimiento tecnológico producido por el giro normal de la producción por la *k-ésima* ($0 \leq k \leq s; s \in \mathbb{N}$ organización (fig. 3.1) es irradiado a través de *i* productos ($0 \leq i \leq n; n \in \mathbb{N}$) – en este caso, formalmente $i \in [0..n]; n \in \mathbb{N}$ aunque sólo tiene sentido para valores estrictamente positivos de *i*- y también de *j* patentes ($0 \leq j \leq m; m \in \mathbb{N}$), licencias, publicaciones, o trabajadores.

Para mitigar el riesgo de salir del mercado, las organizaciones que no disponen de unidades internas de I&D, se convierten en estrictas receptoras de tecnología y la adquieren por medio de compra-venta (procesos comerciales). La compra puede ser de artefactos tecnológicos físicos (hardware), las licencias de uso de determinadas fórmulas o procedimientos e, incluso, la asistencia técnica (trabajadores de otras organizaciones). Lo común en todos los casos es el conocimiento (incorporado o no al objeto adquirido) que se transfiere hacia las actividades productivas de la organización receptora.

Dicho conocimiento no siempre es asequible por la simple adquisición de la tecnología, que es uno de los supuestos de los modelos del PTT del siglo XX. Las primeras barreras identificadas son la protección que da la propiedad intelectual. Que en el caso del tránsito transfronterizo¹ que hace la tecnología desde las casas matrices hacia sus filiales pueden ser barreras menos rígidas, pero en cambio aparecen otras barreras que del lado de la filial llevan a revelar barreras distintas a las económicas, como las barreras culturales, que impactan la eficiencia o la eficacia del aprovechamiento de artefactos tecnológicos producidos en una economía distinta.

3.2 ADQUISICIÓN TECNOLÓGICA

La adquisición no sería posible si no existiese una corriente de tecnología en el mercado (Escorsa Castells & Pasola, 2004). La adquisición tecnológica se verifica como una transacción que le permite a una organización o unidad organizacional acceder a su uso, por lo menos del

¹ Tránsito de tecnología a través de fronteras políticas.

tipo que busca obtener mediante dicha transacción (Araujo Arizala, 1980). Eso no implica una cooperación activa del originador (fuente) de la tecnología. El conocimiento que tiene que ver con la tecnología puede ir incorporado en máquinas, equipos o puede consistir en la contratación de personal que tiene el conocimiento, en la firma de contratos de investigación o en la firma de contratos de consultoría, patentes, licencias y programas de computador (OECD-Eurostat, 2006).

Si la tecnología es producida en unidades organizacionales dentro de la misma organización que pretende incorporarla a sus procesos de producción, la transferencia tecnológica no necesariamente media a través de la adquisición tecnológica, pero sí como un proceso de difusión tecnológica dentro de la misma organización, entre unidades organizacionales distintas.

Así, la adquisición tecnológica consiste en poner una tecnología a disposición de una organización o unidad organizacional que la requiere para vincularla a sus procesos productivos y materializar la entrega mediante una transacción inter o intra-organizacional, mientras que la difusión tecnológica no necesariamente está precedida de una transacción comercial.

3.3 DIFUSIÓN TECNOLÓGICA

El primer concepto que se da en el continuo de la transferencia tecnológica es la difusión de la tecnología. Puede ser que una tecnología no esté disponible para quien la requiere, bien porque no existe o porque está protegida por el derecho de propiedad industrial o por derechos de autor. Si este es el caso, no es posible que la tecnología ingrese al mercado (sea distribuida) y desaparece la posibilidad de que sea adquirida. No obstante, si es posible que ocurra difusión tecnológica intra-organizacional incluso entre unidades organizacionales transfronterizas.

El flujo de tecnología en el mercado no es posible si la tecnología no es producida, lo cual es evidente. Pero, una vez los artefactos tecnológicos son producidos o desarrollados, no necesariamente son distribuidos automáticamente entre las organizaciones de una economía, las personas o las economías mismas. La efectividad de esta distribución depende de la dinámica de los productos tecnológicos en el mercado, para lo cual se integra el análisis de las leyes, regulaciones, instituciones, percepciones regionales y actores políticos (Pasaoglu, Honselaar, & Thiel, 2012; Stephens, Wilson, & Peterson, 2008) al estudio de la difusión de tecnología.

Los modelos de difusión tecnológica (Bass, 1969; López Sánchez & Arroyo Barrigüete, 2005; Martins, Pereira, & Vicente, 2009; Meade & Islam, 2006;

Nelson & Phelps, 1966; Weissmann, 2008) no solamente se ocupan de artefactos físicos sino de otros que carecen de corporeidad material (Borrego, Froyd, & Hall, 2010; Cheng, Chiu, Shyu, & Luo, 2009), por lo que la comprensión de la difusión tecnológica no puede restringirse a los mecanismos de transacción de elementos físicos en el mercado, como si la difusión tecnológica sólo fuese posible mediada por la adquisición de tecnología. La difusión tecnológica, desde la óptica del modelo de difusión de innovaciones (Rogers, 2003), se comprende como un proceso de comunicación que se verifica en un sistema social (Wright & Charlett, 1995).

El conocimiento tecnológico que se irradia al entorno por cada organización (fig. 3.2) puede ser a la vez una barrera. Es el caso de las patentes y licencias que aunque constituyen una declaración de la existencia de artefactos de conocimiento tecnológico, a la vez declaran los derechos sobre los mismos.

La difusión tecnológica se refiere a la existencia de un entorno en el que aparecen por lo menos cuatro (4) elementos:

- (i) el artefacto-conocimiento tecnológico, producido en los procesos de investigación y desarrollo,
- (ii) una economía u organización con capacidad para entregar el artefacto-conocimiento tecnológico,
- (iii) una economía o una organización con intención de obtener el artefacto-conocimiento tecnológico y
- (iv) un entorno para el movimiento de la tecnología, que bien puede ser un mercado o los vínculos trasfronterizos de distintas unidades organizacionales que integran una sola organización.

En la escala de las economías se han considerado ocho (8) formas de transferir tecnología:

- (i) exportación de productos,
- (ii) exportación de patentes,
- (iii) exportación de conocimiento y servicios técnicos y
- (iv) exportación o extensión de la firma al extranjero.

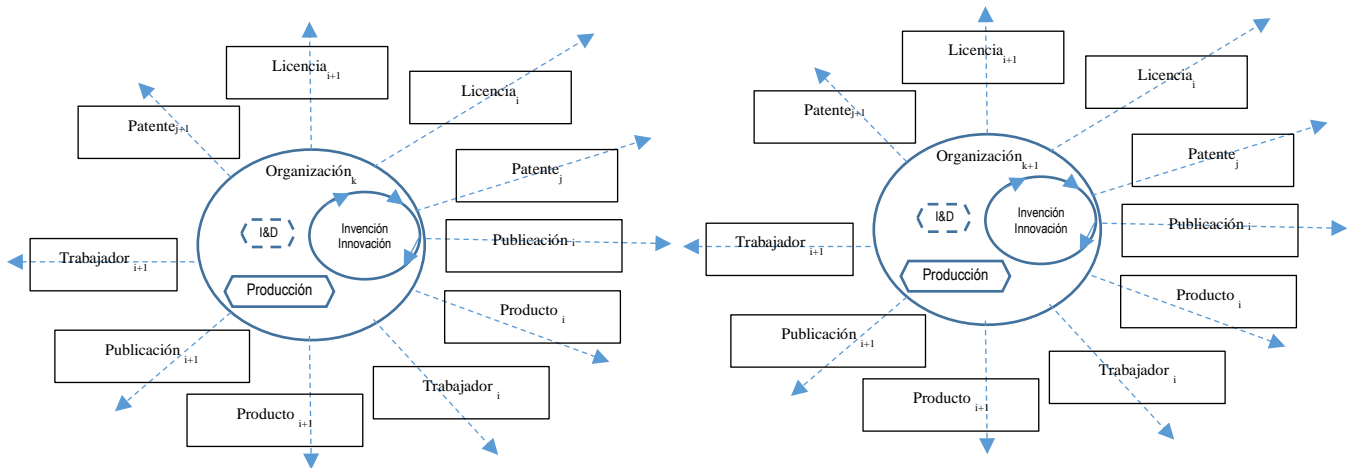
Las restantes cuatro formas son las simétricas de las anteriores:

- (v) importación de productos,
- (vi) importación de patentes,
- (vii) importación de conocimiento y servicios técnicos y

(viii) adquisición de tecnología de un inversionista extranjero (Wilkins, 1974).

Si bien (viii) no es simétrica perfecta de (iv), se le define como su correspondiente.

Fig. 3.2 La organización_k (izquierda en fig.3.2) y la organización_(k+1) (derecha en fig.3.2) ($0 \leq i \leq n$), ($0 \leq j \leq m$), ($0 \leq k \leq s$); $i, j, k, m, n, s \in \mathbb{N}$), irradian a su entorno conocimiento tecnológico en las formas anotadas. La organización_k podría adquirir tecnología de la organización_{k+1}, cuando no la produce, la requiere y tiene la capacidad de adquisición. Fuente: el autor



Lo anterior lleva a que:

- (a) no se puede suponer que el artefacto-conocimiento tecnológico esté disponible por el simple hecho de que un agente del sistema social lo requiera o lo necesite para algún propósito,
- (b) no se puede suponer que por estar disponible la tecnología sea posible impulsarla hacia el mercado para difundirla y
- (c) tampoco se puede suponer que por estar disponible la tecnología, sea eficaz su absorción.

De hecho se reconoce una brecha de absorción entre países (Wilkins, 1974 p.169) que se origina en un rezago de absorción, definido como el tiempo que transcurre entre el momento en que un producto se produce por primera vez en el país que lo genera y el momento en que es aprovechado o explotado en otro país (Wilkins, 1974). Es condición necesaria, aunque no suficiente, que la tecnología exista y esté disponible para la verificación de la difusión de tecnología (y por tanto, aunque parezca obvio, no puede ocurrir transferencia de una tecnología que no exista).

Lo anterior es compatible con la idea de que no toda invención o creación tecnológica deriva en una innovación tecnológica, pero además se infiere que no toda transferencia de tecnología implica la ocurrencia de difusión tecnológica, es decir que es posible que haya un flujo de artefactos y datos, desde un origen a un destino, pero estos no generen ninguna modificación

en el destino. Esto, por su parte, reconoce la existencia de barreras para la difusión tecnológica (Wilkins, 1974 p.172).

Por cuanto una organización puede funcionar en una o más economías, por ejemplo las organizaciones multinacionales pueden considerarse como una sola organización aunque operen separadas por distintas fronteras, o simplemente dentro de una sola frontera, la existencia de las mismas son elementos que pueden ser considerados como barreras y no como partes fundamentales del proceso de difusión.

Los modelos de difusión más ampliamente usados son:

- (i) el modelo de influencia externa,
- (ii) el modelo de influencia interna,
- (iii) la función de Gompertz y
- (iv) el modelo de Bass (Bass, 1969; Meade & Islam, 1998, 2006; Teng, Grover, & Guttler, 2002).

Estos modelos comparten el supuesto, razonable, de que notando por m el total de adoptantes potenciales en el sistema social (el nivel de saturación), $N(t)$ el número de individuos que han adoptado la innovación en el tiempo t , ($0 \leq N(t) \leq m$), la tasa de difusión es proporcional a la cantidad de adoptantes potenciales en un momento del tiempo ($m - N(t)$) (ecuación 3.1):

$$\frac{dN(t)}{dt} \propto (m - N(t)) \quad (3.1)$$

Si se nota con $g(t)$ a la constante de proporcionalidad, entonces se obtiene la ecuación 3.2:

$$\frac{dN(t)}{dt} = g(t) * (m - N(t)) \quad (3.2)$$

La constante de proporcionalidad $g(t)$ se denomina el coeficiente de difusión. Depende del número de adoptantes previos y permite categorizar varios modelos de difusión (Teng et al., 2002).

Por su parte, el Manual de Oslo define la difusión como “el modo mediante el cual las innovaciones se extienden a través de los circuitos comerciales, o cualquier otro, a los diferentes consumidores, países, regiones, sectores, mercados y empresas, después de su primera introducción” (Manual de Oslo, 2006). Es decir, la difusión de innovaciones se refiere al flujo de las innovaciones a todas las instancias, desde personas hasta economías y regiones, pero se llama difusión sólo después de la “primera introducción”

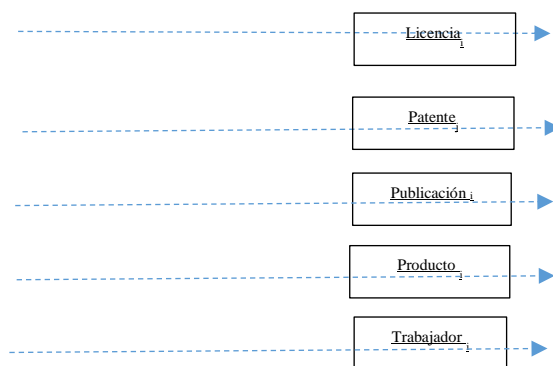
al sistema o, lo que es lo mismo, a partir de la segunda vez en que se usa en el sistema.

Así, se puede comprender la difusión tecnológica como un proceso en el cual los artefactos tecnológicos transitan desde la organización que la produce (posiblemente por procesos de investigación que derivan en invención tecnológica o desarrollo tecnológico), hacia (los individuos de) la organización que la demanda para vincularla a sus actividades (procesos).

Con el propósito de consolidar el concepto de difusión de tecnología, se debe tener en cuenta que es posible que la organización misma que produce la tecnología no decida o no tenga la capacidad para propagar la tecnología. En esta circunstancia, se requiere otro componente del entorno distinto al que origina la tecnología (que usualmente es otra organización), con el fin de que la disperse o despliegue en el mercado (fig. 3.3).

La dispersión de licencias, patentes, publicaciones, productos y trabajadores en el entorno, establecen un flujo que no es uniforme. Es decir, no es de suponer que hay un flujo permanente y uniforme de estos elementos de conocimiento en el mercado, aunque para propósitos de representación aparezca así (fig. 3.3). A este flujo irregular es al que se expone cada una de las k organizaciones del sistema social.

fig. 3.3 El conocimiento irradiado por las s organizaciones del sistema social ($0 \leq k \leq s$); $k, s \in \mathbb{N}$) en el entorno se puede concebir como un flujo de datos relacionados con licencias, patentes, publicaciones, productos y trabajadores. Fuente: el autor.



Por todo lo anterior, es más preciso conceptualizar la difusión tecnológica como la actividad de propagar -de irradiar- la tecnología desde el entorno en donde se ubica la organización que la origina hacia el mercado o, si es dentro de una organización, desde la unidad organizacional donde se produce hacia los individuos de las unidades organizacionales responsables de los procesos de producción que requieren la tecnología.

3.4 ADOPCIÓN TECNOLÓGICA

La adopción tecnológica en organizaciones puede ser concebida como un proceso que sucede en dos instancias, siendo la primera pre-requisito de la segunda:

- (i) la instancia de decisión al nivel organizacional para adoptar la tecnología y
- (ii) la instancia del nivel individual (Gallivan, 2001).

Aunque no hay un único *framework* para explicar la adopción tecnológica en el entorno organizacional (Roberts & Pick, 2004), se han desarrollado taxonomías de la adopción tecnología de computación con base en la interacción hombre-máquina (Seneler, Basoglu, & Daim, 2008) y se han estudiado factores que afectan la adopción de tecnología en varios sectores económicos o tipos de organizaciones (Azim, Ali, & Sattar, 2011; Munoz-Cornejo, Seaman, & Günes, 2008; Suebsin & Gerd Sri, 2010).

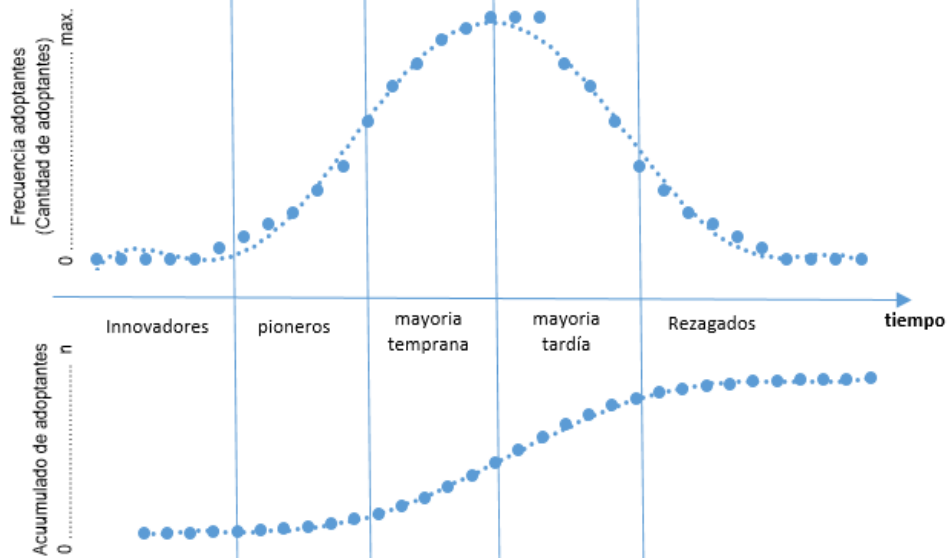
La literatura informa que al graficar la frecuencia de adopción en el tiempo, se obtiene una curva en forma de campana. Esto representa que pocos individuos del sistema social inician el proceso de adopción, luego se incrementa la cantidad de adoptantes hasta alcanzar un punto de inflexión y un máximo a partir del cual la cantidad de adoptantes decrece. Al graficar la cantidad acumulada de adoptantes de tecnología en el tiempo, se obtiene una curva en forma de "S" (Rogers, 2003; Teng et al., 2002), que es creciente hasta alcanzar un punto de inflexión a partir del cual la curva es asintótica a un nivel de saturación al cual se alcanza la máxima cantidad de adoptantes (fig. 3.4). En la parte inferior de la Fig. 3.4 se observa la curva en forma de "S" que caracteriza el proceso de adopción. La cantidad de adoptantes y la frecuencia de adopción predeterminan parte de la estructura de la difusión.

Se describe la difusión tecnológica a partir del proceso de adopción (Meade & Islam, 2006; Rogers, 2003). Al graficar la frecuencia de adoptantes y el acumulado de adoptantes contra el tiempo (fig. 3.4), se acostumbra distinguir cinco momentos en los cuales se clasifican los adoptantes:

- (i) innovadores, los individuos que adoptan por primera vez la nueva tecnología (no se refiere a los que producen la innovación),
- (ii) pioneros, los individuos que suceden a los innovadores,
- (iii) mayoría temprana,
- (iv) mayoría tardía, se identifica así al conjunto de individuos que adoptan la tecnología luego de que inicia la porción decreciente de la frecuencia de adoptantes y, por último,

(v) rezagados (Rogers, 2003).

Fig. 3.4 Frecuencia de adoptantes (arriba) y acumulado de adoptantes en el tiempo (abajo). Se distinguen cinco momentos. Fuente: adaptado por el autor a partir de (Rogers, 2003; Teng et al., 2002)



Así, la adopción tecnológica se refiere a la decisión que toma una organización y los individuos involucrados en ella, para incorporar una tecnología de la corriente tecnológica que es difundida en su entorno y que es presentada a (la que se exponen) los individuos de la organización para ser incorporada a las actividades o procesos organizacionales.

3.5 ADAPTACIÓN Y APROPIACIÓN TECNOLÓGICA

El conocimiento tecnológico incorporado al artefacto tecnológico adoptado, también debe ser adaptado si se requiere darle utilidad en el largo plazo. Es decir, el artefacto tecnológico adoptado debe ser adecuado para hacerlo útil en el contexto en el que el artefacto tecnológico será usado. Tal es el caso de las organizaciones del tercer mundo que importan tecnologías de países desarrollados (D'Agostino, D'Antonio, De Nicola, & Tucci, 2015). Incluso la dificultad no estaría en el conocimiento tecnológico que está siendo transferido sino en el proceso de desarrollo económico del país receptor, lo que ha motivado la creación –o la necesidad de creación- de una política tecnológica como parte de la política de desarrollo (Carrère et al., 1974) de los países latinoamericanos.

Por esto, la noción de transferencia de tecnología (TT) en los modelos de los países desarrollados difiere de la de los países subdesarrollados. La denominación TT en las economías que tienen capacidad para la creación de conocimiento tiene poco que ver con el sentido que TT toma en las economías que han desarrollado con rezago esta capacidad.

La noción de TT en los modelos del primer mundo sirve más para enmascarar la dependencia a la que están sometidos los países subdesarrollados (Cyert & March, 1992) al verse obligados a importar un porcentaje muy elevado de tecnologías necesarias para mantener los procesos de producción (Abad Arango, 1973).

Recapitulando, en tanto la adquisición de tecnología se refiere al acto transaccional entre dos organizaciones o dos unidades organizacionales, la adquisición misma se verifica cuando la tecnología se pone a disposición de la organización que demanda la tecnología, y en ese sentido es instantánea. Esto no significa que se desconozca que antes de la puesta a disposición de la tecnología en su destino ocurran las acciones comerciales y legales que puedan mediar para la entrega real de la tecnología al receptor que, para reiterar, sólo es posible en cuanto que existe una corriente de difusión tecnológica.

Si es entre dos unidades organizacionales (dentro de la misma organización, por supuesto) la tecnología fluye desde las unidades de investigación y desarrollo –institutos de investigación o centros de investigación y desarrollo tecnológico- hacia las unidades que ejecutan los procesos de producción en donde también se requiere poner a disposición la tecnología en la unidad organizacional que la va a usar; por ejemplo desde la casa matriz hacia las filiales o subsidiarias.

En los dos casos anteriores, la transferencia de tecnología se manifiesta en virtud de la existencia de la difusión de tecnología. Cuando es el caso en el que concurren dos organizaciones, la TT se materializa en la adquisición de tecnología (por la comercialización de la misma). La adopción de la tecnología (tanto en el caso de los flujos intra-organizacionales como los extra-organizacionales de tecnología) ocurre en el momento en el que se toma la decisión de aprovechamiento de una tecnología disponible.

Hasta este punto, en el que la tecnología está puesta a disposición del sitio y personas que la van a usar, nada asegura que sea usada y que rinda los frutos esperados. Con la premisa del imperativo tecnológico, buena parte de la literatura del siglo XX, elaborada por países desarrollados, identifica la TT con la adopción tecnológica, debido en buena parte a la concepción de la tecnología más como mercancía y menos como conocimiento, como se advirtió en la literatura latinoamericana y la colombiana desde el siglo pasado (Halty, 1968; Jaramillo Sierra, Araujo Arizala, Forero Cruz, & Torres G., 1997; Nitsch, 1971; Orosco, 1965; Osorio & Ramos, 1996; Sachs, Nitsch, Halty Carrere, Abad Arango, & Silva Bautista, 1971; Silva Bastidas, 1971).

Por eso, para que ocurra la adopción de manera eficaz, hace falta la adaptación tecnológica. Ésta denomina las acciones que toma una

organización para que una tecnología que ya tiene disponible para adopción dentro de su entorno, sea incorporada de manera eficaz a las actividades de la organización, usualmente en procesos productivos, pero también en procesos de apoyo (Porter, 1985).

Así, la adaptación tecnológica es el programa de acciones de ajuste que se conducen sobre una tecnología con el fin de que sea eficaz en un entorno cultural (idioma, creencias, costumbres) distinto al entorno en la que se produjo (da Costa Filho, Pires, & da Costa Hernandez, 2007), lo que exige cambios en las relaciones, supuestos, conocimientos y procedimientos de los usuarios (Tyre & Orlikowski, 1994). La adaptación tecnológica antecede al proceso de aceptación tecnológica y suceden a las iniciativas de adopción tecnológica. Usualmente los procesos de adaptación tecnológica desaparecen rápidamente después de un inicio explosivo de actividades, lo cual es explicado porque la experiencia que ganan los individuos en el uso de una tecnología se usa para crear rutinas (organizacionales) que simplifican los requerimientos de datos y las necesidades de procesamiento de datos para obtener información (March & Simon, 1958). Las actividades pueden incluir desde traducciones al idioma local hasta modificaciones físicas de un artefacto que la literatura identifica como re-inventiones que eventualmente hacen parte de un proceso de innovación tecnológica (Tyre & Orlikowski, 1994).

La adaptación tecnológica no necesariamente es perfecta, es decir, como consecuencia de la creación de rutinas organizacionales (March & Simon, 1958):

- (i) se pueden omitir o pasar por alto señales de problemas y dificultades y
- (ii) se pueden ignorar desadaptaciones entre la tecnología y su configuración.

Estas fallas de adaptación tecnológica pueden generar eventualmente (es decir, con el paso del tiempo) que el cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990; Rip & Kemp, 1998) sea descartado, o que se inicien nuevos procesos de adaptación. Usualmente, esto último depende de que la adaptación tecnológica sea afianzada por un proceso de apropiación tecnológica. Apropiación puede significar distintas cosas, incluso cuando se refiere a 'apropiación tecnológica' (De Greiff & Maldonado, 2011) y más aún cuando se aborda la apropiación desde la dimensión del conocimiento tecnológico en un sistema social.

Para propósitos prácticos, la apropiación tecnológica se refiere a los usos individuales que obedecen a una construcción personal (Carroll, Howard, Vetere, Peck, & Murphy, 2002) que pueden ser distintos a los usos previstos por el productor de la tecnología (Dix, 2007). Así, la apropiación tecnológica

es un proceso por el cual los usuarios van más allá de la simple adopción para hacer la tecnología algo propio y permearlo dentro de sus prácticas sociales, económicas, ambientales, judiciales y políticas (Bar, Weber, & Pisani, 2016; Sianipar, Dowaki, Yudoko, & Adhiutama, 2013). Este concepto facilita comprender por qué el derecho de propiedad intelectual es también una barrera de apropiación tecnológica.

3.6 ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA

La aceptación tecnológica se refiere al acto en el que los usuarios de un artefacto tecnológico consienten su uso. El concepto se origina en el modelo de aceptación tecnológica (Davis, 1989) con base en las variables “utilidad percibida” y “facilidad de uso percibida” por el usuario de TIC. El modelo se ha ampliado (Venkatesh & Davis, 2000) y es intensivamente usado en TIC para explicar y predecir el uso que se le dé a los aplicativos informáticos que se instalen en los sitios de uso.

Aunque la concepción original está orientada a los artefactos de los sistemas de información, el concepto se puede extrapolar a otras tecnologías. Esta investigación, no obstante, se centra en TIC.

En general, la aceptación tecnológica se refiere al uso que las personas le dan a la tecnología en donde ésta sea instalada o distribuida con base en la motivación de las personas que a su vez se ve influenciada por *estímulos externos al individuo* y que son del dominio del artefacto tecnológico. Todos los modelos de aceptación tecnológica TAM son descritos por este concepto (Chuttur, 2009).

3.7 ASIMILACIÓN TECNOLÓGICA

Para sacar provecho de una tecnología no basta que se surtan exitosamente la adaptación de la tecnología a la organización y la apropiación tecnológica. Es decir, no basta con la construcción de un imaginario colectivo en los individuos de una organización en relación con una tecnología. Se requiere generar una motivación individual con base en la interacción misma que cada individuo tiene con la tecnología, que es lo que se conoce como aceptación tecnológica, para que la motivación individual conduzca a la utilización eficaz de la tecnología en los procesos de la organización.

La asimilación de la tecnología es, en este sentido, el grado de uso que los individuos que integran la organización le dan a la tecnología incorporada a los procesos organizacionales (Agarwal & Tanniru, 1992). Aparece la capacidad de los individuos para sacar provecho (explotar) del artefacto

tecnológico, reproducir o describir características que permiten reproducir el artefacto tecnológico. En el caso de las TIC, cuyos procesos de comercialización exhiben un mercado con rápidos cambios, es decir con periodos de renovación de alrededor de dos años, de acuerdo con la ley de Moore (G. E. Moore, 1998), las organizaciones experimentan la necesidad de que las TIC sean asimiladas, es decir que las TIC sean usadas efectivamente por las personas de la organización dentro de los procesos organizacionales.

Para que haya una adecuada asimilación se requiere, por los menos, de la concurrencia de dos características, una en el entorno de los individuos y otra en el entorno de las organizaciones integradas por los individuos. La primera es la compatibilidad tecnológica y la segunda la capacidad de absorción, tema principal de esta investigación.

3.8 COMPATIBILIDAD TECNOLÓGICA

El individuo humano como componente que integra al sistema complejo “organización” y como generador importante de la complejidad en ese sistema, es a la vez el agente activo en el que suceden los procesos cognitivos que perciben, fijan, generan y aprovechan conocimiento. Dichos procesos cognitivos que suceden en el nivel mental de cada individuo son también complejos y su explicación queda por fuera del alcance de esta investigación. No obstante, como medio conceptual para explicar la forma como la información del entorno permea a los individuos de la organización y estos, por su parte, re-construyen y construyen el conocimiento para hacerlo (o no) útil a los intereses de la organización, se acude al concepto de compatibilidad tecnológica (G. C. Moore & Benbasat, 1991; Rogers, 2003) para referirse a la dinámica de interacción entre el individuo y la tecnología, que antecede a la aceptación tecnológica en la escala del individuo en la organización y que originalmente se definió como el grado en el cual una innovación se percibe consistente con valores y necesidades existentes y las experiencias pasadas de los “adoptadores” (Rogers, 2003).

El concepto compatibilidad tecnológica se origina en el de “compatibilidad percibida” (Rogers, 2003) que deriva a su vez en el de “*technology cluster*” entendido como “el conjunto de elementos percibidos por el usuario como interrelacionados y determinantes del grado de adopción de las diferentes tecnologías” (Rogers, 2003) dentro de los cuales se encuentran las percepciones de los usuarios en términos de la utilidad percibida y la facilidad de uso de la tecnología evaluada por el individuo a partir de experiencias previas (Hernández, Jiménez, & Martín, 2006; Min & Galle, 2003; Venkatesh & Davis, 2000). Sin necesidad de discurrir acerca de la complejidad de los procesos cognitivos del individuo humano al interactuar

con artefactos tecnológicos, es posible acudir al conocimiento que el individuo genera en la interacción con la tecnología (nueva para él), pues la experiencia que un individuo ha tenido al interactuar con una tecnología puede determinar la facilidad con la cual pueda seguir interactuando con esa tecnología o con tecnologías similares (Igbaria, 1993). De aquí puede proceder uno de los intereses de investigación en usabilidad de artefactos tecnológicos en general y de TIC en particular ((Abdelaziz, Maatuk, & Rajab, 2016; Kirakowski, 1996; Lewis & Erdiñç, 2017) Kirakowski, 1996; Abdelaziz, 2016, Lewis, 2017).

La compatibilidad tecnológica se puede entender, en consecuencia, como una medida de la experiencia previa del individuo (usuario de la tecnología) que influye sobre la aceptación individual de la tecnología a la que se expone en la organización.

3.9 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

La innovación se define como “la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas” (OECD-Eurostat, 2006).

El concepto de innovación es aparentemente simple pero a la vez ambiguo (Makkonen, 2008). Existen muchas definiciones de innovación (Rye & Kimberly, 2007), pero tienen en común que se denomina innovación el llevar al mercado un producto nuevo o mejorado, que sea comercializable; un nuevo proceso de operaciones en la industria o un nuevo método comercial, o en una nueva forma para la organización.

Como parte del proceso de definición de “innovación” se puede distinguir un momento de inicio en el que se identificaron cinco (5) posibilidades de innovación (J. A. Schumpeter, 1935; J.A. Schumpeter, 1950):

- (i) introducción en el mercado de un nuevo bien o servicio con el que, por supuesto, los consumidores no están familiarizados,
- (ii) introducción de un nuevo método de producción (no consecuente de un descubrimiento científico) o metodología organizacional,
- (iii) creación de una nueva fuente de suministro de materia prima o productos semielaborados,
- (iv) apertura de un nuevo mercado en un país y, por último,
- (v) implantación de una nueva estructura en un mercado.

Como referente para unificar una clasificación de posibilidades de innovación, pueden ser usadas las categorías de la Organización para la Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), que identifica cuatro tipos de innovación:

- (i) de producto,
- (ii) de proceso,
- (iii) de organización y
- (iv) de mercadotecnia (OECD-Eurostat, 2006).

Inención e innovación son distintos. La creación de artefactos que previamente no existían son inventos. Y lo son aun cuando no lleguen a comercializarse, no sean aceptados en el mercado o permanezcan desconocidos. En contraste, innovación es el acto por el cual se introduce por primera vez un artefacto en una organización, es decir cuando es socializado. La diferencia la trae la realización en el mercado. Así, la innovación cubre todas las actividades científicas, técnicas, comerciales y financieras, necesarias para el desarrollo y realización exitosa en el mercado del nuevo o mejorado producto o proceso.

Dentro de los múltiples criterios y metodologías de clasificación de la innovación (Freund, 2017; Rowley, Baregheh, & Sambrook, 2011), de acuerdo con su impacto pueden ser:

- (i) innovaciones disruptivas (radicales o básicas) que al introducir artefactos se generan nuevas actividades económicas o mercados (Bower & Christensen, 1995);
- (ii) innovaciones incrementales (progresivas) que cambian tecnologías pre-existentes pero no alteran sus características fundamentales (Dewar & Dutton, 1986; Etlie, Bridges, & O'keefe, 1984). Es más probable que se origine en las áreas de producción y menos en las áreas de investigación y desarrollo (I+D) como resultado de “aprender haciendo” y aprender usando”;
- (iii) cambios en sistemas tecnológicos, que son combinaciones de innovaciones disruptivas, incrementales y organizacionales;
- (iv) cambios en paradigmas tecnológicos, que producen cambios en los sistemas tecnológicos que afectan las condiciones de producción de sectores de la economía.

La innovación tecnológica, por tanto, es el conjunto de actividades científicas, tecnológicas, financieras y comerciales que producen innovación de nuevos productos y procesos tecnológicos. Esto incluye la introducción de productos tecnológicos, servicios tecnológicos, procesos

productivos o procedimientos tecnológicos o sistemas organizacionales nuevos o mejorados en el mercado.

La innovación (a) es un elemento clave de la competitividad y (b) de la productividad (Amable, Ledezma, & Robin, 2016). Es el mercado el que determina la existencia de una innovación: si los nuevos productos, procesos o servicios no son aceptados por el mercado, no existe innovación. Especialmente por esta última razón se afirma que innovar es crear o modificar un producto e introducirlo en el mercado. Y una clase de los agentes del mercado son las organizaciones. La innovación depende de la actividad económica, se ha identificado que difiere en las actividades industriales y en las de servicios (Bogliacino & Pianta, 2016) y, a la vez, depende de factores institucionales en las innovaciones en TIC (King et al., 1994). Además, la innovación es un factor evolutivo de transición hacia una economía basada en el conocimiento (Leydesdorff & Ahrweiler, 2014; J.A. Schumpeter, 1950; Soete & Weel, 1999), que se da cuando se introduce “un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” (OECD-Eurostat, 2006 p.56)

Desde la economía se acostumbra explicar el cambio organizacional como resultado del cambio tecnológico, no obstante existe la hipótesis de que el cambio organizacional puede ser condición necesaria y anterior para que se den las innovaciones tecnológicas (Lam, 2004; OECD-Eurostat, 2006). A partir de esta hipótesis, el diseño de un cambio en la organización receptora es condición previa para que el cambio tecnológico sea efectivo. Uno de tales componentes para el cambio en la organización que se requiere diseñar, es la capacidad de absorción.

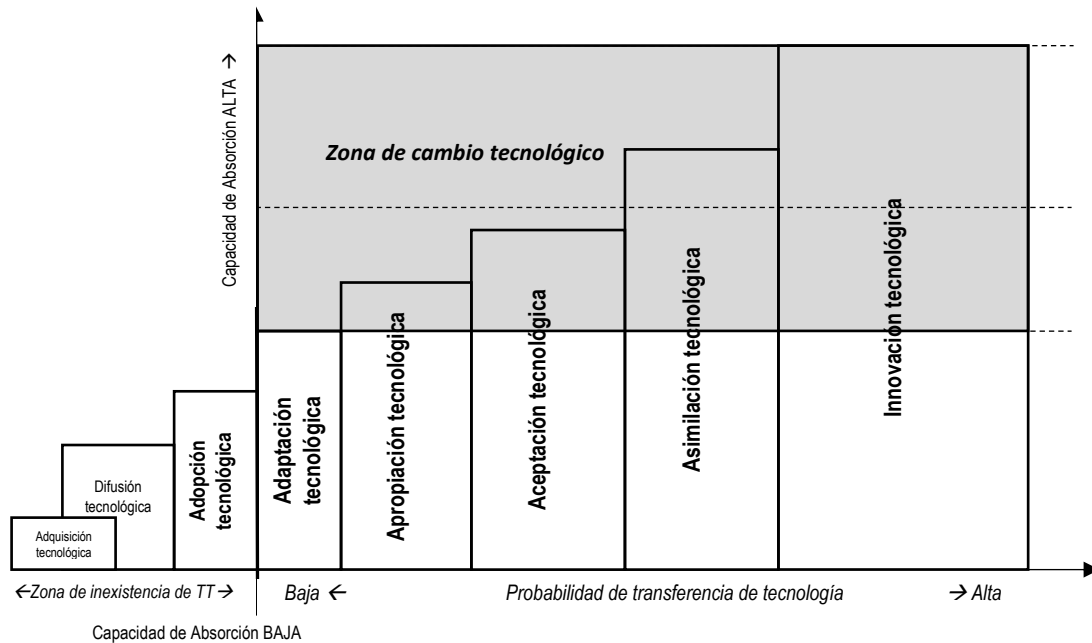
Cualitativamente se pueden relacionar estos conceptos que, en relación con la capacidad de absorción de una organización, representan distintas etapas hacia la consolidación de la innovación tecnológica en el nivel de las organizaciones.

Las organizaciones tiene la posibilidad de transitar desde zonas en las que no hay transferencia de tecnología (parte a la izquierda del eje vertical en la fig. 3.5) en la que se dan la adquisición tecnológica en presencia de entornos de difusión tecnológica, tanto externos como internos, y en ocasiones hasta llegar a adoptar tecnología a la organización.

Una transición de fase en la organización podría encontrarse cuando la organización ya está en posibilidad de llegar a realizar un proceso de transferencia de tecnología (hacia la derecha del eje vertical en la fig. 3.5). Si bien no es automático el tránsito entre las fases de adaptación tecnológica, apropiación tecnológica, aceptación y asimilación tecnológica

para alcanzar la etapa organizacional de innovación tecnológica, como tampoco es una etapa que una vez se alcance se pueda permanecer allí automáticamente (por inercia), sí parece ser posible alcanzar cada etapa mediante el desarrollo incremental de la capacidad de absorción (eje vertical en la Fig. 3.5).

Fig. 3.5 Entorno de la transferencia de tecnología: Relación con la capacidad de absorción. Fuente: El autor.



Además, tres (3) zonas horizontales, que sólo aparecen en la parte derecha del eje vertical (Fig. 3.5), permiten definir tres estadios de desarrollo de la capacidad de absorción: (de abajo hacia arriba) una zona de baja capacidad de absorción que se puede empezar a desarrollar con la apropiación tecnológica y se consolida con la aceptación tecnológica, luego una zona media de desarrollo de la capacidad de absorción que requiere de la consolidación de la etapa de apropiación tecnológica, pero que se alcanza sólo con la etapa de aceptación tecnológica, completando la totalidad del escenario de cambio tecnológico (zona gris en la fig. 3.5).

La medida de cada Δp sobre el eje horizontal para cada uno de los componentes presentados de la TT, la altura de cada una de las características en las abscisas de 'capacidad de absorción' y la comprobación de la altura de la línea que establece el límite entre la zona blanca y la zona gris (fig. 3.5) puede ser materia de un trabajo adicional que se encuentra por fuera del alcance de los objetivos de la presente investigación.

Se alcanza un alto desarrollo de la capacidad de absorción sólo cuando se da un pleno desarrollo de la asimilación tecnológica. No obstante, la

capacidad de absorción altamente desarrollada sólo se puede sostener mediante el alcance de la etapa de innovación tecnológica organizacional.

3.10 RESUMEN

Los conceptos relacionados con la transferencia de tecnología: la adquisición de tecnología, la difusión de tecnología, la adopción de tecnología, la adaptación de tecnología, la apropiación de tecnología, la aceptación de tecnología, la asimilación de tecnología, la compatibilidad tecnológica y la innovación tecnológica, fueron presentados y se estableció una relación vinculante entre ellos, bajo la tutela del cambio tecnológico como impulsor del crecimiento económico.

Además de identificar componentes de cada uno de los conceptos anteriores, se han presentado situaciones clave para que cada uno de ellos suceda, junto con la relevancia de la innovación tecnológica como medio que propicia condiciones para que aparezcan cambios tecnológicos que producen incrementos en la productividad y en la competitividad para generar crecimiento económico.

Además, este capítulo ha motivado la relación existente entre la capacidad de absorción, con énfasis en la absorción de conocimiento tecnológico, con conceptos asociados con la transferencia de tecnología.

REFERENCIAS

- Abad Arango, D. (1973). Tecnología y dependencia. *El Trimestre Económico*, 371-392.
- Abdelaziz, T. M., Maatuk, A. M., & Rajab, F. (2016). An Approach to Improvement the Usability in Software Products. *International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, 7(2).
- Agarwal, R., & Tanniru, M. (1992). *Assimilating a new information technology: A strategy and its assessment*. Paper presented at the Proceedings of the 1992 ACM SIGCPR conference on Computer personnel research.
- Amable, B., Ledezma, I., & Robin, S. (2016). Product market regulation, innovation, and productivity. *Research policy*, 45(10), 2087-2104.
- Araujo Arizala, Á. (1980). La utilización del poder de compra del Estado como instrumento de desarrollo industrial y tecnológico. In C.-C. d. Documentación. (Ed.). Bogotá D.C.: Instituto Colombiano para la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas.
- Azim, M., Ali, A., & Sattar, J. (2011). *Factors influencing adoption of information technology based banking services: A case study of Pakistan*. Paper presented at the Frontiers of Information Technology (FIT), 2011.
- Bar, F., Weber, M. S., & Pisani, F. (2016). Mobile technology appropriation in a distant mirror: Baroquization, creolization, and cannibalism. *new media & society*, 18(4), 617–636.
- Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, 15(5), 215-227.

- Bogliacino, F., & Pianta, M. (2016). The Pavitt Taxonomy, revisited: patterns of innovation in manufacturing and services. *Economia Politica*, 33(2), 153-180.
- Borrego, M., Froyd, J. E., & Hall, T. S. (2010). Diffusion of engineering education innovations: A survey of awareness and adoption rates in US engineering departments. *Journal of Engineering Education*, 99(3), 185-207.
- Bower, J. L., & Christensen, C. M. (1995). Disruptive technologies: catching the wave. *Harvard business review*, 45-53.
- Carrère, M. H., Sagasti, F. R., Piñeiro, M. E., Isnar, L. H. P. B., Matlon, P., Cantrell, R., & Sosa, G. (1974). *Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial*. Paper presented at the Seminario sobre Desarrollo Industrial e Integración de los Países Andinos, Mayo, 1971 Washington, DC (EUA).
- Carroll, J., Howard, S., Vetere, F., Peck, J., & Murphy, J. (2002). *Just what do the youth of today want? Technology appropriation by young people*. Paper presented at the System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on.
- Contreras, C. (1975). *Technology Transfer: A Survey and Some Policy Proposals*. Paper presented at the The Science and Technology Policy Instruments (STPI) Project, Lima.
- Cutler, D. M., & McClellan, M. B. (1998). What is technological change? In D. A. Wise (Ed.), *Inquiries in the Economics of Aging* (pp. 51-81): University of Chicago Press.
- Cyert, R. M., & March, J. G. (1992). A behavioral theory of the firm. *Englewood Cliffs, NJ*, 2.
- Cheng, B.-W., Chiu, W.-H., Shyu, M.-L., & Luo, C.-M. (2009). Implementation methodology of evidence-based medicine based on technological diffusion approach: A case of system establishment within the hospital industry. *International Journal of Technology Management*, 47(1-3), 37-56.
- Chuttur, M. Y. (2009). Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Directions", . *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 9(37), Paper 290.
- D'Agostino, G., D'Antonio, F., De Nicola, A., & Tucci, S. (2015). Interests diffusion in social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 436, 443-461.
- da Costa Filho, B. A., Pires, P. J., & da Costa Hernandez, J. M. (2007). Modelo Technology Acceptance Model-TAM Aplicado aos Automated Teller Machines-ATM's RAI: revista de administração e inovação. DOI: 10.5585/rai.v4i1.81, 4(1), 40-56.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 13(3), 319-340.
- De Greiff, A., & Maldonado, O. J. (2011). 'Apropiación fuerte' del conocimiento: una propuesta para construir políticas inclusivas deficiencia, tecnología e innovación en América Latina. In A. Arellano & P. Kreimer (Eds.), *Estudio social de la tecnociencia desde América Latina, Bogotá, Siglo del Hombre* (pp. 209-263). Bogotá: Siglo del Hombre Editores.
- Dewar, R. D., & Dutton, J. E. (1986). The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis. *Management Science*, 32(11), 1422-1433.
- Dix, A. (2007). *Designing for appropriation*. Paper presented at the Proceeding BCS-HCI '07 Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HCI...but not as we know it, Lancaster University, Lancaster, UK.

- Dopfer, K. (2005). *The evolutionary foundations of economics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Elster, J. (1990). *El cambio tecnológico: Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona: Gedisa.
- Escorsa Castells, P., & Pasola, J. V. (2004). *Tecnología e innovación en la empresa* (Vol. 148): Univ. Politèc. de Catalunya.
- Ettlie, J. E., Bridges, W. P., & O'keefe, R. D. (1984). Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation. *Management Science*, 30(6), 682-695.
- Freund, R. J. (2017). Cognitive Computing and Managing Complexity in Open Innovation Model *Managing Complexity* (pp. 249-262): Springer.
- Furtado, C. (1965). *Dialectica del desarrollo; diagnostico de la crisis del Brasil*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Gallivan, M. J. (2001). Organizational adoption and assimilation of complex technological innovations: development and application of a new framework. *ACM Sigmis Database*, 32(3), 51-85.
- Halty, M. (1968). *The Process of International Transfer of Technology: Some Comments Regarding Latin America*. Paper presented at the Panel of the International Transfer of Technology of the Department of Commerce Technical Advisory Board. Department of Scientific Affairs., Washington D.C.
- Hernández, B., Jiménez, J., & Martín, M. J. (2006). *Adoption of Technologies: An Analysis of the Telecommunications Sector* Paper presented at the 5th International Congress Marketing Trends, Venice.
- Igbaria, M. (1993). User acceptance of microcomputer technology: an empirical test. *Omega*, 21(1), 73-90.
- Jaramillo Sierra, L. J., Araujo Arizala, A., Forero Cruz, C. A., & Torres G., C. L. (1997). *La otra cara empresarial de Colombia*. Bogotá: Fundación Tecnos.
- Kalecki, M. (1954). *Teoría de la dinámica económica: ensayo sobre los movimientos cíclicos ya largo plazo de la economía capitalista*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica -Segunda reimpresión 1977.
- King, J. L., Gurbaxani, V., Kraemer, K. L., McFarlan, F. W., Raman, K., & Yap, C.-S. (1994). Institutional factors in information technology innovation. *Information Systems Research*, 5(2), 139-169.
- Kirakowski, J. (1996). The software usability measurement inventory: background and usage. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 169-178): Taylor & Francis.
- Lam, A. (2004). Organizational innovation. In J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Lewis, J. R., & Erdinç, O. (2017). User Experience Rating Scales with 7, 11, or 101 Points: Does It Matter? *Journal of Usability Studies*, 12(2).
- Leydesdorff, L., & Ahrweiler, P. (2014). In search of a network theory of innovations: Relations, positions, and perspectives. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65(11), 2359-2374.
- López Sánchez, J. I., & Arroyo Barrigüete, J. L. (2005). *Modelos matemáticos de difusión tecnológica*. Paper presented at the IX Congreso de Ingeniería de Organización.
- Makkonen, H. (2008). Beyond Organizational Innovation Adoption—A conceptual and empirical analysis. *Journal of business market management*, 2(2), 63.
- March, J. G., & Simon, H. (1958). *Organizations*. New York: Wiley.

- Martins, A. C., Pereira, C. d. B., & Vicente, R. (2009). An opinion dynamics model for the diffusion of innovations. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 388(15), 3225-3232.
- Meade, N., & Islam, T. (1998). Technological forecasting—Model selection, model stability, and combining models. *Management Science*, 44(8), 1115-1130.
- Meade, N., & Islam, T. (2006). Modelling and forecasting the diffusion of innovation—A 25-year review. *International Journal of forecasting*, 22(3), 519-545.
- Min, H., & Galle, W. P. (2003). E-purchasing: profiles of adopters and nonadopters. *Industrial Marketing Management*, 32(3), 227-233.
- Moore, G. C., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192-222.
- Moore, G. E. (1998). Cramming more components onto integrated circuits. *Proceedings of the IEEE*, 86(1), 82-85.
- Munoz-Cornejo, G., Seaman, C. B., & Günes, K. (2008). An empirical investigation into the adoption of open source software in hospitals. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 3(3), 16-.
- Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American economic review*, 56(1/2), 69-75.
- Nitsch, M. (1971). *La "trampa tecnológica" y los países en desarrollo Arrangements for the transfer of operative technology to developing countries – the broad dynamic context of the transfer of technology*. New York: United Nations.
- OECD-Eurostat. (2006). *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3a ed.* . Traducción española: Grupo Tragsa. Empresa de Transformación Agraria S.A.
- Offermann, P., Levina, O., Schönherr, M., & Bub, U. (2009). *Outline of a Design Science Research Process Paper* presented at the DESRIST'09, May 7-8, 2009, Malvern, PA, USA.
- Orosco, E. (1965). *Conocimiento Técnico Necesario para la Industrialización de Países Poco Desarrollados y Obstáculos que se Oponen a su Transferencia*. Paper presented at the IV Conferencia de Conocimiento Técnico Importado - Santiago 13-22 de septiembre 1965.
- Osorio, C., & Ramos, C. E. (1996). *Mecanismos de Transferencia de Tecnología entre la Universidad y la Empresa*. Cali: Universidad del Valle.
- Pasaoglu, G., Honselaar, M., & Thiel, C. (2012). Potential vehicle fleet CO 2 reductions and cost implications for various vehicle technology deployment scenarios in Europe. *Energy Policy*, 40, 404-421.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage : creating and sustaining superior performance*. New York; London: Free Press ; Collier Macmillan.
- Prebisch, R. (1970). *Transformación y desarrollo: la gran tarea de América Latina* (Vol. 1): Fondo de Cultura Económica, primera reimpresión 1976.
- Prebisch, R. (1981). *Obras escogidas de Raúl Prebisch*. Bogotá: Plaza & Janes Editores. Tercera edición, mayo 1999.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In S. Rayner & E. L. Malone (Eds.), *Human Choice and Climate Change* (Vol. 2, pp. 327-399). Columbus, Ohio: Battelle Press.

- Roberts, K., & Pick, J. B. (2004). *Technology factors in corporate adoption of mobile cell phones: A case study analysis*. Paper presented at the System Sciences, 2004. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations, 5th ed.* New York. UJ303.484 R64 2003 Colección alterna No.2: Free Press. N.Y.
- Rowley, J., Baregheh, A., & Sambrook, S. (2011). Towards an innovation-type mapping tool. *Management Decision, 49*(1), 73-86.
- Rye, C. B., & Kimberly, J. R. (2007). The adoption of innovations by provider organizations in health care. *Medical Care Research and Review, 64*(3), 235-278.
- Sachs, I., Nitsch, M., Halty Carrere, M., Abad Arango, D., & Silva Bautista, J. (1971). *Transferencia y difusión de tecnología : metodología y estudios teóricos*. Washington: OEA.
- Schumpeter, J. A. (1935). The analysis of economic change. *The Review of Economics and Statistics, XVII* (17)(4), 2-10.
- Schumpeter, J. A. (1950). *Capitalism, socialism, and democracy*. New York: Harper.
- Seneler, C. O., Basoglu, N., & Daim, T. U. (2008). *A taxonomy for technology adoption: A human computer interaction perspective*. Paper presented at the Management of Engineering & Technology, 2008. PICMET 2008. Portland International Conference on.
- Sianipar, C. P., Dowaki, K., Yudoko, G., & Adhiutama, A. (2013). Seven pillars of survivability: appropriate technology with a human face. *European Journal of Sustainable Development, 2*(4), 1-28.
- Silva Bastidas, F. J. (1971). *Algunas consideraciones sobre los procesos de transferencia de tecnología en los países subdesarrollados*. Paper presented at the Seminario sobre Transferencia e Innovación de Ciencia y Tecnología, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Soete, L. L., & Weel, B. J. (1999). *Schumpeter and the knowledge-based economy: On technology and competition policy*.
- Stephens, J. C., Wilson, E. J., & Peterson, T. R. (2008). Socio-Political Evaluation of Energy Deployment (SPEED): An integrated research framework analyzing energy technology deployment. *Technological forecasting and social change, 75*(8), 1224-1246.
- Suebsin, C., & Gerdri, N. (2010). *Technology adoption: A case study of ERP implementation in one of healthcare organizations in Thailand*. Paper presented at the Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET'10:.
- Teng, J. T., Grover, V., & Guttler, W. (2002). Information technology innovations: general diffusion patterns and its relationships to innovation characteristics. *IEEE Transactions on engineering management, 49*(1), 13-27.
- Tyre, M. J., & Orlikowski, W. J. (1994). Windows of opportunity: Temporal patterns of technological adaptation in organizations. *Organization science, 5*(1), 98-118.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science, 46*(2), 186-204.
- Weissmann, V. (2008). Difusión de nuevas tecnologías y estimación de la demanda de nuevos productos: un análisis comparativo entre Argentina y EE. UU. *Palermo Business Review, 1*, 5-17.

Wilkins, M. (1974). The role of private business in the international diffusion of technology. *The Journal of Economic History*, 34(01), 166-188.

Wright, M., & Charlett, D. (1995). New product diffusion models in marketing: an assessment of two approaches. *Marketing Bulletin*, 6(1962), 32-41.

4. CAPACIDADES ORGANIZACIONALES

“Los economistas de dos décadas pasadas cada vez más han reconocido la importancia de R&D y el avance tecnológico como factores que influyen en el modelo de entradas, salidas, y precios” (Richard R Nelson, 1982 p.453).

Tomando como punto de partida tres niveles contextuales (i) sociedad, (ii) organización e (iii) individuo, este capítulo muestra la relación entre la ventaja competitiva y las capacidades organizacionales, especialmente las capacidades dinámicas, como instrumento del que disponen las organizaciones para adaptarse a los entornos dinámicos de la economía y mantener la búsqueda del logro de sus objetivos. Con el conocimiento como elemento principal para realizar el ajuste dinámico de sus procesos internos y para realizar la acción colectiva, se identifica el concepto de rutina organizacional, como patrones de acción, en sus aspectos performativos y ostensivos.

4.1 VENTAJA COMPETITIVA

Cuando dos o más voluntades aspiran a alcanzar una misma cosa y si el que una de esas voluntades logre su propósito excluye a las demás, se está en el terreno de la competencia. Las respectivas voluntades se empeñan en obtener o desarrollar una ventaja sobre las otras en aras de alcanzar la supremacía. Cuando la competición de voluntades se da entre naciones (Ricardo, 1993; Smith, 1996), la diferenciación se logra mediante la “ventaja competitiva de las naciones” (Michael E Porter, 1991). Cuando la competencia se da entre organizaciones, se hace referencia sólo a “ventaja competitiva” (Michael E. Porter, 1985).

La ventaja competitiva que una nación puede obtener o desarrollar sobre otra, o ventaja competitiva nacional (Buendía Rice, 2013), ha sido explicada a partir de la división del trabajo (Smith, 1996) y justificada en la “teoría de la ventaja comparativa” (Ricardo, 1993). Dicha teoría explica que si una nación busca aumentar la producción (Y) debe especializarse en los sectores en los que sus costos de producción son menores que los de sus competidores (Buendía Rice, 2013). Es decir, sus costos de producción son menores al compararlos con los costos de las demás naciones.

Este mismo razonamiento con base en la división del trabajo, pero en la escala de las organizaciones (Lopez-Cruz & Muñoz, 2006), permite identificar que la división del trabajo entre operarios de una fábrica origina la ventaja que se obtiene de realizar una misma actividad económica de

distinta manera. Esta división del trabajo lleva a la especialización de la actividad productiva que, por su parte, genera un aumento “en las facultades productivas del trabajo” individual (Smith, 1996 p.9). Además, cuando se contrasta la producción en la escala de país, con base en la cantidad de (horas de) trabajo empleado para producir alguna cantidad de unidades de producto (bienes o servicios), frente a otro país, se tiene el concepto de ventaja absoluta (Smith, 1996 pp.402-406).

El principio de la ventaja absoluta, que fue planteado en el naciente mundo capitalista industrial, aunque es aplicable a escala individual, industrial (organización industrial) y país, no permite definir los términos de intercambio, debido a que una simple comparación de las unidades producidas por una cantidad de (fuerza de) trabajo podría llevar a la decisión de que no haya una especialización en la producción. Por esto, poco tiempo después, el concepto sería revisado para explicar cómo es posible el intercambio aún en condiciones adversas de competencia absoluta.

Al identificar que no hay homogeneidad en el (la fuerza de) trabajo y que el valor del dinero nunca es igual en dos países distintos (Ricardo, 1993 p.108), aunque usen el mismo papel moneda como Estados Unidos de América y Ecuador, por ejemplo, y considerando que en el corto plazo los recursos de (fuerza de) trabajo pueden suponerse constantes, entonces la producción, tanto de las empresas como de las demás organizaciones, se enfrenta a la decisión de determinar a cuál de todos los productos (o a cual conjunto de productos) destina el (la fuerza de) trabajo. Esta decisión se toma con base en la comparación del costo de producir uno u otro producto y el criterio es destinar el (la fuerza de) trabajo a la producción de aquellos productos con menor costo.

El costo de la fuerza de trabajo puede modificarse por los adelantos en la maquinaria (Ricardo, 1993), es decir, por el cambio tecnológico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990). Y por tanto, los recursos deben concentrarse –por decisiones de política económica nacional y no por decisión del nivel organizacional- en las organizaciones industriales más competitivas nacional e internacionalmente, abandonando aquellas que no lo sean.

Esta perspectiva parte de varias premisas:

- (i) que el nivel tecnológico nacional es exógeno al sistema de producción, y por tanto desconoce que un mismo país puede tener distintos niveles de desarrollo,
- (ii) que los niveles tecnológicos de distintos países es similar, y por tanto dicha disparidad puede obstaculizar el desarrollo de algunos países,

especialmente cuando busca su desarrollo con la adquisición de nuevas tecnologías, pues toma tiempo absorberlas, por lo que se requiere un periodo de protección frente a la competencia internacional durante el periodo de 'aprendizaje',

- (iii) que hay políticas nacionales de industria y comercio,
- (iv) que los propietarios o los gerentes de las organizaciones no toman decisiones con base en obtener ganancias, independientes de la política económica nacional,
- (v) que las economías están en equilibrio estático, con perfecto empleo, producción continua (premisa difícil de verificar) y
- (vi) déficit o superávit comercial, que por supuesto son condiciones que no se dan en la realidad de las organizaciones en la economía capitalista.

Por otra parte, la ventaja competitiva que una organización puede lograr sobre sus competidores se refiere a las condiciones que le permiten a la organización *sub examine* generar:

- (i) mayores ventas,
- (ii) mayores márgenes o
- (iii) retener más clientes que sus competidores.

La preeminencia de una organización sobre sus competidores puede estar fundada en:

- (a) la estructura de costos (que ocasionalmente es referida como la ventaja comparativa entre empresas),
- (b) la oferta de productos (o ventaja diferencial, que proviene de la percepción de que los productos son mejores que los de los competidores),
- (c) la red de distribución o
- (d) el soporte al cliente.

Algunos estudios sostienen que la ventaja competitiva de una nación sobre otra está fundamentada en que el entorno regional sustente la productividad del colectivo de empresas y trabajadores (Michael E Porter, 1991), argumento que es interesante en este contexto porque vincula tres escalas:

- (i) la sociedad o colectivo mayor,
- (ii) las empresas y
- (iii) los individuos.

En el sentido en el que la ventaja competitiva de una nación se explica como un resultado de la ventaja competitiva de sus organizaciones, se afirma que "la competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y mejorar. Las empresas consiguen ventajas competitivas si consiguen innovar" (Wasserman, 2012).

4.2 VENTAJA COMPETITIVA Y ADAPTACIÓN

Según la economía basada en la teoría evolutiva (Dopfer, 2005; Richard R. Nelson & Winter, 1982) la prioridad de las organizaciones (económicas humanas) no es la obtención de utilidades o el incremento de su rentabilidad sino la adaptación (Bobrow & Winograd, 1977). Así, las organizaciones, como sistemas sociales, están sometidas al reto de adaptarse y sobrevivir a cambios en su entorno que son a la vez drásticos y rápidos.

La adaptación de un sistema a los cambios en su entorno tiene tres posibilidades:

- (i) ausencia de reacción frente a los cambios,
- (ii) adaptación reactiva (Bernier & Schoene, 2009), que son acciones *ex-post* a los cambios y
- (iii) adaptación proactiva, preventiva o planificada que obedece a las acciones *ex-ante* a los cambios del entorno (Bernier & Schoene, 2009; López Salazar, 2010).

Las acciones respaldadas por el estudio histórico o retrospectivo, que utilizan herramientas analíticas como el análisis de regresión, evoca la adaptación reactiva. Pero el uso de datos disponibles y el uso de las prácticas tradicionales (las mejores prácticas) no son suficientes para que un sistema se adapte a los cambios en forma proactiva. En el caso de las organizaciones, se requiere flexibilizar la cultura organizacional (Bernier & Schoene, 2009 p.9), por ejemplo.

La adaptación proactiva tiene por condición necesaria, pero no suficiente, la generación y explotación de competencias específicas, tanto internas como externas (Dozier & Chang, 2009). Las competencias no son la única causa u origen de la ventaja competitiva (D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece, Pisano, & Shuen, 1997), sino también la capacidad para componer, re-componer, configurar y reconfigurar la base de activos de la organización para responder a los cambios en el mercado y en la tecnología.

Debido a que las actividades propias de cada economía (Kalecki, 1954) se fundamentan en las capacidades dinámicas (D. Teece & Pisano, 1994),

entonces se infiere que las organizaciones necesitan desarrollar dichas capacidades dinámicas (Brachman & Schmoleze, 1985; Eisenhardt & Martin, 2000; D. J. Teece et al., 1997; Zollo & Winter, 2002) con el fin de adaptarse a su entorno dinámico, es decir con el objetivo de mantener la organización ajustada a su entorno.

4.3 ACERCA DE LAS ORGANIZACIONES

El uso de la noción de organización como sistema social complejo que emerge como espacio para la acción colectiva, facilita el abordaje del fenómeno organizacional más allá de la visión de firma o empresa. El concepto de sistema social usado en esta noción de organización no se restringe a las sociedades humanas (Luhmann, 1998), es una noción más amplia en la que un ente distinguible, integrado por componentes interactuantes, también distinguibles, afrontan cuatro retos funcionales:

- (i) la adaptación a las condiciones cambiantes de su entorno,
- (ii) la consecución de objetivos,
- (iii) integración entre sus componentes, lo cual eventualmente genera subestructuras y mecanismos (de control) para que se verifique la integración y
- (iv) los procesos de mantenimiento de patrones, que dada la existencia de amplia variedad de conductas de los agentes y del sistema, favorecen algunos patrones en la estructura o en el comportamiento.

La determinación sobre el carácter emergente o no, de la susceptibilidad a predeterminarlos o no, debe ser sujeto de un estudio que está por fuera del alcance fijado en esta investigación.

El carácter social en la noción de organización revela la importancia de las interacciones de los componentes del sistema entre sí, como también entre dichos componentes y su entorno.

La complejidad del sistema no necesariamente procede de la cantidad de componentes que lo integran. Ni siquiera de la cantidad de sus posibles interacciones, que ya de por sí conducen al concepto de sistema. La complejidad procede, especialmente, de la capacidad de agencia de sus componentes (agentes) con lo que potencialmente la variedad de los comportamientos del sistema (como un todo) es alta, a partir de la variedad de la conducta individual de sus agentes (Ashby, 1960).

Esta noción de organización puede ser aplicada tanto a organizaciones naturales, como enjambres y hormigueros, y también a organizaciones humanas. Las organizaciones humanas –como aquellas del sector salud

que son de interés en esta investigación- se caracterizan porque sus objetivos pueden ser fijados prescriptivamente por los seres humanos y, en consecuencia, todos los demás elementos deben ajustarse (o diseñarse) armónicamente para el logro de tales objetivos. En este sentido, organizaciones como las del sector salud y, en general, grupos de investigación, clubes deportivos o empresas, por ejemplo, son creaciones artificiales (Simon, 1996).

El entorno de organizaciones como las empresas es la economía de intercambio, es decir el mercado. De acuerdo con la visión neoclásica de la economía, los recursos son distribuidos (organizados) por el mecanismo de precios en las 'fuerzas' de la oferta y la demanda orientadas por la utilidad marginal: el mercado (Roll, 1993 p.388-401). Pero esto no justifica la aparición de las organizaciones tipo empresa. Dicha aparición ocurre cuando la orientación de los recursos depende del empresario (Coase, 1937 p.393), con lo que el ordenamiento de actividades escapa de la órbita del mecanismo de precios del mercado, es decir que las actividades internas de la empresa son distintas a las del mercado. La esencia de las actividades internas es que no son apalancadas, lo que significa que el incentivo o recompensa está determinado al nivel organizacional y no principalmente al nivel individual, en un esfuerzo para alentar comportamientos de equipo y no del individuo (D. J. Teece et al., 1997p. 517).

Cabe preguntarse ¿qué genera que la orientación de los recursos empiece a depender del empresario y no del mecanismo de precios del mercado? Una explicación de este hecho parte de suponer que no existe incertidumbre en el sistema económico: en este entorno, todos los agentes son libres, con perfecto conocimiento de la situación, no hay necesidad de supervisores o administradores pues cada quien hace lo que debe hacer y la realización de actividades económicas se transforma en un proceso automático. Pero esta situación es irreal, pues dentro del ejercicio de la libertad de los individuos emergen situaciones que deben ser "orientadas" ante el hecho de que no hay perfecta información, y en presencia de incertidumbre, la realización de cada actividad no es lo prioritario, sino que la función principal pasa a ser ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo?, con lo que se requiere la ejecución de la función de control para garantizar que se haga lo que se debe hacer, que queda en manos del empresario. Esto sucede porque en presencia de incertidumbre, el sistema (empresa) enfrenta el riesgo de no hacer lo que debe hacer (Coase, 1937 p.399-400; Knight, 2006); los componentes del sistema pueden enfrentar otros riesgos.

Así, la organización no es una colección simple, o conglomerado inerte de componentes ensamblados por el mercado. De hecho, el concepto de conjunto no describe de forma suficiente la complejidad del fenómeno

organización. La existencia de interacciones entre los componentes y la variedad de conductas de los componentes de la organización, propician la aparición (emergencia) de las condiciones para que la acción colectiva permita el logro de objetivos que, la acción individual no permitiría conseguir.

El requerimiento de adaptación al entorno se atiende mediante la acción colectiva. Con el fin de lograr la adaptación a las condiciones cambiantes del entorno, expresadas en exigencias a ajustar estructuras y sus mecanismos de control, como también ajustar patrones de conducta, las organizaciones deben experimentar modificaciones para mantener su existencia. De no lograr realizar modificaciones o de hacerlo en la dirección equivocada, la organización se expone a perder su identidad, ontológicamente hablando. Por ejemplo, el panal de abejas o el hormiguero deja de ser tal, el ser vivo deja de estarlo o las empresas quiebran.

Tanto las organizaciones naturales como las artificiales pueden desaparecer como continuar existiendo. Y en la óptica de esta investigación, se exploran acciones que deben realizarse para que algunas de estas organizaciones artificiales perduren.

Dado el carácter artificial de tales organizaciones (como sistemas sociales abiertos al entorno), la adaptación debe estar orientada por acciones colectivas humanas, especialmente cuando se requiere sobrevivir a cambios rápidos y drásticos del entorno.

Puesto que otros agentes hacen parte del entorno y pueden modificarlo, la competencia con otros agentes hace parte de las circunstancias de adaptación. La competencia es un proceso que involucra el desarrollo, acumulación, combinación y protección de habilidades y capacidades únicas (D. J. Teece et al., 1997 p.513). La adaptación proactiva se logra a través de la generación y aprovechamiento de competencias internas y externas (Cordes-Berszinn, 2013). Así, la clave para el desarrollo de una organización descansa en la habilidad para encontrar o crear una competencia verdaderamente distintiva, lo que una organización puede hacer particularmente bien (Andrews, 1997; D. J. Teece et al., 1997 p.513).

4.4 CAPACIDADES DINÁMICAS DE LAS ORGANIZACIONES

Las capacidades organizacionales proceden de tres factores:

- (i) recursos,
- (ii) procesos y
- (iii) valores (C. M. Christensen & Overdorf, 2000).

De las capacidades organizacionales, que pueden ser capacidades operacionales (sustantivas) y capacidades dinámicas, las capacidades dinámicas se originan, entre otras fuentes, en las estructuras de la organización (Easterby-Smith, Graca, Antonacopoulou, & Ferdinand, 2005) lo cual implica que las capacidades dinámicas están determinadas funcionalmente por variables de la estructura de la organización. Es decir, las variables de la estructura de la organización determinan las capacidades dinámicas. Esto no implica que sean las únicas variables que determinan las capacidades dinámicas, puesto que se ha identificado a partir de otros estudios que no hay una relación causa efecto entre las variables de estructura de la organización y las capacidades dinámicas (Dozier & Chang, 2009). Además, al parecer tampoco hay una relación unidireccional causa-efecto entre las variables de estructura organizacionales y las capacidades dinámicas (Cordes-Berszinn, 2013).

Puesto que la ventaja competitiva de una organización (Michael E. Porter, 1985) se fundamenta en sus capacidades dinámicas (D. Teece & Pisano, 1994), entonces las organizaciones necesitan desarrollarlas (Dosi & Marengo, 2000; Eisenhardt & Martin, 2000; D. J. Teece et al., 1997; Zollo & Winter, 2002) para adaptarse a su entorno dinámico.

Lo esencial de las competencias y las capacidades es que no pueden ser adquiridas en el mercado, de la misma forma que las propiedades internas de las organizaciones no pueden ser replicadas como un conjunto de unidades de negocio (a través de contratos formales en el mercado). Las capacidades organizacionales deben ser entendidas tanto en términos de estructuras organizacionales como de procesos administrativos (D. J. Teece et al., 1997 p.517) y no en términos del balance general, o de los estados financieros en general.

4.4.1 Concepto de capacidad dinámica

Una capacidad dinámica es una habilidad no-imitable de las organizaciones para alcanzar nuevas formas de ventaja competitiva (Eisenhardt & Martin, 2000; D. J. Teece et al., 1997), que se expresa en la integración y (re)configuración de competencias internas y externas para enfrentar entornos que cambian rápidamente (D. J. Teece et al., 1997). Capacidad se refiere a adaptar (integrar y re-configurar) habilidades organizacionales, recursos y competencias funcionales para cumplir con los requerimientos de un entorno cambiante y escapar a la condición de beneficio cero (David J Teece, 2007). Dinámica significa la capacidad de renovar competencias hasta lograr “congruencia” con el entorno cambiante (D. J. Teece et al., 1997 p.515). Este concepto de capacidad dinámica es el referente principal para explicar la ventaja competitiva y el conocimiento está en el núcleo de la creación y mantenimiento de la ventaja competitiva (Volberda, Foss, &

Lyles, 2009). No obstante, al mismo tiempo se requiere ganar conocimiento sobre la medición y la gestión de las capacidades dinámicas (Cordes-Berszinn, 2013).

El concepto de “capacidad dinámica” (D. Teece & Pisano, 1994) como base de la ventaja competitiva (Michael E. Porter, 1985), es decir, ventaja frente a otras organizaciones bien por bajos costos o por diferenciación de producto, está relacionada con la habilidad organizacional para:

- (1) percibir y moldear oportunidades y amenazas,
- (2) captar tales oportunidades y
- (3) mantener la competitividad a través de la ampliación, combinación, protección y de ser necesario reconfiguración de activos tangibles e intangibles de la organización (David J Teece, 2007 p.1319).

Es decir adaptar tanto estructuras como procesos con la finalidad de generar y aprovechar competencias específicas de la organización, así como para abordar el entorno cambiante en el que se inscribe la organización (D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece et al., 1997).

Las organizaciones tipo empresa en el entorno de la globalización, especialmente en los sectores de alta tecnología (David J Teece, 2007, p. p.1320), se caracterizan porque:

- (1) dentro de las oportunidades y amenazas que deben ser percibidas y moldeadas están aquellas asociadas con el rápido cambio tecnológico,
- (2) dicho cambio es sistémico (Cutler & McClellan, 1998; Elster, 1990; Rip & Kemp, 1998) y evolutivamente sostenido (Schot & Geels, 2007),
- (3) el mercado de intercambio de bienes y servicios está bien desarrollado y
- (4) el mercado empresarial de intercambio tecnológico y de know-how está escasamente desarrollado, es decir hay movilidad imperfecta (Wang & Ahmed, 2007 p. 32).

4.4.2 Conocimiento organizacional y capacidades dinámicas

El acervo de conocimiento organizacional no es el resultado de la sumatoria del conocimiento de cada uno de los integrantes de la organización, con excepción quizás de organizaciones que propendan por el trabajo mecanicista.

Por otra parte, el conocimiento de las organizaciones no sólo es el conjunto de datos acumulados o las bases de datos en la organización o los sistemas de información disponibles. El conocimiento de las organizaciones es un

ente dinámico que más que compartido por los miembros de la organización, es un ente que emerge de la interacción entre sus miembros en el transcurso del tiempo. Incluso se afirma que el conocimiento fluye en las organizaciones (Pourzolfaghar & Ibrahim, 2015) y, para su estudio, deben ser tomados en cuenta tres componentes:

- (i) el proceso organizacional en estudio,
- (ii) la organización y
- (iii) sus conexiones (Ibrahim, Levitt, & Ramsey, 2005).

La literatura de la visión de las organizaciones basada en el conocimiento (*Knowledge Based View* - KBV) incluye también el aprendizaje organizacional (*Organizational Learning* - OL) (Levitt & March, 1988; March, 1991).

Por 'conocimiento organizacional' esta investigación entiende todo conocimiento disponible para los individuos de una organización y que le permite conducir actividades que generan valor para la organización. Por estar ligado a la acción al nivel organizacional, el concepto de conocimiento en las organizaciones está caracterizado por:

- (a) el 'saber hacer' de los individuos de la organización siempre y cuando dicho 'saber-hacer' esté en relación con alguno de los propósitos de la organización.
- (b) La posibilidad de que dicho conocimiento se convierta en una acción concreta en el dominio de la organización.

Esta propuesta se inscribe dentro del alcance del modelo KBV/OL. Dicho modelo no tiene una estructura única o universalmente aceptada. En 1991 se propuso un diseño con cuatro (4) constructos/procesos de aprendizaje organizacional (Huber, 1991), que se orientan al manejo del conocimiento y a la modificación de las rutinas organizacionales.

Los cuatro constructos/procesos son:

(1) adquisición de conocimiento, que se despliega a su vez en cuatro subconstructos:

- (1a) uso del aprendizaje disponible,
- (1b) aprendizaje por experiencia, que a su vez se puede desplegar en cinco subconstructos más,
- (1c) aprender observando a otras organizaciones e
- (1d) injertar en sí mismo el conocimiento necesario.

(2) distribución de información,

(3) interpretación de información y

(4) memoria organizacional.

Es decir, el conocimiento puede ser adquirido por la organización y puede ser 'conservado' en la memoria organizacional, para utilizarlo con fines de mantener su capacidad de adaptación al entorno. Es decir, un elemento que le permita a la vez estabilidad y cambio (Feldman & Pentland, 2003; Knudsen, 2008). La memoria organizacional, en cuanto que actúa como fuente de persistencia de las acciones que se conducen en una organización, puede modelarse como rutinas organizacionales.

4.5 RUTINAS ORGANIZACIONALES

4.5.1 *Concepto de rutina organizacional*

Desde el primer uso del constructo de rutina organizacional (Lopez, Blanco, & Guerra, 2009) (Boehm, Brown, & Lipow, 1976), se han dado tres corrientes de su definición; comprenderlas como:

- (i) patrones repetidos de comportamiento o patrones recurrentes de interacción para realizar actividades a la escala organizacional, que varían con cambios en las condiciones del entorno,
- (ii) conjuntos de reglas o procedimientos operativos estándar y
- (iii) tendencias que se vinculan a comportamientos previamente adoptados o adquiridos que pueden ser activados por los estímulos o contextos apropiados. En este grupo, se encuentra la definición de rutinas organizacionales como estructuras generativas (capacidades o disposiciones internas de las organizaciones) para dinamizar patrones de comportamiento dentro de un grupo organizado de individuos, involucrando respuestas consecutivas a señales (Winston, 1977).

No obstante, es importante resaltar que las rutinas no sólo transmiten información, sino que se transmiten a sí mismas, que viene del segundo grupo de definiciones: las rutinas organizacionales son disposiciones socialmente transmitidas y que se forman por medio de patrones repetidos de comportamientos (Bobrow & Winograd, 1977). Las rutinas son a las organizaciones como los hábitos son a los individuos, pero las rutinas no son simples agregados de hábitos (Hashemi, 2013), son estructuras que entretejen (interconectan) hábitos individuales (Boehm et al., 1976; Hodgson, 2008) y propician la emergencia de capacidades de acción de la organización. Las rutinas organizacionales están en el nivel ontológico de las organizaciones, y corresponden a la idea de hábito, que está en el nivel ontológico de los individuos (Hodgson, 2008).

Las rutinas organizacionales se caracterizan por exhibir durabilidad en el tiempo, en cierta medida tienen la capacidad para replicarse por imitación, movilidad de personas, relevos. También son sujeto de “mutaciones” y permiten retener las habilidades y el conocimiento (Tecuci, 1992). Desde el punto de vista sistémico, las capacidades organizacionales no son reducibles a las capacidades de sus miembros individuales (Bobrow & Winograd, 1977).

Las rutinas son el sujeto de la evolución de las organizaciones. En ese proceso evolutivo, las rutinas y las competencias son las unidades de selección (Kan, 2002). Las rutinas pueden ser interpretadas como comportamientos regulares (patrones), regularidades cognitivas y propensiones, que se dan:

- (i) en la escala de la organización,
- (ii) en organizaciones como un todo y
- (iii) en comunidades o poblaciones de organizaciones (Kan, 2002; Kliksberg, 1973).

En los tres casos, las rutinas cambian con base en una retención selectiva basada en sus desempeños específicos. El desempeño de las rutinas es influenciado por normas y valores que pueden ser compartidos o no entre sectores de la economía o sociedades. Sin embargo, aún no se ha descrito la forma como tales factores afectan el desempeño de las rutinas (Fitzgerald, Russo, & O'Kane, 2000).

Las rutinas también pueden ser entendidas como disposiciones organizacionales para impulsar patrones condicionales de comportamiento (*behavior*) dentro de un grupo organizacional de individuos, involucrando respuestas secuenciales a señales (Hodgson, 2008); o como patrones reconocibles y repetitivos de acción interdependientes ejecutados por múltiples actores (Becker, 2008). Las rutinas organizacionales no son cosas sino procesos que se (re)producen en el tiempo y el espacio, por medio de las acciones de agentes (personas o cosas) dinámicos (Feldman, Pentland, D'Adderio, & Lazaric, 2016) y como tales, no son ‘comportamientos’ (*behaviors*) sino capacidades de comportamiento almacenadas (Hodgson, 2008). Una realización (*performance*) de una rutina organizacional se define como el comportamiento real o las tareas efectivamente realizadas. Sus propiedades pueden ser su coordinación y su variedad (Baligh, 2006).

Cuando el concepto de rutina aparece en la economía evolutiva (Richard R. Nelson & Winter, 1982) se presenta como portadora de información por cortos periodos de tiempo y, a la vez, con capacidad algorítmica para generar resultados particulares bajo las circunstancias propicias. Como

tales son estructuras generativas en forma de regla, que preservan y replican información a través de la memoria de largo plazo.

La memoria de largo plazo se categoriza (Curran & Morgan, 2015) en:

(i) memoria procedimental o implícita, que se activa por medio de eventos precedentes y estímulos (Hodgson, 2008), en la que se almacena el 'know-how', es decir las habilidades y el cómo hacer las cosas. En el nivel individual, esta memoria se adquiere por repetición y práctica. Está compuesta por comportamientos sensomotores automáticos profundamente arraigados que el individuo no es consciente de ellos. A esto se refieren algunos autores (Reyes & Zarama, 1998) al corporeizar o internalizar acciones corrientes más o menos automáticas. Es implícita en el sentido de que las experiencias previas ayudan en la realización (*performance*) de una tarea sin que medie conciencia individual explícita (Polanyi, 2012);

(ii) memoria declarativa o explícita que almacena el '*know-that*' hechos, datos o eventos que pueden ser conscientemente evocados. Esta memoria consiste de información que explícitamente se guarda y se recupera. Puede ser dividida a su vez en memoria episódica y memoria semántica; y (iii) memoria transactiva (Liang, Moreland, & Argote, 1995; Wegner, Giuliano, & Hertel, 1985) que es una memoria de grupo (Wegner, 1987) y para esta investigación es relevante en cuanto que se refiere a los procesos cognitivos socialmente compartidos en el trabajo (Moreland, Argote, & Krishnan, 1996) en una organización: almacena el '*know-who*'. Las distintas formas de memoria, exigen distintas formas de recuperación del 'recuerdo' y, en todo caso, de validación de la aplicabilidad de dicho patrón de acción recordado.

Intrínseco a las rutinas organizacionales hay tres características clave:

- (i) la acción es situada, es decir, parcialmente contingente, incorporada y no necesariamente racional. De esto último se infiere que no necesariamente es óptima;
- (ii) los actores están informados y frecuentemente son reflexivos;
- (iii) la estabilidad es una meta alcanzada y, por lo tanto, es sólo la articulación entre dos momentos de cambio. Es decir, dicha "estabilidad" es sólo estable en el corto plazo, es temporal o coyuntural (Feldman et al., 2016).

Lo anterior implica que la unidad de observación es la acción situada, pero la unidad de análisis es el patrón de acción. De aquí que la rutina organizacional pueda ser entendida más precisamente como flujos repetitivos de acciones situadas que pueden ser interpretadas de diferentes

formas (Feldman et al., 2016). Las acciones dentro de una rutina están relacionadas en el tiempo. Dicha secuencia importa, no porque siempre sea la misma, sino porque el orden en el que se realizan las acciones frecuentemente tiene un significado: Las rutinas organizacionales.

Las rutinas se replican de un grupo a otro o de una organización a otra, por medio del movimiento de empleados de una a otra parte, o de expertos independientes o consultores que ayudan a transferir el conocimiento de un contexto a otro e incluso con la formación de fuerza de trabajo calificada (López-Cruz, Mora, Sandoval-Parra, & Espejo-Gavilán, 2016).

El aspecto crítico es la capacidad de la organización receptora para acomodar o atemperar y, además, utilizar las prácticas y las relaciones organizacionales en su propio contexto de hábitos y creencias (Hodgson, 2008).

4.5.2 Aspectos ostensivos y performativos de las rutinas organizacionales

Se ha afirmado que una organización tipo firma, definida por la Oficina de Estadísticas de Trabajo de Estados Unidos (*U.S. Bureau of Labor Statistics*) como un negocio legal que puede funcionar en uno o más sitios, puede quebrar por no mantener el ritmo de actualización tecnológica de otras firmas, dicho de otra forma porque las firmas se pierden en la multiplicidad de olas de innovación. A esto se le llama la hipótesis de avalancha tecnológica (C. M. Christensen & Overdorf, 2000), que tiene sentido dentro de modelos lineales de innovación (Kline, 1985; Kline & Rosenberg, 1986) pero que resulta con poco sentido en el entorno de las innovaciones disruptivas, en el que se sugiere (C. Christensen, 2013) que los directivos de las organizaciones pueden identificar la aparición de nuevo conocimiento tecnológico en el entorno, pero carecen del “hábito” de pensar acerca de las capacidades de sus organizaciones, al menos de la misma forma como piensan sobre las capacidades individuales de sus trabajadores (C. M. Christensen & Overdorf, 2000). Expresado con más precisión, no es que los directivos carezcan del “hábito” de pensar sobre las capacidades organizacionales, sino que la organización carece de las ‘rutinas organizacionales’ que les permite desarrollar las capacidades organizacionales. Es decir, la organización no cuenta con una visión de las capacidades organizacionales, en general, y menos en las capacidades dinámicas organizacionales en particular.

Para resolver esto, es oportuno distinguir dos aspectos recursivamente relacionados de las rutinas organizacionales:

- (i) Los aspectos ‘*performativos*’ que se refieren a las realizaciones (*performances*) en momentos y lugares específicos. Son patrones de

acción observables directamente que consisten de quién hizo qué, cuándo y dónde (Tabla 4.1).

- (ii) Los aspectos ostensivos que se refieren a patrones de acción ‘abstractos’, promulgados o declarados (Feldman & Pentland, 2003) y en ese sentido son capacidades comportamentales almacenadas (Hodgson, 2008) y no son observables directamente pues residen en los individuos (Tabla 4.1).

Los aspectos ostensivos de las rutinas organizacionales, están más cercanamente vinculados con el nivel de análisis individual, en el que las disposiciones (Tabla 4.1) y *capacities* generan diferentes realizaciones, variedades que pueden hacer pensar las tareas que componen las rutinas organizacionales como imperfectas, pero que sub-determinan la ejecución (performance) colectiva. Puesto que hay división del trabajo (Lopez-Cruz & Muñoz, 2006; Smith, 1996) entre los individuos que emprenden la realización de una tarea, hay diferencias en habilidades y experiencia.

Cuadro. 4.1 Los aspectos ostensivos de las rutinas organizacionales corresponden al nivel abstracto, en tanto que los aspectos performativos son del nivel concreto. Ninguno de los dos está en el nivel de análisis individual. Fuente: Adaptación de (Gao, Deng, & Bai, 2014).

Niveles de expresión →	Abstracto	Concreto
Niveles de análisis ↓		
Organizacional	Aspecto ostensivo: Colección de narrativas de eventos funcionales, roadmaps. Artefactos: reglas, procedimientos escritos.	Aspecto performativo: colección de comportamientos concretos y específicos. Cada uno de estos comportamientos es desempeñado por actores. Artefactos: <i>work logs, databases.</i>
Individual	Disposiciones, <i>capacities.</i>	Acciones – interacciones

En virtud de que las rutinas organizacionales exhiben a la vez aspectos ostensivos y performativos, estos co-evolucionan. Los artefactos que aparecen como manifestaciones físicas de una rutina organizacional, como reglas y procedimientos escritos, son proxies a de ella (de la rutina organizacional) y crean un entorno único para cada individuo.

El concepto de rutina ofrece el camino para abrir la caja negra del constructo capacidad de absorción, en tanto que puede materializarse como una serie de acciones que pueden usar artefactos (documentación escrita o programas de computador, por ejemplo) (Nardo, 2010) y conectar distintas escalas en las que ocurren las acciones: la escala individual y la escala organizacional (Alles, 2002; Creswell, 1994; Lewin, Massini, & Peeters, 2011; Michael E Porter, 2000).

4.6 RESUMEN

Este capítulo ha desarrollado conceptualmente el contexto en el cual intervienen:

- (i) la sociedad (en el nivel de las economías),
- (ii) las organizaciones, como segundo nivel del complejo de la acción humana y
- (iii) los individuos dentro de las organizaciones, como tercer nivel de abstracción, como micro-fundamento (Schelling, 2006) de capacidades dinámicas emergentes en la organización y a la vez se ha introducido la relación con el nivel de la economía (país).

A partir de los conceptos de ventaja competitiva, ventaja comparativa y ventaja absoluta se introdujo la adaptación al entorno dinámico (cambios en el mercado y en la tecnología) como prioridad de las organizaciones (humanas) para persistir.

De las tres posibilidades frente a los cambios dinámicos del entorno:

- (i) ausencia de reacción frente al cambio,
- (ii) adaptación reactiva y
- (iii) adaptación proactiva,

se identificó a esta última como motivador del desarrollo de competencias organizacionales y del desarrollo de las capacidades organizacionales.

Al concebir la organización como un sistema social complejo en el que se materializa la acción colectiva se enuncian cuatro retos funcionales:

- (i) la adaptación a las condiciones cambiantes de su entorno,
- (ii) la consecución de objetivos,
- (iii) integración entre sus componentes, lo cual eventualmente genera subestructuras y mecanismos (de control) para que se verifique la integración y
- (iv) los procesos de mantenimiento de patrones, que dada la existencia de amplia variedad de conductas de los agentes y del sistema, favorecen algunos patrones en la estructura o en el comportamiento.

De las capacidades organizacionales, las capacidades dinámicas son las que propician la generación de la ventaja competitiva de una organización, que se basan en su capacidad para identificar y captar información relevante del entorno, que puede llegar a ser conocimiento. La visión de las organizaciones basada en el conocimiento (KVB/OL) pone de relevancia no solamente al conocimiento como componente organizacional, sino

también a la memoria organizacional que ocurre a la vez en el nivel del individuo y de la organización.

La memoria puede ser de tres tipos:

- (i) memoria procedimental (know-how),
- (ii) memoria declarativa (know-that) y
- (iii) memoria transactiva (know-who) (Liang et al., 1995; Moreland et al., 1996; Wegner, 1987; Wegner et al., 1985).

El conocimiento de interés en esta disertación es el conocimiento que conduce a las acciones en las organizaciones para que, en forma contingente, se busque el logro de una meta, lo cual es compatible con las características clave de las rutinas organizacionales.

Estas, por su parte, cuentan con aspectos performativos y ostensivos. Los aspectos performativos son patrones de acción observables directamente, en tanto que los aspectos ostensivos son patrones de acción 'abstractos' que no pueden ser observables directamente.

REFERENCIAS

- Alles, M. G. (2002). A Critical analysis of the "Innovator's Dilemma": why should new technologies cause great firms to fail. *The International Journal of Digital Accounting Research*, 2(4), 235-266.
- Andrews, K. R. (1997). The concept of corporate strategy. *Resources, firms, and strategies: A reader in the resource-based perspective*, 52.
- Ashby, W. R. (1960). *Introducción a la cibernética*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Vision.
- Baligh, H. H. (2006). *Organization structures: theory and design, analysis and prescription*. New York, NY: Springer.
- Becker, M. C. (2008). *Handbook of organizational routines*. Northampton, MA: Edward Elgar.
- Bernier, P., & Schoene, D. (2009). La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto. *Unasylva*, 60, 231-232.
- Bobrow, D. G., & Winograd, T. (1977). An overview of KRL, a knowledge representation language. *Cognitive Science*, 1(1), 3-45.
- Boehm, B. W., Brown, J. R., & Lipow, M. (1976). *Quantitative evaluation of software quality*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Software engineering.
- Brachman, R. J., & Schmoleze, J. G. (1985). An overview of the KL-ONE knowledge representation system. *Cognitive Science*, 9, 171-216.
- Buendía Rice, E. A. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países.
- Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *economica*, 4(16), 386-405.
- Cordes-Berszinn, P. (2013). *Dynamic capabilities : how organizational structures affect knowledge processes*. Basingstoke; New York: Palgrave Macmillan.
- Creswell, J. W. (1994). Diseño de investigación. Aproximaciones cualitativas y cuantitativas. *Sage. Capítulo, 9*, 171.

- Curran, H. V., & Morgan, C. J. (2015). Declarative and Nondeclarative Memory. *Encyclopedia of Psychopharmacology*, 462-468.
- Cutler, D. M., & McClellan, M. B. (1998). What is technological change? In D. A. Wise (Ed.), *Inquiries in the Economics of Aging* (pp. 51-81): University of Chicago Press.
- Christensen, C. (2013). *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*: Harvard Business Review Press.
- Christensen, C. M., & Overdorf, M. (2000). Meeting the challenge of disruptive change. *Harvard business review*, 78(2), 66-77.
- Dopfer, K. (2005). *The evolutionary foundations of economics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dosi, G., & Marengo, L. (2000). On the tangled discourse between transaction costs economics and competence-based views of the firms: Some comments. *Competence, governance, and entrepreneurship: Advances in economic strategy research*, 80-92.
- Dozier, K., & Chang, D. (2009). *The role of information technology in managing supply chain fluctuations*. Paper presented at the WSEAS Management, Marketing and Finances conference in Houston.
- Easterby-Smith, M., Graca, M., Antonacopoulou, E., & Ferdinand, J. (2005). *Absorptive capacity in practice: an empirical examination of Zahra and George's model*.
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they. *Strategic management journal*, 21(1), 1105-1121.
- Elster, J. (1990). *El cambio tecnológico: Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona: Gedisa.
- Feldman, M. S., & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative science quarterly*, 48(1), 94-118.
- Feldman, M. S., Pentland, B. T., D'Adderio, L., & Lazaric, N. (2016). Beyond routines as things: Introduction to the special issue on routine dynamics. *Organization science*, 27(3), 505-5013.
- Fitzgerald, B., Russo, N., & O'Kane, T. (2000). An empirical study of system development method tailoring in practice. *ECIS 2000 Proceedings*, 4.
- Gao, D., Deng, X., & Bai, B. (2014). The emergence of organizational routines from habitual behaviours of multiple actors: an agent-based simulation study. *Journal of Simulation*, 8(3), 215-230.
- Hashemi, S. M. G. (2013). A comprehensive systemic model of innovation management: Total innovation management (TIM).
- Hodgson, G. M. (2008). The concept of a routine. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 15-28). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Huber, G. P. (1991). Organizational learning: The contributing processes and the literatures. *Organization science*, 2(1), 88-115.
- Ibrahim, R., Levitt, R., & Ramsey, M. (2005). *Discontinuity in organizations: Impacts of knowledge flows on organizational performance*. Stanford University.
- Kalecki, M. (1954). *Teoría de la dinámica económica: ensayo sobre los movimientos cíclicos ya largo plazo de la economía capitalista*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica -Segunda reimpresión 1977.
- Kan, S. H. (2002). *Metrics and models in software quality engineering*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

- Kliksberg, B. (1973). *Administración, subdesarrollo y estrangulamiento tecnológico: introducción al caso latinoamericano; elementos para una sociología del subdesarrollo tecnológico latinoamericano*. Buenos Aires: Paidós.
- Kline, S. J. (1985). Innovation is not a linear process. *Research management*, 28(4), 36-45.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, 14, 640.
- Knight, F. H. (2006). *Risk, uncertainty and profit*. Mineola, New York: Dover publication. Republication of the 1957 edition, originally published in 1921.
- Knudsen, T. (2008). Organizational routines in evolutionary theory. In M. C. Becker (Ed.), *Handbook of organizational routines* (pp. 125-151). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Levitt, B., & March, J. G. (1988). Organizational learning. *Annual review of sociology*, 319-340.
- Lewin, A. Y., Massini, S., & Peeters, C. (2011). Microfoundations of internal and external absorptive capacity routines. *Organization science*, 22(1), 81-98.
- Liang, D. W., Moreland, R., & Argote, L. (1995). Group versus individual training and group performance: The mediating role of transactive memory. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21(4), 384-393.
- López-Cruz, O., Mora, A. L., Sandoval-Parra, M., & Espejo-Gavilán, D. L. (2016). *Teaching Computer Programming as Knowledge Transfer: Some Impacts on Software Engineering Productivity*. Paper presented at the International Conference on Software Process Improvement.
- Lopez-Cruz, O., & Muñoz, V. (2006). Trabajador, Trabajo y Sociedad. Una relación que se complejiza en la interacción. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 5(2), 59-77.
- Lopez, O., Blanco, M., & Guerra, S. (2009). Evolución de los modelos de la gestión de innovación. *Innovaciones de Negocios*, 5, 251-264.
- López Salazar, A. (2010). La proactividad empresarial como elemento de competitividad. *Ra Ximhai*, 6(2), 303-312.
- Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales : lineamientos para una teoría general*. Barcelona: Anthropos.
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization science*, 2(1), 71-87.
- Moreland, R. L., Argote, L., & Krishnan, R. (1996). Socially shared cognition at work: Transactive memory and group performance. In J. L. Nye & A. M. Brower (Eds.), *What's Social about Social Cognition? Research on Socially Shared Cognition in Small Groups*: Sage Knowledge
- Nardo, M. A. S. (2010). Un nuevo enfoque para la gestión de las políticas de innovación, en función del desarrollo sostenible. . *RAI: revista de administração e inovação*. DOI: 10.5585/RAI. 2010685, 7(3), 79-93.
- Nelson, R. R. (1982). The role of knowledge in R&D efficiency. *The Quarterly Journal of Economics*, 97(3), 453-470.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Polanyi, M. (2012). *Personal knowledge - Towards a Post critical Philosophy*. London: Routledge (Routledge & Kegan Paul Ltd). First Published, 1958.

- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage : creating and sustaining superior performance*. New York; London: Free Press ; Collier Macmillan.
- Porter, M. E. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Argentina: Javier Vergara.
- Porter, M. E. (2000). What is strategy?
- Pourzolfaghar, Z., & Ibrahim, R. (2015). Impacts of Adding Knowledge Flow to an Activity-Based Framework for Conceptual Design Phase on Performance of Building Projects. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 12(3), 166-175.
- Reyes, A., & Zarama, R. (1998). The process of embodying distinctions—A reconstruction of the process of learning. *Cybernetics & Human Knowing*, 5(3), 19-33.
- Ricardo, D. (1993). *Principios de economía política y de tributación*. Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In S. Rayner & E. L. Malone (Eds.), *Human Choice and Climate Change* (Vol. 2, pp. 327-399). Columbus, Ohio: Battelle Press.
- Roll, E. (1993). *Historia de las doctrinas económicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and macrobehavior*: WW Norton & Company.
- Schot, J., & Geels, F. W. (2007). Niches in evolutionary theories of technical change. *Journal of Evolutionary Economics*, 17(5), 605-622.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (Vol. 136): MIT press.
- Smith, A. (1996). *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica. Original 1776.
- Tecuci, G. (1992). *Cooperation in knowledge base refinement*. Paper presented at the Machine Learning: Proceedings of the Ninth International Conference ML92.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and corporate change*, 3(3), 537-556.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, 28(13), 1319-1350.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533.
- Volberda, H. W., Foss, N. J., & Lyles, M. A. (2009). Absorbing the Concept of Absorptive Capacity: How To Realize Its Potential in the Organization Field.
- Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2007). Dynamic capabilities: A review and research agenda. *International journal of management reviews*, 9(1), 31-51.
- Wasserman, M. (2012). Innovación con conocimiento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(4), 537-538.
- Wegner, D. M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind *Theories of group behavior* (pp. 185-208): Springer.
- Wegner, D. M., Giuliano, T., & Hertel, P. (1985). Cognitive interdependence in close relationships. In W. J. Ickes (Ed.), *Compatible and incompatible relationships* (pp. 253-276). New York: Springer Verlag.
- Winston, P. H. (1977). *Artificial Intelligence*. Philippines: Addison-Wesley, Publishing Company, Inc.
- Zollo, M., & Winter, S. G. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization science*, 13(3), 339-351.

5. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ORGANIZACIONAL

"The design and creation research strategy focuses on developing new IT products, also called artefacts".

(Oates, 2006 p.108)

"There is no royal road to science and only those who do not dread the fatiguing climb of its steep paths have a chance of gaining its luminous summits"

In the preface to the 1872 French edition of the first volume of Capital, Marx".

Este capítulo presenta el origen y evolución del constructo "capacidad de absorción" en el contexto de las organizaciones. Se presenta el constructo a partir de modelos que proponen la identificación de los componentes del constructo, especialmente de las rutinas organizacionales como medio para expresar las ideas de capacidad de absorción potencial y capacidad de absorción realizada. Además de una revisión de la literatura para establecer el estado de conocimiento sobre el constructo capacidad de absorción, se presentan tres estadios históricos de este campo de investigación.

5.1 ORIGEN DEL CONSTRUCTO 'CAPACIDAD DE ABSORCIÓN'

El constructo "capacidad absorbente" o "capacidad de absorción" fue extendido, en la década de los 1990's (Cohen & Levinthal, 1990), desde el dominio de la hidrología y las ciencias de la vida (Biología y Medicina) al campo de las organizaciones como una capacidad dinámica de estos sistemas sociales humanos complejos.

Este constructo, 'capacidad de absorción', entendido como una medida de la aptitud de una organización para escrutar su entorno y reconocer el valor de conocimiento externo nuevo, adquirirlo, asimilarlo, transformarlo, explotarlo con sus recursos internos y que le sirva como marco para la innovación, es una variable crítica para caracterizar las posibilidades para que haya una efectiva transferencia de tecnología a la organización sobre la que se hace la medición.

5.2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

Se acostumbra llamar “estado del arte” (traducción de “*state-of-the-art*”) a un texto que presenta los conceptos, publicaciones y, en general, elementos más recientes respecto del tema y pregunta de la investigación, que resultan de la revisión de la literatura pertinente. Trasciende eventualmente como perspectiva teórica de la investigación, puesto que permite la inmersión en el conocimiento disponible que puede estar vinculado con el planteamiento del problema.

Uno de los propósitos de conocer las investigaciones y estudios anteriores sobre un tema es orientar el esfuerzo de investigación hacia un área que no haya sido estudiada a fondo o sobre la cual haya posibilidad de realizar un planteamiento novedoso. Un segundo propósito, consiste en establecer mayor claridad del contexto epistemológico del problema sobre el cual se va a investigar. Un tercer propósito, consiste en establecer el punto de partida para formalizar conceptualizaciones, revisiones de conceptos previos y establecer lineamientos que pueden facilitar la investigación en ingeniería.

Los lineamientos conforman el entorno – o lo describen- en el que el método de ingeniería (Koen, 2003) desplegará su capacidad para producir resultados: una transformación a una situación, que ocasionalmente se refiere a la solución a un problema. Esa solución es entendida como el hallazgo de una salida a una dificultad, la forma de evitar un obstáculo o la obtención de una meta que no era obtenible en forma inmediata (Polya, 1981).

Para proporcionar una perspectiva que sitúe el planteamiento del problema realizado dentro del campo de conocimiento que servirá como entorno para la investigación, este capítulo presenta el constructo conceptual de “capacidad de absorción”, el enfoque y planteamiento principales de los trabajos que se han realizado y que están disponibles en la literatura académica respecto de la capacidad de absorción y la presentación del concepto de rutina organizacional. Se proponen cuatro periodos cronológicos (Tabla 5.1) del desarrollo del constructo ‘capacidad de absorción’.

El primer periodo es la aparición del constructo, el segundo periodo es el de fundamentación conceptual que ha permitido conformar un dominio del conocimiento. El hito de inicio de este periodo es la aparición de la primera reconceptualización de la capacidad de absorción como una “capacidad dinámica” (Zahra & George, 2002). En un tercer periodo, se consolida la

investigación empírica de capacidad de absorción en *business research* (Lewin, Massini, & Peeters, 2011) relacionándose con la investigación sobre ventaja competitiva, transferencia de tecnología (patentes e invenciones), aprendizaje organizacional y, finalmente, en el más reciente periodo se extiende el dominio de investigación de la capacidad de absorción a la ingeniería de organizaciones, se estrechan las relaciones con los conceptos de transferencia de conocimiento, sistemas basados en conocimiento (base de conocimiento + motores de inferencia o sistemas de razonamientos simbólico), adquisición de conocimiento, representación de conocimiento y capital humano.

El constructo “capacidad de absorción” emergió recientemente (Cohen & Levinthal, 1989, 1990, 1994) para referirse a una capacidad dinámica (Helfat et al., 2009; Prahalad & Hamel, 2006; D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece, Pisano, & Shuen, 1997) de una organización expresada en tres dimensiones, capacidad para:

- (i) identificar o reconocer,
- (ii) asimilar y
- (iii) aplicar o aprovechar el conocimiento disponible en el entorno.

Tabla 5.1 Desarrollo histórico del constructo Capacidad de Absorción (*Absorptive Capacity* ACAP). Los años de los periodos son aproximados y pueden traslaparse. Fuente: El autor.

Periodo	Características del periodo de desarrollo del constructo ACAP
1989-2001 (12 años)	Periodo de aparición: aparición del constructo ACAP en el contexto de la investigación académica.
2002-2007 (5 años)	Periodo de Fundamentación: fundamentación conceptual y establecimiento como dominio del conocimiento.
2008-2013 (5 años)	Periodo de Consolidación: aparición de un dominio de investigación en “ <i>business research</i> ”.
2014- hoy	Periodo de Extensión: extensión del dominio de investigación a la ingeniería de organizaciones. Reconocimiento de la posibilidad explícita de diseño, de la vinculación de una concepción moderna de control que tome en cuenta la variación evolutiva de las rutinas organizacionales.

A inicios del siglo XXI, la capacidad de absorción fue reconceptualizada (Zahra & George, 2002) como el conjunto de rutinas organizacionales y procesos por los cuales las organizaciones:

- (i) adquieren,
- (ii) asimilan,

(iii) transforman y

(iv) explotan

el conocimiento para producir una capacidad dinámica (Helfat et al., 2009; Prahalad & Hamel, 2006; D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece et al., 1997).

Una organización cuenta con capacidades organizacionales operacionales (sustantivas) y dinámicas (Vasudeva & Anand, 2011; Winter, 2000). Una capacidad organizacional es una rutina de alto nivel que, con procesos y recursos específicos de la organización, le confiere a sus directivos un conjunto de opciones de decisión para producir resultados significativos de una clase particular, usualmente el logro de metas estratégicas, utilizando el *know-how* disponible y recursos no específicos de la organización (David J. Teece, 1977; Winter, 2000). Una capacidad operacional se refiere a competencias y habilidades que determinan la efectividad de una organización para ejecutar sus actividades misionales cotidianas. Una capacidad dinámica organizacional es la capacidad para integrar, construir y reconfigurar capacidades operativas (D. J. Teece et al., 1997), así como competencias internas y externas para afrontar cambios rápidos del entorno (Zollo & Winter, 2002). Está orientada hacia el cambio organizacional, por lo que permite formular una respuesta apropiada e implementar un curso de acción de la organización, reflejando su carácter evolutivo.

Una nueva reconceptualización (Todorova & Durisin, 2007) retoma la dimensión de (i) identificar o reconocer el valor del conocimiento, separa la (ii) adquisición de la (iii) asimilación y deja esta última como una etapa o dimensión alternativa frente a la (iv) transformación de conocimiento, previa a la (iv) explotación (aplicación o aprovechamiento) del conocimiento. Además, quizás lo más valioso, es la inclusión de un ciclo de retroacción (*feedback*) que hace coherente al constructo con la dinámica que no puede ser capturada por los métodos analíticos (Todorova & Durisin, 2007), lo que revela una oportunidad de seleccionar una metodología de investigación apropiada a la investigación en ingeniería.

5.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA

El constructo “capacidad absorbente” o “capacidad de absorción” (Cohen & Levinthal, 1990), como ha sido traducido al castellano, fue definido

originalmente como una habilidad (*ability*¹) basada en el conocimiento previo, para reconocer el valor de nueva información, asimilarla y aplicarla para fines comerciales (Fig. 5.1). En el contexto original, el concepto “información” se refiere a los elementos de datos que permiten identificar conocimiento externo, que al compararlo con el acervo interno, es nuevo y podría representar una oportunidad para explotarlo comercialmente.

Doce años después se propone (Zahra & George, 2002) una reconceptualización de la capacidad de absorción como una “capacidad dinámica” (D. Teece & Pisano, 1994; D. J. Teece et al., 1997) que amplía la habilidad de la organización para ganar y sostener su ventaja competitiva (Porter, 1998). Se reconoce que esta capacidad tiene carácter estratégico, se orienta a generar un cambio organizacional y determina la ruta de la evolución de la organización.

Respecto del planteamiento original, esta revisión del constructo lo reconoce como:

- (i) una capacidad dinámica,
- (ii) identifica que los componentes de la capacidad de absorción son rutinas organizacionales (Bobrow & Winograd, 1977), describe sus roles, e
- (iii) identifica condiciones bajo las cuales los componentes de la capacidad de absorción crean valor, lo cual permite orientar investigaciones para conocer porqué hay diferencias en el desempeño de dos organizaciones en el mismo renglón de producción de la economía y, prescribir tales diferencias.

¹*Ability* tiene la connotación de habilidad real (física o mental, innata o adquirida), posibilidad, la posesión de habilidades o cualidades de una persona, competencias, aptitud natural, talento o nivel de experticia o poder para hacer algo. Está más relacionado con el presente.

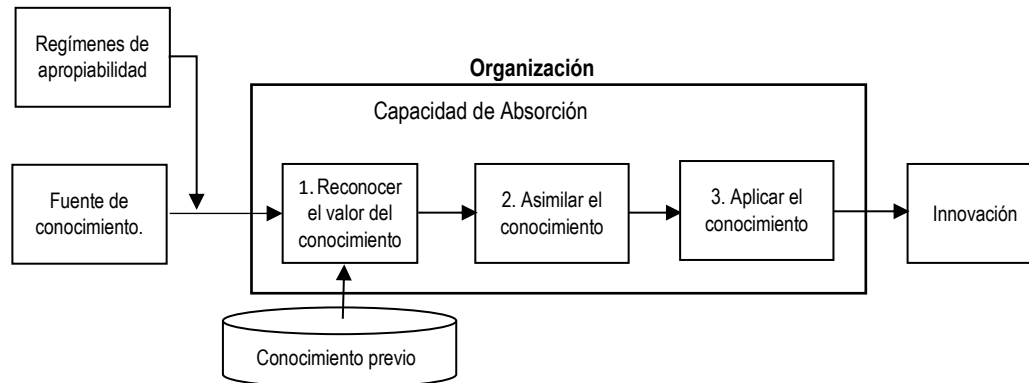
Capability implica un potencial aún no logrado u obtenido (por restricciones prácticas, por ejemplo). Tiene un significado más orientado al futuro en el sentido de las características de poder ser desarrollado. El prefijo "cap-" de "*capability*" o de "capable" viene del latín "*capere*," sostener firmemente, agarrar o tomar: "*practical ability*". Su uso en sustitución de "*capacity*" es incorrecto. (*Dynamic capability*).

Capacity denota el potencial para desarrollar una habilidad usualmente mental, innata (no adquirida), o característica innata que no puede ser desarrollada. *Absorptive capacity* (Zahra & George, 2002) is a *dynamic capability* (D. Teece & Pisano, 1994) that enhances firm's *ability* to gain and sustain competitive advantage (Zahra & George, 2002).

Ejemplo: *All nations at the World Cup are able (have the ability) to win (in the sense that it is possible for any national team to win), while only a few are realistically capable (have the capability).*

En esta óptica, los componentes de la capacidad de absorción –las rutinas organizacionales (Bobrow & Winograd, 1977)- se agrupan en dos conjuntos: capacidad de absorción potencial y capacidad de absorción realizada (Fig. 5.2). Las rutinas organizacionales de carácter potencial son la adquisición de conocimiento y la asimilación de conocimiento. Las rutinas organizacionales de carácter realizado son la transformación y explotación del conocimiento.

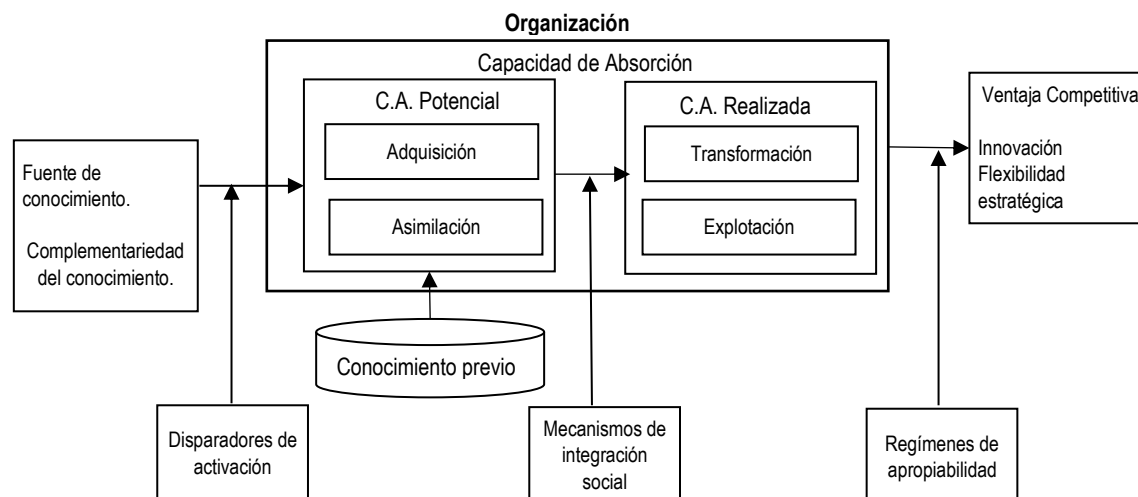
Fig. 5.1 Modelo de capacidad de absorción basado en el artículo seminal. Fuente: El autor con base en (Cohen & Levinthal, 1990).



Las rutinas de capacidad de absorción potencial “CAP” (Fig. 5.2) tienen como finalidad propiciar la receptividad de la organización al conocimiento externo, lo que equivale al componente “reconocer el valor del conocimiento” (Cohen & Levinthal, 1990).

Las rutinas de capacidad de absorción realizada “CAR” (fig. 5.2) tienen como finalidad apalancarse en el conocimiento que ha absorbido.

Fig. 5.2 Reconceptualización del modelo de capacidad de absorción. Fuente: El autor con base en (Zahra & George, 2002).



Zahra & George (2002) definen el factor de eficiencia de la capacidad de absorción (μ) como la razón de CAP entre CAR (Ecuación 5.1).

$$\mu = \frac{CAP}{CAR} \quad (5.1)$$

No obstante, advierten que la medición experimental de μ sigue siendo impráctica debido a la ambigüedad o falta de unificación de las mediciones de las rutinas organizacionales CAP o CAR. Una salida de esa situación podría ser el diseño de las rutinas (CAP y CAR, por ejemplo) que es lo que propone esta investigación.

Los investigadores de la primera década del siglo XXI sugieren que estas rutinas organizacionales proveen mecanismos sistémicos, estructurales y procedimentales para que las organizaciones exploten el conocimiento fortuitamente y, aun así, lo aprovechen por largos periodos, pese a las barreras como los regímenes de apropiabilidad, es decir a la dinámica institucional (propiedad intelectual) que afecta la capacidad de las organizaciones para proteger las ventajas de nuevos productos o procesos.

En este modelo se sugieren las siguientes relaciones:

- a) Hay una relación directamente proporcional –pero aún así no determinística- entre el grado de exposición a fuentes de conocimiento y CAP.
- b) Entendiendo la complementariedad del conocimiento como la extensión en la que el conocimiento está relacionado con el conocimiento de los contactos en la red de información de la organización, hay una relación directamente proporcional entre la complementariedad del conocimiento y CAP.
- c) Hay una relación directa entre la experiencia de la organización y CAP.
- d) Los disparadores de activación moderan CAP.
- e) Los mecanismos de integración social formales (coordinación) o informales (redes sociales) tienen efecto positivo sobre la asimilación.
- f) La apropiabilidad del conocimiento es inversamente proporcional a la propensión de las organizaciones a invertir en investigación y desarrollo (I+D) (Lane, Koka, & Pathak, 2006).
- g) Las principales formas de lograr ventaja competitiva en un mercado dinámico son la innovación y la flexibilidad estratégica.

No obstante, a este modelo (Zahra & George, 2002) se le reprochan ambigüedades y brechas (Todorova & Durisin, 2007), especialmente por la omisión del conjunto de rutinas, que originalmente sólo son un componente del constructo, llamadas “reconocimiento del valor del conocimiento externo” (Cohen & Levinthal, 1990).

Al efectuar un seguimiento a las citaciones del artículo seminal (Cohen & Levinthal, 1990) a través de *Google Scholar*, se encuentran 26.505 citaciones. Esta cantidad es mayor que los resultados que se pueden obtener por medio de *Scopus*, pues los algoritmos de Google realizan una búsqueda más amplia incluyendo las citas en libros, o que *Web of Science*, que tiene una cantidad de registros distinta a *Scopus*. No obstante, el resultado incluye duplicados y falsos positivos.

Entre los temas abordados en estos 26.505 citaciones están la transferencia de conocimiento y de tecnología (Blanzieri, Giorgini, Giunchiglia, & Zanoni, 2003; Etzkowitz, 2003; L. Leydesdorff & Meyer, 2003; López-Cruz, 2004, 2010; Rogers, 2002; Roulet, 1973; Tenière-Buchot, 1986), gestión del conocimiento (Grant, 1996; Ravn & Valqui Vidal, 1986; Van Elst, Dignum, & Abecker, 2003; Vasco Furtado & Ponte Machado, 2003), capital social, relacional e intelectual (Brynjolfsson, Malone, & Gurbaxani, 1991; Diamand; Nahapiet & Ghoshal, 1997; Pérez & Cruz, 2007; Sandroni, 1973), la visión relacional de las organizaciones (Clancey, Sierhuis, Damer, & Brodsky, 2006), la difusión de innovaciones (Rogers, 2003), aprendizaje organizacional deliberado (Maes, 1994; Sábado & Botana, 1968; Zollo & Winter, 2002) y el proceso de toma de decisiones (Filipe, 2004).

La literatura (L. A. Leydesdorff, 2011) propone tres estadios históricos del desarrollo de la investigación sobre la capacidad de absorción:

- (i) Estadio de emergencia del concepto capacidad de absorción (1989-2001),
- (ii) Estadio de fundamentación conceptual y establecimiento del dominio de investigación (2002-2007) y
- (iii) Estadio de consolidación del dominio de investigación (2007-2017).

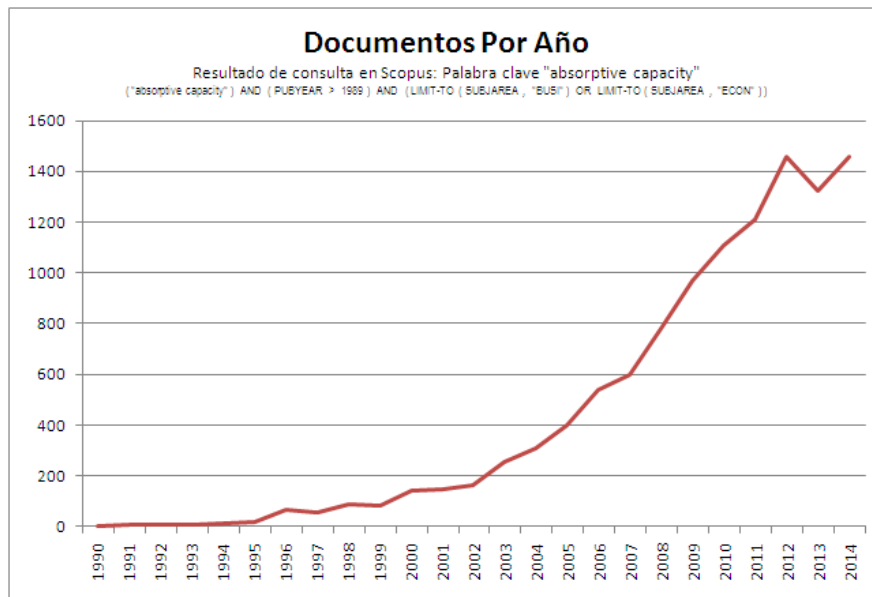
En el estadio 1989-2001, el concepto se desarrolla en el campo de las ciencias de la administración (*management science*) (Cohen & Levinthal, 1989, 1990, 1994; Chang, 2010; Lopez-Cruz & Muñoz, 2006; Reséndiz Nuñez, 1987).

En el estadio 2002-2007 el constructo se desarrolla a través de refinamientos conceptuales (Easterby-Smith, Graca, Antonacopoulou, & Ferdinand, 2005; Lane et al., 2006; Todorova & Durisin, 2007; Zahra &

George, 2002), extendiéndose la investigación a la teoría de las organizaciones.

El tercer estadio (a partir de 2007), consolidación del dominio de investigación en capacidad de absorción, se ha concentrado en la comprensión de los componentes de la capacidad de absorción (González, 2014; Hevner & Chatterjee, 2010; Marín, Laureiro, & Forero, 2007a; Nishiyama, Ikeda, & Niwa, 2000; Todorova & Durisin, 2007; Vega, Gutiérrez, & Fernández de Lucio, 2007; Vessuri, 1990) y el estudio del papel de las condiciones del contexto. Otros factores externos y el desempeño de la innovación en las organizaciones (Abad Arango, 1973; Carrère et al., 1974; Fabrizio, 2009; Picas Contreras, 2003) e incluso aplicaciones (Gruber & Marquis, 1968; Jayaraman, Bhatti, & Saber, 2004; López-Paniagua, Nieto-Carlier, Rodríguez-Martín, González-Fernández, & Jiménez-Álvarez, 2011; H. W. Volberda, 1996; Henk W Volberda, Foss, & Lyles, 2009), diseño de instrumentos de medición (Goldstein, 1989; Koen, 2003; Layton, 1974; Marín, Laureiro, & Forero, 2007b), investigaciones experimentales (Filgueiras Sainz de Rozas, Castro Fernández, & Rafull Suárez, 2013) y su relación con la transferencia de tecnología (Lopez-Cruz & Muñoz, 2006; Polya, 1981).

Fig. 5.3 Número de artículos por año usando “absorptive capacity” como palabra clave en Scopus. Fuente: El autor con base en consulta en Scopus.



La consolidación de la capacidad de absorción como campo de investigación ha sido progresiva. Mediante una búsqueda de “*absorptive capacity*” como palabra clave sobre Scopus (Fig. 5.3), en el que los temas de investigación asociados han sido gestión del conocimiento, gestión de

la innovación, investigación y desarrollo, ventajas competitivas y aprendizaje organizacional (L. A. Leydesdorff, 2011).

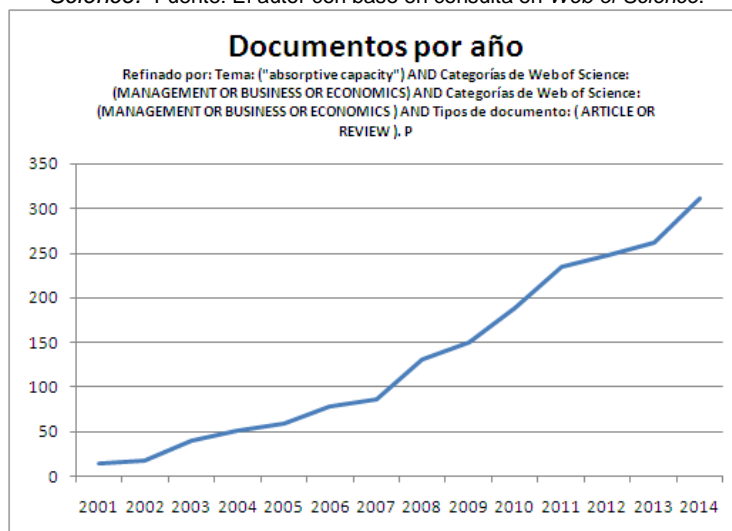
Se observa que en 1990 la cantidad fue 1, en 2001 la cantidad fue 142, en 2002 fue 164 y en 2014 1,458 (fig. 5.3).

Al realizar la búsqueda de “*absorptive capacity*” sobre *Web of Science*, los resultados muestran la misma tendencia creciente (Fig. 5.4). En 2001 aparecen 15 documentos, en 2002 son 18, en 2007 son 86 y en 2014 son 311.

El modelo (Todorova & Durisin, 2007) de capacidad de absorción:

- (i) retoma ‘el reconocimiento del valor’ (Cohen & Levinthal, 1990) incluyéndolo como uno de los componentes,
- (ii) extiende la incidencia (positiva y negativa) del mecanismo de integración social (Zahra & George, 2002) a todas las rutinas organizacionales mediante la elaboración de la teorización de los factores de contingencia,
- (iii) adiciona dentro de tales factores de contingencia las relaciones de poder (Fig. 5.5) ejerciendo influencia directa tanto sobre las rutinas de valoración del conocimiento, como de las rutinas de explotación del mismo,
- (iv) reconoce relaciones complejas entre las dimensiones de asimilación y transformación,
- (v) redefine las rutinas de transformación y
- (vi) se adicionan ciclos de retroacción que caracterizan la dinámica y complejidad del fenómeno.

Fig. 5.4 Número de artículos por año usando “*absorptive capacity*” como tema en *Web of Science*. Fuente: El autor con base en consulta en *Web of Science*.

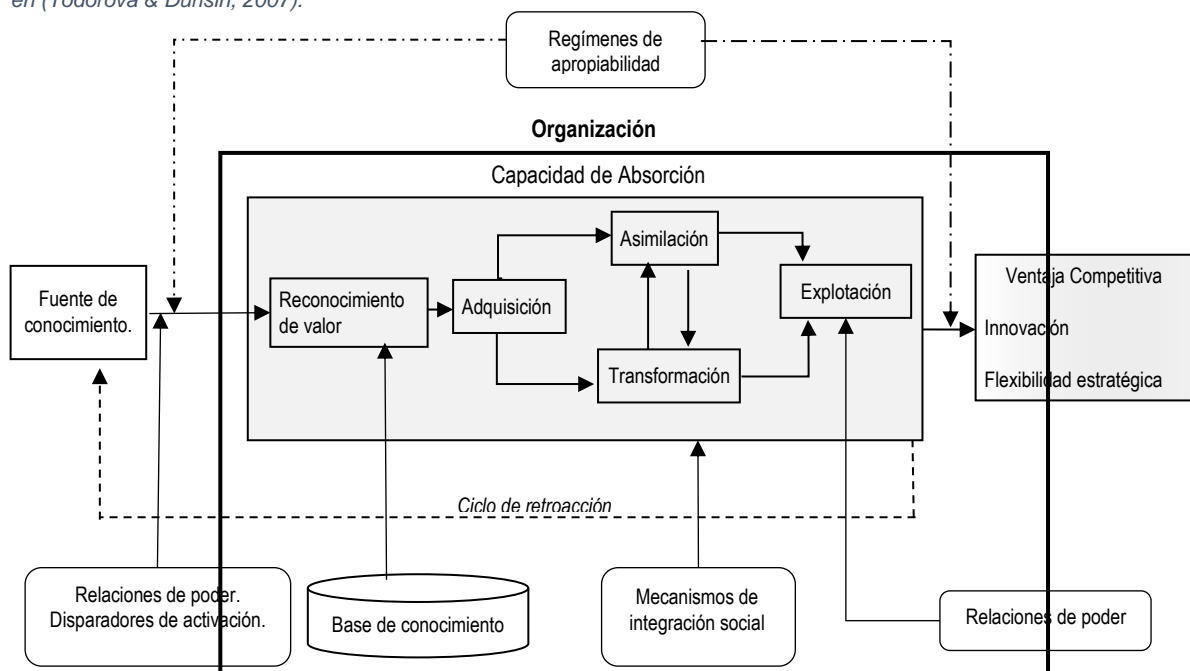


La literatura advierte (Todorova & Durisin, 2007) que los modelos analíticos (Cohen & Levinthal, 1990; Zahra & George, 2002) no describen con propiedad la complejidad de las relaciones de los componentes de la capacidad de absorción que explican su dinámica a través de los procesos de aprendizaje organizacional: exploratorios, transformativos y de explotación (Lane et al., 2006).

El aprendizaje exploratorio corresponde a las rutinas organizacionales de reconocimiento de valor y adquisición de conocimiento externo (Fig.5.5). El aprendizaje de explotación permite a las organizaciones aplicar el conocimiento adquirido y combinarlo con el conocimiento previo.

El aprendizaje transformativo son rutinas organizacionales que vinculan el aprendizaje exploratorio con el aprendizaje de explotación; abarca el mantenimiento, reactivación, conversión y combinación de conocimiento (Layton, 1974) tanto procedimental como declarativo. Dichas rutinas facilitan la transferencia y combinación del conocimiento previo con el conocimiento adquirido (Hevner & Chatterjee, 2010), transformación que se verifica adicionando, eliminando, interpretando y combinando conocimiento.

Fig. 5.5 Modelo de capacidad de absorción con dinámica de retroacción. Fuente: El autor con base en (Todorova & Durisin, 2007).



Nota: La intersección de la línea continua gruesa, que representa la frontera organizacional, con varios de los elementos de la figura está prevista para significar la relación interna y externa (a la organización) de cada uno de tales componentes que son intersectados.

La literatura también muestra la tendencia a la especialización en estudios sobre la capacidad de absorción de tecnologías de información y comunicación (TIC) en particular (Bi & Yu, 2008; Bi, Yu, Chen, & Qi, 2009).

5.4 RESUMEN

La capacidad de absorción es otra expresión dentro de la densa constelación de expresiones que integran los discursos del cambio tecnológico. Este capítulo ha presentado el origen y evolución del constructo a partir de la propuesta del final del siglo XX (Cohen & Levinthal, 1990), pasando por reconceptualizaciones estratégicas (Zahra & George, 2002) que identifican a los componentes de la capacidad de absorción como rutinas organizacionales (Bobrow & Winograd, 1977) agrupadas como capacidad de absorción potencial y capacidad de absorción realizada. Y luego el establecimiento de algunas relaciones con la apropiabilidad del conocimiento (Lane et al., 2006), para finalizar con una nueva reconceptualización del constructo (Todorova & Durisin, 2007) en el que se incluye la dinámica de retroacción.

Se mostró el proceso de consolidación de la capacidad de absorción como campo de investigación, a partir de la literatura (L. A. Leydesdorff, 2011) en cuatro periodos cronológicos (Tabla 5.1):

- (i) periodo de aparición del constructo capacidad de absorción ACAP (1989-2001),
- (ii) periodo de fundamentación conceptual y establecimiento como dominio de investigación (2002-2007),
- (iii) periodo de consolidación, de 2008 a 2013 y,
- (iv) periodo de extensión (2014-actualidad).

REFERENCIAS

- Abad Arango, D. (1973). Tecnología y dependencia. *El Trimestre Económico*, 371-392.
- Bi, X., & Yu, C. (2008). Absorptive capacity of information technology and its conceptual model. *Tsinghua Science & Technology*, 13(3), 337-343.
- Bi, X., Yu, C., Chen, T., & Qi, X. (2009). *Absorptive capacity: Enhancing the absorption of information technology*. Paper presented at the International Conference on Management and Service Science, 2009. MASS'09.
- Blanzieri, E., Giorgini, P., Giunchiglia, F., & Zanoni, C. (2003). *Implicit Culture-based personal agents for knowledge management*. Paper presented at the International Symposium AMKM 2003, Standford, CA, 2003. UJ001.535 I57G.

- Bobrow, D. G., & Winograd, T. (1977). An overview of KRL, a knowledge representation language. *Cognitive Science*, 1(1), 3-45.
- Brynjolfsson, E., Malone, T., & Gurbaxani, V. (1991). Does Information Technology Lead to Smaller Firms? In C. C. S. T. R. MIT (Ed.): MIT.
- Carrère, M. H., Sagasti, F. R., Piñeiro, M. E., Isnar, L. H. P. B., Matlon, P., Cantrell, R., & Sosa, G. (1974). *Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial*. Paper presented at the Seminario sobre Desarrollo Industrial e Integración de los Países Andinos, Mayo, 1971 Washington, DC (EUA).
- Clancey, W. J., Sierhuis, M., Damer, B., & Brodsky, B. (2006). Cognitive modeling of social behaviors. In R. Sun (Ed.), *Cognition and Multi-Agent Interaction UJ001.535 C64* (pp. 151-185). New York, NY 10011-4211: Cambridge University Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 569-596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1994). Fortune favors the prepared firm. *Management Science*, 40(2), 227-251.
- Chang, H., G. (2010). El Modelo de la Triple Hélice como un medio para la vinculación entre la Universidad y la Empresa. *Revista Nacional de Administración*, 1(1), 85-94.
- Diamand, M. Las posibilidades de una técnica nacional en Latinoamérica (el caso argentino). 10-41.
- Easterby-Smith, M., Graca, M., Antonacopoulou, E., & Ferdinand, J. (2005). *Absorptive capacity in practice: an empirical examination of Zahra and George's model*.
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: the Triple Helix of university-industry-government relations. [Versión electrónica]. *Social Science Information*, 42(3), 293-337.
- Fabrizio, K. R. (2009). Absorptive capacity and the search for innovation. *Research policy*, 38(2), 255-267.
- Filgueiras Sainz de Rozas, M. L., Castro Fernández, M., & Rafull Suárez, I. (2013). Determinación de la capacidad de absorción: estudio de caos en la empresa GEYSEL. *Ingeniería Energética*, XXXIV(3), 175-185.
- Filipe, J. (2004). *Information fields in organization modeling using an EDA multi-agent architecture*. Paper presented at the International symposium AMKM 2003, Stanford, CA, March 2003. UJ001. 535 I57G.
- Goldstein, D. (1989). *Bioteología, Universidad y Política*. México: Siglo XXI.
- González, I. (2014). Modelo teórico de capacidad de absorción, innovación organizacional y emprendimiento. *Informe de Investigaciones Educativas*, 27(1), 290-340.
- Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic management journal*, 17(S2), 109-122.
- Gruber, W. H., & Marquis, D. G. (1968). *Research on the human factor in the transfer of technology*. Paper presented at the MIT Conference on the human factor in the transfer of technology.
- Helfat, C. E., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M., Singh, H., Teece, D., & Winter, S. G. (2009). *Dynamic capabilities: Understanding strategic change in organizations*: John Wiley & Sons.

- Hevner, A. R., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems : theory and practice*. New York; London: Springer.
- Jayaraman, V., Bhatti, M. I., & Saber, H. (2004). Towards optimal testing of an hypothesis based on dynamic technology transfer model. *Applied Mathematics and Computation*, 147, 115-129.
- Koen, B. V. (2003). *Disussion of the method: conducting the engineer's approach to problem solving*. New York: Oxford University Press.
- Lane, P. J., Koka, B. R., & Pathak, S. (2006). The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. *Academy of management review*, 31(4), 833-863.
- Layton, E. T. (1974). Technology as knowledge. *Technology & Culture*, 15(1), 31-41.
- Lewin, A. Y., Massini, S., & Peeters, C. (2011). Microfoundations of internal and external absorptive capacity routines. *Organization science*, 22(1), 81-98.
- Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2003). The Triple Helix of university-industry-government relations. *Scientometrics*, 58(2), 191-203.
- Leydesdorff, L. A. (2011). The Triple Helix, Quadruple Helix,..., and an N-tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-based Economy?
- López-Cruz, O. (2004). La investigación como agente de renovación de paradigmas. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 3(1), 53-57.
- López-Cruz, O. (2010). Transferencia de tecnología informática: entorno colombiano. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 9(1), 19-23.
- Lopez-Cruz, O., & Muñoz, V. (2006). Trabajador, Trabajo y Sociedad. Una relación que se complejiza en la interacción. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 5(2), 59-77.
- López-Paniagua, I., Nieto-Carlier, R., Rodríguez-Martín, J., González-Fernández, C., & Jiménez-Álvaro, Á. (2011). Clases prácticas: Una herramienta esencial en la enseñanza de las ingenierías en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. *Dyna*, 86(5), 523-530.
- Maes, P. (1994). Agents that reduce work and information overload. *Communications of the ACM - CACM*, 37(7).
- Marín, A., Laureiro, D., & Forero, C. (2007a). Innovation patterns and intellectual property in SMEs of a developing country. *Galerías de Administración*, 17.
- Marín, A., Laureiro, D., & Forero, C. (2007b). Innovation patterns and intellectual property in SMEs of a developing country: Universidad de Los Andes. Facultad de Administración. School of Management.
- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1997). *Social Capital, Intellectual Capital and the creation of value in firms*. Paper presented at the Academy of Management Proceedings.
- Nishiyama, T., Ikeda, K., & Niwa, T. (2000). *Technology Transfer Macro-Process: A Practical Guide for the Effective Introduction of Technology*. Paper presented at the ICSE 2000.
- Oates, B. J. (2006). *Researching information systems and computing*. London: Sage Publications.
- Pérez, A., & Cruz, J. D. (2007). Agentes racionales. In E. Gonzalez & C. Bustacara (Eds.), *Desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas multiagentes* (pp. 21-30). Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

- Picas Contreras, J. (2003). Tecnociencia y desarrollo: Crítica antropológica a los procesos de transferencia de tecnología al Tercer Mundo. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, 60, 147-159.
- Polya, G. (1981). *Mathematical discovery: On understanding, learning, and teaching problem solving*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive strategy : techniques for analyzing industries and competitors : with a new introduction*. New York: Free Press. Traducción a castellano- Estrategia Competitiva : Técnicas Para El análisis De Los Sectores Industriales y De La Competencia. México D.F.: Compañía Editorial Continental, 1998.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (2006). *The core competence of the corporation*: Springer.
- Ravn, H. F., & Valqui Vidal, R. V. (1986). Operational Research for Developing Countries- A Case of Transfer of Technology. *The Journal of the Operational Research Society*, 37(2), 205-210.
- Reséndiz Nuñez, D. (1987). Transferencia y generación de tecnología en el desarrollo de México a largo plazo. *Comercio Exterior*, 37(12), 1058-1064.
- Rogers, E. M. (2002). The nature of technology transfer. *Science Communication*, 23(3), 323-341.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations, 5th ed.* New York. UJ303.484 R64 2003 Colección alterna No.2: Free Press. N.Y.
- Roulet, E. (1973). Los instrumentos de promoción y control de la transferencia al país de tecnología y su aplicación - El caso Argentino. *Nueva Sociedad*, 8-9(Sept-Dic), 148-173.
- Sábato, J., & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de Integración*, 3.
- Sandroni, P. (1973). Dependencia tecnológica: El caso chileno bajo el prisma de las empresas del area social y mixta. *Nueva Sociedad*, 8-9(Sept-Dic), 71-87.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and corporate change*, 3(3), 537-556.
- Teece, D. J. (1977). Technological transfer by multinational firms: the resource cost of transferring know-how. *Economic Journal*, 87(June), 242-261.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533.
- Tenièrè-Buchot, P. F. (1986). Formulación y ejecución del Programa Nacional de Prospectiva para la Ciencia y la Tecnología. Documento reservado-Informe Técnico-RP/1984-1985/IX.2.2. París.
- Todorova, G., & Durisin, B. (2007). Absorptive capacity: valuing a reconceptualization. *Academy of management review*, 32(3), 774-786.
- Van Elst, L., Dignum, V., & Abecker, A. (2003). *Towards agent-mediated knowledge management*. Paper presented at the International Symposium AMKM 2003, Standford, CA, March, 2003. Agent-mediated knowledge management UJ001.535 I57G.
- Vasco Furtado, J. J., & Ponte Machado, V. (2003). *Improving organizational memory through agents for knowledge discovery in database*. Paper presented at the International Symposium AMKM 2003, Standford, CA, March, 2003. UJ001.535 I57G.

- Vasudeva, G., & Anand, J. (2011). Unpacking absorptive capacity: A study of knowledge utilization from alliance portfolios. *Academy of management Journal*, 54(3), 611-623.
- Vega, J., Gutiérrez, A., & Fernández de Lucio, I. (2007). *An analytical model of absorptive capacity*. Paper presented at the DRUID Summer Conference.
- Vessuri, H. M. C. (1990). O inventamos o erramos: The power of Science in Latinamerica. *World Development - Pergamon Press - Great Britain*, 18(11), 1543-1553.
- Volberda, H. W. (1996). Toward the flexible form: How to remain vital in hipercompetitive environments. *Organization science*, 7(4), 359-374.
- Volberda, H. W., Foss, N. J., & Lyles, M. A. (2009). Absorbing the Concept of Absorptive Capacity: How To Realize Its Potential in the Organization Field.
- Winston, P. H. (1977). *Artificial Intelligence*. Philippines: Addison-Wesley, Publishing Company, Inc.
- Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic management journal*, 21(10-11), 981-996.
- Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of management review*, 27(2), 185-203.
- Zollo, M., & Winter, S. G. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization science*, 13(3), 339-351.

6. RE-DISEÑO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

"There are good reasons to believe that diagrams as models will offer advantages to those who develop them".

Robert L. Flood, Ewart R. Carson. Dealing with complexity: An introduction to the theory and applications of Systems Science, 2nd ed. Plenum Press, New York. 1993. p.51

"Recognizing the need is the primary condition for design".

Charles Eames

"A diagram is an improvement on linear prose as a means on describing connections and relationships. Looking at a map, for example, we can take it as a whole. Our minds can process different parts of it simultaneously, in parallel, whereas prose has to be processed serially, putting much burden on memory if our concern is with relationships".

Peter B. Checkland, Techniques in "soft" systems practice: Part I. System diagrams – Some tentative guidelines. 1979.

La introducción del concepto de rutinas organizacionales como componente del constructo capacidad de absorción (ACAP) es una alternativa para resolver dos situaciones a la vez: la representación del conocimiento organizacional y la forma como dicho conocimiento puede hacerse perdurable en la organización, pese a que el conocimiento es un concepto que se da en el nivel cognitivo individual. Este capítulo presenta un re-diseño del constructo ACAP con la intención de facilitar su implementación computacional en un modelo de simulación.

6.1 RUTINAS ORGANIZACIONALES Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

A partir del momento en el que se identifican las "rutinas organizacionales" como componentes fundamentales de la capacidad de absorción (Cohen & Levinthal, 1990), se vincula la investigación acerca de este constructo con la del concepto de rutinas (Richard R. Nelson & Winter, 1982).

Al comprender 'rutina organizacional' como tendencias que se vinculan a comportamientos previamente adoptados o adquiridos que pueden ser activados por los estímulos o contextos apropiados, se está definiendo esta noción de rutina como estructura generativa, es decir, como capacidad o disposición interna de las organizaciones que permiten dinamizar patrones de comportamiento dentro de un grupo organizado de individuos, involucrando respuestas reactivas a señales (disparadores), que están sujetas al tiempo, no sólo porque se instancien en momentos definidos, sino porque se caracterizan por exhibir durabilidad en el tiempo y, en cierta

medida, tienen la capacidad para replicarse por imitación, movilidad de personas, relevos. Lo anterior, da la posibilidad de transmitir las en el tiempo y la geografía.

En dicha transmisión, las rutinas organizacionales son sujeto de “mutaciones” y permiten retener las habilidades y el conocimiento (Tecuci, 1992). Desde el punto de vista sistémico, las capacidades organizacionales no son reducibles a las capacidades de sus miembros individuales (Bobrow & Winograd, 1977). Las rutinas son el sujeto de la evolución de las organizaciones. En ese proceso evolutivo, las rutinas y las competencias son las unidades de selección (Kan, 2002).

Independientemente de si se entienden las rutinas organizacionales como:

- (i) patrones repetidos de comportamiento o patrones recurrentes de interacción para realizar actividades a la escala organizacional, que varían con cambios en las condiciones del entorno,
- (ii) conjuntos de reglas o procedimientos operativos estándar o
- (iii) tendencias que se vinculan a comportamientos previamente adoptados o adquiridos que pueden ser activados por los estímulos o contextos apropiados.

las rutinas cambian con base en una retención selectiva basada en sus desempeños específicos. Además, el desempeño de las rutinas es influenciado por normas y valores que pueden ser compartidos o no entre sectores de la economía o sociedades. Sin embargo, aún no se ha descrito la forma como tales factores afectan el desempeño de las rutinas (Fitzgerald, Russo, & O’Kane, 2000).

Desde la segunda corriente de definiciones, las rutinas organizacionales son disposiciones socialmente transmitidas y que se forman por medio de patrones repetidos de comportamientos (Bobrow & Winograd, 1977).

6.2 CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO Y SU TRANSMISIÓN

Aunque exista oferta de conocimiento tecnológico en un entorno organizacional, su aprovechamiento sólo se verifica si una o más organizaciones del entorno están en capacidad efectiva de absorberlo. Puesto que de la tecnología lo que es de interés prioritario en este estudio no es el artefacto materializado, sino el conocimiento integrado al artefacto (Mokyr, 2003, 2005), cabe la pregunta por la forma como se debe proceder para que las TIC disponibles en el mercado sean “aprovechadas” por las organizaciones, esto es, que la utilización de TIC genere mejoras en la eficiencia y calidad de los procesos organizacionales. La respuesta no sólo

se requiere en el contexto de los países desarrollados, sino que además es apremiante en los países subdesarrollados (COSO II, 2005; Taylor, 1985).

Puesto que la capacidad de absorción es el constructo que permite conceptualizar la posibilidad efectiva de aprovechar el conocimiento externo, como instrumento de configuración, es de interés la modelización de las rutinas organizacionales para prescribir la capacidad de absorción en las organizaciones.

Dado que el agente es un explorador y un creador, más que un maximizador (Tecuci, 1992), y que ni las interacciones entre las organizaciones ni las interacciones internas entre los componentes de una organización no son reducibles, no se dan las dos condiciones para la aplicación del principio analítico:

- (i) No existencia de interacciones entre partes, o que dichas interacciones sean tan débiles que pueden obviarse y
- (ii) linealidad (Bertalanffy, 1976).

Este principio epistemológico valida la aplicación de un sistema basado en agentes para verificar organizaciones emergentes (Jensen, 1993), como “arreglo de relaciones entre componentes o individuos que producen una unidad, o sistema, dotada con cualidades que no aparecen en el nivel de los componentes o individuos” (COSO I, 1997).

Así, para evitar la cosificación de la capacidad de absorción (Lane, Koka, & Pathak, 2006) e incluir las relaciones emergentes de las organizaciones con el entorno, que es de donde proviene el flujo de conocimiento tecnológico, modelar la capacidad de absorción a partir de un sistema basado en agentes podría permitir capturar y generar la evolución permanente de esta dimensión organizacional.

6.3 CONOCIMIENTO E INFORMACIÓN EN LA ORGANIZACIÓN

El conocimiento se distingue de la información porque el primero sólo puede ser obtenido por medio de procesos de cognición e interpretación (Tecuci, 1992). Las organizaciones que aprenden obtienen el conocimiento por la vía del ‘aprendizaje adaptativo’ –para asumir los cambios del entorno pero sin hacer cambios significativos en su modelo mental (paradigmas)- y vía aprendizaje generativo – que es creativo y produce cambios significativos en el modelo mental de la organización (Graham, 1979). No obstante, los procesos cognitivos sólo pueden suceder en los individuos.

Las rutinas organizacionales son la forma como los procesos cognitivos que ocurren en el nivel de los individuos conforman conocimiento en el nivel

organizacional. Cabe observar que, en primer lugar, el conocimiento de la organización se verifica en relación con las estructuras y rutinas organizacionales y, en segundo lugar, el conocimiento de la organización no se deriva de la información disponible para algún miembro particular de la organización, sino que emerge como una propiedad del sistema de aprendizaje y es moldeado por la interacción entre procesos de aprendizaje que constituyen la organización (Brachman & Schmolze, 1985; Tecuci, 1992).

Se han identificado dos formas de conocimiento en la organización: el conocimiento explícito y el conocimiento tácito (Nonaka & Takeuchi, 1995). El primero es aquel que se expresa en forma codificada, estructurada y puede ser almacenada y distribuida, en tanto que el segundo es del dominio personal en el sentido de que dicho conocimiento puede proceder de la experiencia individual, que incluye aspectos culturales como las creencias y los valores, que resultan de dificultosa codificación y, por consiguiente, almacenamiento y distribución.

El conocimiento tácito se incorpora parcialmente en hábitos y rutinas organizacionales, lo que lo hace irreducible a información (Tecuci, 1992) y, por consiguiente, no puede ser transmitido en forma codificada. Todos los agentes económicos dependen del conocimiento tácito (Bareiss, Porter, & Murray, 1989; Tecuci, 1992) al cual se supeditan todas las habilidades y decisiones.

Es tentador considerar la transformación del conocimiento tácito en conocimiento explícito como una materia de procesar datos obtenidos a partir de instrumentos cualitativos o de otras técnicas. No obstante, el conocimiento tácito es tal, no por falta de documentación, sino porque no puede ser verbalmente expresado de una forma que sea haga comunicable ni puede ser reducible a un procesamiento lógico. Como consecuencia de esto, ese conocimiento no puede ser formalizado o representado de forma simbólica, lo cual tiene como consecuencia que no puede ser aprendido por comunicación sino que de ser adquirido sólo puede serlo por vía de la práctica (Polanyi, 2012). El conocimiento tácito habilita la capacidad propia de los humanos para ejecutar una actividad que se aprende actualizando la capacidad como parte de la actividad misma. Por eso, la abstracción está principalmente basada en conocimiento tácito y por eso no es sujeto de especificación lógica (Polanyi, 2012). De aquí que la representación del conocimiento tiene limitaciones.

En esta investigación, se recurre a la referencia de conocimiento dentro de la ACAP como el resultado del acopio y utilización de rutinas organizacionales. Cada rutina organizacional no es el conocimiento, pero es la base del conocimiento. El conjunto de rutinas organizacionales que

componen la ACAP no es el conocimiento sino la base de conocimiento. Dicho en otras palabras, son las bases sobre las cuales se desarrolla la capacidad de realización de una actividad que evidencia conocimiento en la acción. Esto para que la expresión 'base de conocimiento' no sea interpretada como una 'base de datos' de rutinas de conocimiento. Y es en este sentido que las interacciones de la organización con su ambiente exige una representación variable, cambiante en el tiempo. Lo anterior implica el conocimiento de la organización no consiste en que un único individuo 'tenga acceso' a la totalidad de las rutinas organizacionales, o que las rutinas organizacionales sean copiadas de un individuo a otro, sino que se verifican por procesos de comunicación, que no de transmisión.

Así, el conocimiento organizacional se verifica en cuanto que exista interacción entre los componentes de la organización y dicha interacción se verifica estructuralmente desde un nodo organizacional a través de una red compleja a los demás nodos organizacionales y también con el entorno, de forma similar a como sucede en la creación de estructuras de innovación (López-Cruz & Obregón Neira, 2015), lo cual habilita la transferencia de conocimiento.

En consecuencia, la transmisión inter-temporal del conocimiento tácito de la organización depende de la permanencia de las rutinas organizacionales, pero también de su posibilidad de actualizarse (o complementarse). Las organizaciones requieren de un mecanismo que conserve y, a la vez, permita desplegar el conocimiento en el tiempo. Dicho mecanismo ya había sido sugerido desde inicios del siglo XX (Rich & Knight, 1991; Veblen, 1898) y de nuevo casi ochenta años después (Bobrow & Winograd, 1977) y son las rutinas organizacionales (Tecuci, 1992).

6.4 (RE) DISEÑO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (ACAP)

La capacidad de absorción (ACAP) es un constructo complejo. En primer lugar, es una de las capacidades dinámicas (Eisenhardt & Martin, 2000; Teece & Pisano, 1994) de una organización (Fig. 6.1). La ACAP se encuentra integrada por distintos componentes que interactúan entre sí y que permiten la interacción de la organización con el entorno.

El entorno de la organización (en la Fig. 6.1 el contorno rectangular más grueso), desde la perspectiva de la ACAP, no es sólo el conocimiento externo y no es cierto que puede ser tomado arbitrariamente o a libre albedrío de los individuos de una organización. Existen barreras (Fig. 6.1) que previenen o facilitan el acceso al conocimiento. Estas barreras, más allá de las consideraciones culturales del idioma o las costumbres, provienen de

los incentivos para I+D como los regímenes de apropiabilidad, la oportunidad tecnológica y el presupuesto externo (a la organización) para I+D.

Los regímenes de apropiabilidad (fig. 6.1), es decir los factores externos a una organización que gobiernan la posibilidad de que los beneficios resultantes de una innovación producida por la misma organización sean capturados por ella y no por otra organización, están asociados a los mecanismos legales de propiedad intelectual y a la naturaleza específica de la tecnología.

La oportunidad tecnológica (Fig. 6.1) son las variaciones exógenas en el costo y la dificultad de la innovación en un área tecnológica (Jaffe, 1986, p.984). El nivel de oportunidad tecnológica puede ser medido (Molero & Buesa, 1996; Richard R Nelson, 1981) a través de los gastos en I+D más las importaciones de tecnología no incorporada.

El presupuesto para I+D, externo a la organización, es el tercero de los elementos que representa una barrera para acceder al conocimiento del entorno (Fig. 6.1).

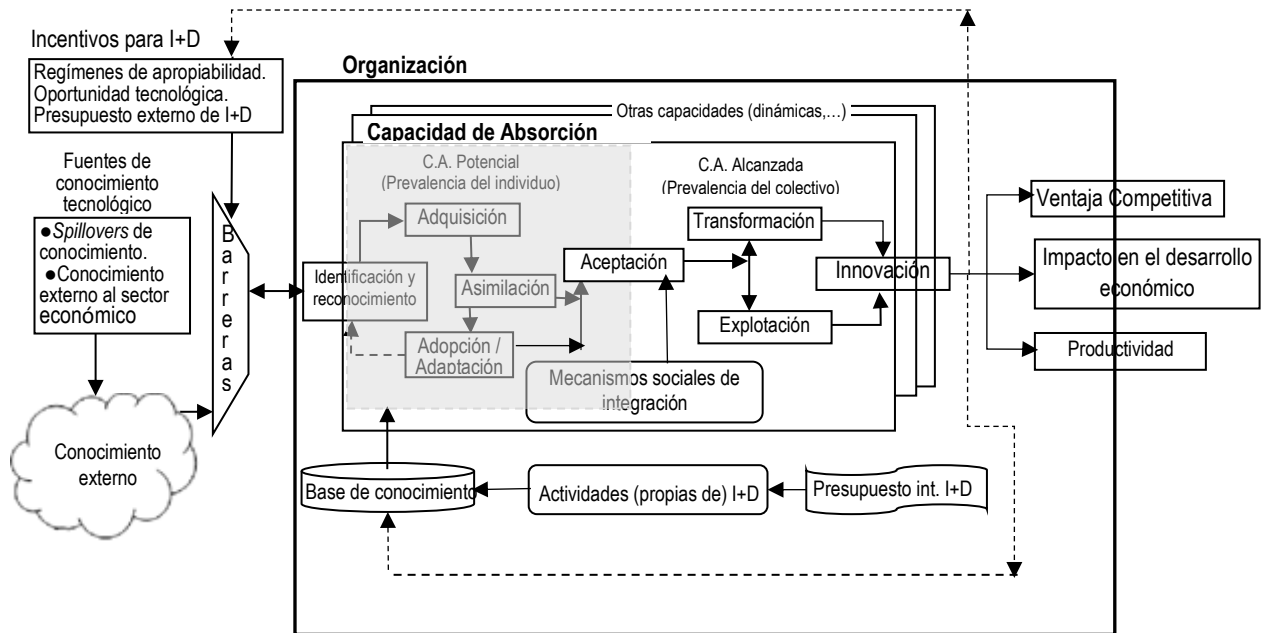
El conocimiento externo disponible (en el entorno organizacional) puede ser originado fuera del sector económico en donde la organización desarrolla sus actividades, en *spillovers* de conocimiento y, por supuesto, no sólo conocimiento generado en otras organizaciones, sino desde la misma organización.

Las organizaciones están expuestas a conocimiento en un entorno con las características anteriores. Ahora bien, la organización cuenta con una base de conocimiento que se nutre de sus actividades propias de I+D, sostenibles usualmente a partir del presupuesto interno de I+D (Fig. 6.1) así como de los resultados de la transformación interna de conocimiento, y las capacidades dinámicas, entre las que se encuentra la capacidad de absorción (ACAP), que se desarrolla en dos (2) niveles: el nivel de la Capacidad de Absorción Potencial (PACAP) en donde prevalece la acción individual y el nivel de Capacidad de Absorción Alcanzada (AACAP), en donde prevalece la acción colectiva organizacional.

Los mecanismos sociales de integración inciden sobre las rutinas de aceptación tecnológica, que es uno de los componentes de ACAP. Pero, en general, la obtención de conocimiento empieza en el componente de identificación y reconocimiento del valor del conocimiento del entorno. Las rutinas de este componente evolucionan con base en la detección del conocimiento y con el proceso de retroacción (*feedback*) del componente de adopción/adaptación tecnológica. A partir de las acciones del componente de identificación y reconocimiento se activa el componente de adquisición, que da lugar al componente de asimilación y a su vez al componente de

adopción/adaptación, previamente mencionado. Cuando toman lugar los componentes de asimilación y de adopción/adaptación, tiene lugar el componente de aceptación, que se encuentra en la zona de transición (Fig. 6.1) entre PACAP y AACAP.

Fig. 6.1 Modelo conceptual de la capacidad de absorción y su contexto. Fuente: el autor.



Nota: La línea continua gruesa representa la frontera organizacional. Más que una muralla infranqueable, en esta representación la frontera representa la interacción entre la organización misma y su entorno, por lo que es importante que algunos componentes son "intersectados" por la frontera, con lo cual se quiere expresar que no sólo son elementos organizacionales, sino que además son componentes que inciden con el entorno como son: (i) ventaja competitiva, (ii) impacto en el desarrollo económico y (iii) productividad.

Además, la representación de la frontera permite distinguir los ámbitos de los ciclos de retroacción de esta propuesta del diseño del constructo.

Dentro del presente diseño de la Capacidad de Absorción (ACAP), conviene distinguir dos "zonas distintas" de acción: la primera, la zona de capacidad de absorción potencial (PACAP) y la zona de capacidad de absorción alcanzada (AACAP) que podrían ampliar la comprensión y desarrollo de la interrelación entre la TT y la capacidad de absorción (Fig. 3.5) como se ha presentado en el capítulo 3.

La zona de PACAP se refiere a que la organización dispone de un desarrollo de su capacidad de absorción de conocimiento tecnológico, es decir cuenta con rutinas organizacionales para la identificación de conocimiento en el entorno y reconocimiento de su potencial utilidad (de acuerdo con la base de conocimiento disponible); también cuenta con rutinas que permiten la adquisición tecnológica, asimilación tecnológica, adopción tecnológica y adaptación de la misma a los propósitos de la organización, tal como se

desarrolló en el capítulo 3; posiblemente no hay aún rutinas suficientes para alcanzar el consentimiento de los usuarios para el uso de una nueva tecnología con base en los estímulos externos.

Es decir, aunque se desarrollen actividades que empiezan a incorporar una tecnología a las actividades organizacionales, y por tanto potencialmente se puede llegar a sacar provecho de ellas, aún no se llega a conducir acciones concretas que generen beneficios a la organización. Por esto es una capacidad de absorción potencial (PACAP) y aún no se ha alcanzado el nivel que permite que la organización se beneficie del conocimiento tecnológico incorporado. Por esto, los mecanismos sociales de integración pueden actuar como catalizadores del desarrollo del conocimiento apropiado para que se complete un proceso suficiente de aceptación tecnológica, de manera que se pueda llegar a transformar el conocimiento tecnológico mismo y sacarle provecho en el contexto propio de la organización (explotación del conocimiento tecnológico).

La frontera entre PACAP y AACAP es más de orden conceptual en cuanto que se depende de una adecuada aceptación tecnológica, pero el logro de dicha aceptación no garantiza el alcance de la explotación tecnológica.

Los componentes relacionados con AACAP, resultan de los procesos adecuados de aceptación tecnológica. Con el cual, es posible que los componentes de transformación y explotación del conocimiento tomen lugar. Estos dos últimos componentes anteceden –deben existir– para que el componente de innovación de este diseño de constructo de ACAP tome lugar. La innovación, por definición (OECD-Eurostat, 2006) depende de la realización del nuevo producto en el mercado. Por esto, no sólo tiene un impacto en el desarrollo económico y, eventualmente en la ventaja competitiva de la organización frente a otras organizaciones de su entorno y facilita un incremento en la productividad de la organización. Los resultados de la innovación generan un segundo ciclo de retroacción que tiene un efecto interno y otro externo a la organización. Interno sobre la base de conocimiento y en el orden externo sobre el acervo de conocimiento disponible.

Dos ciclos de retroacción (*feedback*) se originan en la innovación: (i) Uno externo (flecha punteada que se dirige hacia la parte superior en la Fig. 6.1) que representa que los resultados de innovación de la organización entran a hacer parte del acervo de incentivos para I+D, vía los regímenes de apropiabilidad. (ii) Uno interno que representa el enriquecimiento de la base de conocimiento organizacional a partir de las propias innovaciones. Un tercer ciclo de retroacción (*feedback*) es propio de la capacidad de absorción potencial, entre las rutinas de ‘identificación y reconocimiento’, la adquisición, la asimilación y la ‘adopción/adaptación’.

Este re-diseño del constructo ACAP es un aporte para facilitar la implementación de modelos de simulación computacional. En síntesis, en este modelo del constructo se reconocen tres ciclos de retroacción que aparecen como ejes dirigidos punteados que fluyen de derecha a izquierda (Fig. 6.1), representando distintos elementos de conocimiento que inciden sobre la misma capacidad de absorción (como el eje dirigido entre la adopción/adaptación y la identificación y reconocimiento), o al interior de la misma organización (como el eje dirigido entre la innovación y la base de conocimiento) o la organización y su entorno (como el eje dirigido entre la innovación y los incentivos para I+D).

6.5 DISEÑO DE RUTINAS ORGANIZACIONALES Y SU ROL EN ACAP

Las rutinas organizacionales son el componente básico del comportamiento organizacional, por tanto los cambios organizacionales, y el repositorio de las capacidades organizacionales y puede ayudar a comprender cómo funcionan las organizaciones y la economía (Gao, 2014).

Las rutinas organizacionales son reacciones no planeadas, por consiguiente relativamente estables y son seguidas en forma pasiva por los actores involucrados (March & Simon, 1958, Cyhert & March, 1963; Carley & Lin, 2007).

Desde su estructura, pueden ser comprendidas como patrones predecibles de comportamiento (Nelson & Winter, 1982) y como gramáticas (Pentland & Reuter, 1994) puesto que pueden ser un conjunto de reglas de producción de secuencias de acción, lo que permite que sean patrones flexibles o capacidades de comportamiento almacenadas.

Los aspectos temporales de una rutina se pueden diseñar dividiendo el concepto de rutina en sus componentes: periodicidad, temporalidad y secuencia, que permiten capturar la trayectoria de la ejecución. No obstante, no son buenos descriptores del componente de actividad de la rutina. El esquema disposición-procedimiento-secuencia podría representar mejor el concepto de rutina (Southerton, 2013).

Hechas estas consideraciones, como también la conceptualización realizada en la sección 4.5, las rutinas organizacionales se implementan como una secuencia de tareas, en las que las tareas son unidades atómicas que están relacionadas entre sí por la disposición a la que pertenece.

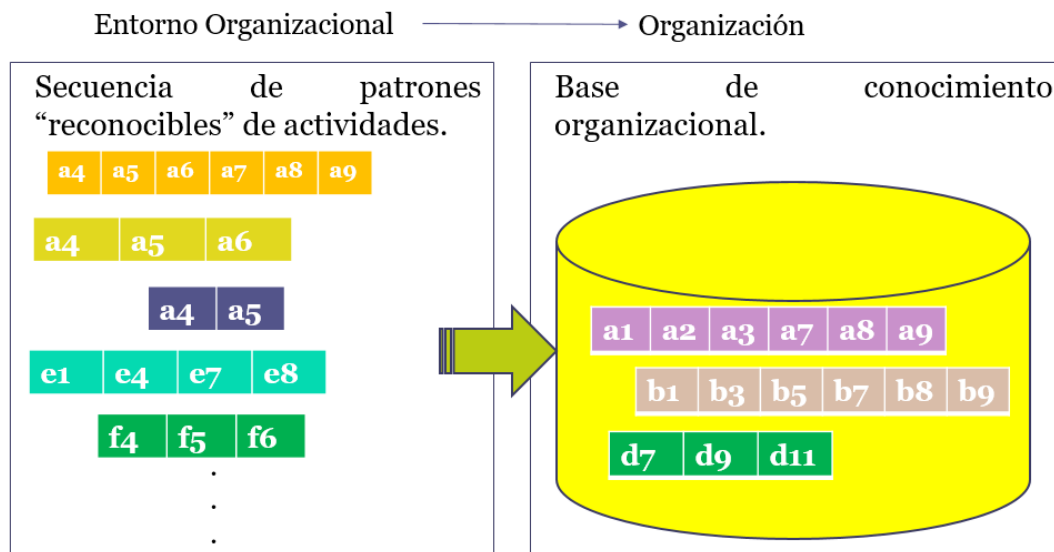
Una tarea se identifica con una letra, para conocer a cual rutina o familia de rutinas está asociada (no son los mismo tareas operativas que tareas administrativas) y con un número que indica la mejor ubicación de la tarea dentro de la disposición. Por ejemplo, la tarea j4 se refiere a una tarea del

tipo o disposición “j” y que debe estar secuencialmente después de 1, 2 y 3, pero en todo caso de 5 y todas las que le suceden.

Puesto que las rutinas organizacionales representan el conocimiento de valor para las organizaciones, éstas son las que son transferidas, conservadas o almacenadas y son exhibidas por las personas (know-how) o incorporadas a los artefactos tecnológicos. No obstante, en un tiempo específico t_i un artefacto tecnológico o un individuo no dispone de la capacidad para realizar la disposición completa de una rutina organizacional, sino que cuenta con una o más partes (tareas) de una o más disposiciones de rutinas organizacionales.

En caso de que en el acervo organizacional no se cuente con la capacidad para realizar una rutina organizacional por ausencia total o parcial de tareas, entonces estas deben desarrollarse o adquirirse. Es decir, deben pasar del entorno organizacional a la base de conocimiento organizacional (Fig. 6.2).

Fig. 6.2 Esquema de conocimiento en forma de rutinas organizacionales y su transferencia a la organización. Fuente: el autor.



En el entorno organizacional pueden haber distintas disposiciones identificadas con las letras a, e y f (fig.6.2) que difieren en la secuencia. Por ejemplo, la disposición a4-a5-a6 es distinta que la disposición a4-a5 (parte izquierda de la fig. 6.2).

La demanda de una u otra secuencia por parte de la organización (parte derecha de la fig. 6.2) depende de las tareas que la organización no tenga en su base de conocimiento.

Ahora bien, cada una de las disposiciones tiene un tiempo de vida, que es fijado inicialmente por un parámetro del programa, pero que se puede reforzar por el uso y por tanto persiste en la organización más que aquellas

disposiciones que no son usadas. La temporalidad, por tanto, no está asociada a aspectos de “tiempos y movimientos”, sino de la capacidad para perdurar, lo cual tiene que ver con los aspectos evolutivos.

6.6 DISEÑO DE CARACTERÍSTICAS EVOLUTIVAS DE LAS RUTINAS ORGANIZACIONALES

Un sistema es endógenamente evolutivo sí y solo si el sistema exhibe: (1) variación, (2) replicación y (3) retención diferencial basada en selección (Dennett, 1995; Dickson, 2003). Para que haya selección en un sistema que está sujeto a fuerzas evolutivas continuas, es decir para que discrimine en favor de unas características sobre otras, se requiere de un mecanismo equivalente al genotipo que permite discriminar entre organizaciones, que fija o restringe el fenotipo. En esta investigación el mecanismo establecido son las rutinas organizacionales (Tecuci, 1992), como ya había sido sugerido desde inicios del siglo XX (Rich & Knight, 1991; Veblen, 1898) y de nuevo casi ochenta años después (Bobrow & Winograd, 1977).

El macroalgoritmo que gobierna a los sistemas evolutivos podría expresarse así:

On population Do forever

```
novelties[ ] := Blind_Variation (population);
```

```
Select (novelties[ ])
```

Od

Entendiendo por ‘population’ a la “población” integrada por todos los componentes del sistema, se desarrolla un mecanismo de generación de variación (sobre la población de rutinas organizacionales), cuyas novedades se identifican en la variable ‘*novelties*’, que después es sometida al proceso de selección de aquellas variaciones que serán preservadas (aquí el mecanismo es compartido entre las decisiones de la organización y, por supuesto, el entorno. El mecanismo de preservación (en este caso) es la modificación de la rutina organizacional, lo cual permite propagar la variación seleccionada.

Así, mientras que el criterio que se espera de los usuarios de la “organización” es que enfoquen su aprendizaje y recursos en la mejora de procesos particulares que están incompletos o ineficientes (Dickson, 2003), la “racionalidad” que gobierna a las rutinas organizacionales es que la temporalidad, como primer criterio, hará que desaparezcan las menos usadas. Pero luego de esto queda la forma como la eliminación selectiva de las rutinas se implementa.

Esto se logra en la conjunción del uso de las rutinas y la complementación de las rutinas que se encuentran en la base de conocimiento de la organización. Puesto que las rutinas son implementadas como disposiciones de tareas, las rutinas que se van complementando con más éxito, son más usadas, y por tanto las formas de saber-hacer que simulan se perennizan a expensa de las que no están completas y por tanto menos usadas (Campbell, 1987). Puesto que la variación se genera al azar en el entorno modelado por el programa de simulación, con los flujos de conocimiento en términos de los artefactos y de las personas, la implementación de la retención de unas rutinas sobre otras complementan el algoritmo evolutivo.

Como es de esperar, no es una característica inherente a las rutinas organizacionales por sí mismas, como tampoco a los efectos directos del entorno cambiante (de la organización representada por el punto cuasi-estático en el programa) la retención diferencial basada en selección, sino de la interacción entre las decisiones del usuario y la configuración de la base de conocimiento conformada por las rutinas organizacionales con las que cuenta la organización. Las mutaciones suceden por efectos de la incompletitud inicial y complementación progresiva de las rutinas organizacionales que podrían darse en virtud de las decisiones del usuario que está permanentemente decidiendo la combinación de conocimiento incorporado en artefactos y conocimiento en personas más adecuado para su fines, lo cual no es un resultado óptimo ni determinista, sino que es una decisión que se toma en el entorno de la incertidumbre del usuario en el entorno cambiante.

6.7 RESUMEN

Se ha presentado el concepto de rutina organizacional como componente del constructo capacidad de absorción (ACAP) y se ha aportado un re-diseño de dicho constructo en donde el protagonista es el flujo de conocimiento. En este modelamiento se reconocen dos ciclos de retroacción: Un ciclo de retroacción entre la organización y su entorno, en el que el conocimiento que es identificado, reconocido y, finalmente, transformado y aprovechado por la organización, se renueva (Fig. 6.2) y fluye hacia el entorno. Un segundo ciclo de retroacción, interno a la organización, se verifica cuando desde la base de conocimiento, que sustenta la capacidad de absorción potencial, también es finalmente transformado y aprovechado, retornando a la base de conocimiento renovado. Cada uno de los componentes está fundamentado en rutinas organizacionales que pueden permitir la implementación de la dinámica evolutiva de las rutinas y los aspectos ostensivos y performativos de las mismas.

REFERENCIAS

- Bareiss, E. R., Porter, B. W., & Murray, K. S. (1989). Supporting strat-to-finish development of knowledge bases. *Machine Learning*, 4, 259-283.
- Bertalanffy, L. v. (1976). *Teoría general de los sistemas : fundamentos, desarrollo, aplicaciones* (Vol. Primera edición en español (FCE,México) 1976, Primera reimpresión (FCE, Colombia) 1994.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Bobrow, D. G., & Winograd, T. (1977). An overview of KRL, a knowledge representation language. *Cognitive Science*, 1(1), 3-45.
- Brachman, R. J., & Schmoleze, J. G. (1985). An overview of the KL-ONE knowledge representation system. *Cognitive Science*, 9, 171-216.
- Campbell, D. T. (1987). Evolutionary Epistemology. In G. B. Radnitky, W.W. III (Ed.), *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge* (Vol. Open Court Publishing, pp. 47-89). LaSalle, IL: Open Court.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- COSO I. (1997). *Control interno : Estructura Conceptual Integrada - Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*. Bogotá: ECOE.
- COSO II. (2005). *Control interno : Informe COSO - Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*. Bogotá: ECOE.
- Dennett, D. C. (1995). Darwin's dangerous idea. *The Sciences*, 35(3), 34-40.
- Dickson, P. R. (2003). The pigeon breeders' cup: a selection on selection theory of economic evolution. *Journal of Evolutionary Economics*, 13(3), 259-280.
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they. *Strategic management journal*, 21(1), 1105-1121.
- Fitzgerald, B., Russo, N., & O'Kane, T. (2000). An empirical study of system development method tailoring in practice. *ECIS 2000 Proceedings*, 4.
- Graham, N. (1979). *Artificial Intelligence Making machines "think"*. Blue Ridge Summit, PA 17214: Tab Books Inc.
- Jaffe, A. B. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value: national bureau of economic research Cambridge, Mass., USA.
- Jensen, M. C. (1993). The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control systems. *the Journal of Finance*, 48(3), 831-880.
- Kan, S. H. (2002). *Metrics and models in software quality engineering*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Lane, P. J., Koka, B. R., & Pathak, S. (2006). The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. *Academy of management review*, 31(4), 833-863.
- López-Cruz, O., & Obregón Neira, N. O., N. (2015). A network based methodology to reveal patterns in knowledge transfer. *International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia*, 3(5), 67-76.
- Mokyr, J. (2003). *Long-term economic growth and the history of technology*: Northwestern University.
- Mokyr, J. (2005). Long-term economic growth and the history of technology. *Handbook of economic growth*, 1, 1113-1180.

- Molero, J., & Buesa, M. (1996). *Innovatory activity in Spanish firms: regular versus occasional patterns*. Paper presented at the International Conference on Management and New Technologies. TSER, <http://meritbbs.unimaas.nl/tser/tser.html>, Madrid, 12-14 de Junio 1996.
- Nelson, R. R. (1981). Research on productivity growth and productivity differences: dead ends and new departures. *Journal of Economic Literature*, 19(3), 1029-1064.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company : how Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.
- OECD-Eurostat. (2006). *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3a ed.* . Traducción española: Grupo Tragsa. Empresa de Transformación Agraria S.A.
- Polanyi, M. (2012). *Personal knowledge - Towards a Post critical Philosophy*. London: Routledge (Routledge & Kegan Paul Ltd). First Published, 1958.
- Rich, E., & Knight, K. (1991). *Introduction to artificial intelligence*. New York: Mc Graw-Hill.
- Southerton, D. (2013). Habits, routines and temporalities of consumption: From individual behaviours to the reproduction of everyday practices. *Time & Society*, 22(3), 335-355.
- Taylor, F. W. (1985). *Principios de la administracion cientifica*. Mexico: Herrero Hermanos.
- Tecuci, G. (1992). *Cooperation in knowledge base refinement*. Paper presented at the Machine Learning: Proceedings of the Ninth International Conference ML92.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and corporate change*, 3(3), 537-556.
- Veblen, T. (1898). Why is economics not an evolutionary science? *The Quarterly Journal of Economics*, 12(4), 373-397.

7. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

"What I cannot create, I do not understand"

Richard Feynman (Hawking, 2001)

"The ultimate goal of computer science and programming: the art of designing artefacts to solve intricate problems. Some call it the art of constructive thinking".

(Niklaus Wirth, Opening keynote address. Proceedings 7th annual SIGCSE Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education, 24-28 June, Aarhus, Denmark, 2002).

"The ultimate goal of computer science is to provide good computer software (sometime, computer systems) that would help activities of human beings. This is also true for knowledge discovery".

(Watanabe, 2001 p.137)

Este capítulo hace parte del ciclo de diseño, presenta el modelo conceptual de la ACAP en relación con el conocimiento tecnológico de una organización. Además, muestra los pasos de construcción e implementación del modelo y presenta al modelo mismo, una vez implementado en el entorno de programación.

7.1 MODELO DE SIMULACIÓN

La simulación es una forma particular de comprender fenómenos sociales que resulta útil cuando la recolección de datos es costosa, cuando tiene relaciones beneficio-costos inapropiadas o cuando hay una gran cantidad de condiciones que deben ser probadas (Barjis, Verbraeck, & Gonzalez, 2010). De las cinco funciones principales que se resaltan de la simulación (Kleiboer, 1997):

- Herramienta para el diseño de sistemas de soporte a la toma de decisiones.
- Herramienta de investigación.
- Método personal de selección.
- Método de planeación.
- Instrumento de entrenamiento.

Las dos primeras funciones son las de mayor utilidad en esta investigación, puesto que permite la estructuración de condiciones que asocian eventos con efectos. Estructuración es la codificación de conocimiento en un dominio como función de la infraestructura representacional usada para expresar el conocimiento (Wilensky & Rand, 2015).

Las reglas condicionales de la implicación gobernadas por la lógica matemática, exigen que el antecedente sea conocido para que el consecuente pueda llegar a tener un valor de verdad (Tabla 7.1).

Tabla 7.1 Tabla de verdad del condicional o implicación

p	q	$p \rightarrow q$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	F

Pero cuando el antecedente no es conocido, no es suficientemente conocido o no es conocido con anticipación al consecuente, la regla establecida (Tabla 7.1) no es aplicable. Esta situación obliga a un cambio de la estructuración de un dominio en otro, lo cual genera un cambio en la estructura representacional. A este cambio en la estructura representacional es a lo que se llama reestructuración (Wilensky & Rand, 2015). Puesto que se requiere abordar una realidad que no es escrutable por medios analíticos, es decir, que no cumple con las dos condiciones de aplicabilidad de los métodos sistemáticos (Bertalanffy, 1976) de:

- (i) la posibilidad de obviar las interacciones entre los componentes y
- (ii) que la descripción del comportamiento de tales componentes no cumpla con los requisitos de linealidad,

entonces se está ante la necesidad de reestructurar el abordaje de esa realidad, que es a la que se le llama la realidad compleja.

Dicha reestructuración es la aproximación a la realidad desde la visión de la complejidad, que exige una visión sistémica (López-Cruz, 2002). Más que una visión de conjunto, la perspectiva sistémica es una percepción de la realidad como una sola entidad, pero a la vez integrada por componentes que son a la vez distinguibles e interactuantes.

Esta investigación está tangencialmente relacionada con las tecnologías de información, no sólo porque las usa, sino porque mediante el diseño de una de ellas busca experimentar el proceso de aprovechamiento de conocimiento. Es Los tipos de artefactos que pueden resultar en procesos de investigación relacionados con tecnologías de información son:

- constructos,
- modelos (combinaciones de constructos que representan una situación y son usadas para ayudar a entender un problema y desarrollar una solución; por ejemplo, un diagrama de flujo),
- métodos,
- instanciaciones (March & Smith, 1995).

El modelamiento basado en agentes es un medio que puede ayudar a comprender la realidad en la que los componentes que la integran son lo que son en virtud de sus interacciones. Esta forma de modelamiento permite la comprensión de estos sistemas sociales y facilita el desarrollo de artefactos de ingeniería para transformar situaciones de esa realidad (Wilensky & Rand, 2015). Los modelos basados en agentes pueden describir más fácilmente los sistemas con componentes altamente interactuantes que los modelos con aproximaciones analíticas a través del uso de sistemas de ecuaciones diferenciales o ecuaciones de diferencia.

La modelación a través de sistemas basados en agentes es más natural cuando (North & Macal, 2007):

- Es importante que los agentes adapten y cambien su comportamiento.
- Es importante que los agentes aprendan y se involucren en comportamientos dinámicos.
- Se busca identificar o generar comportamientos en el macro-nivel a partir del micro-nivel (emergencia).
- Es importante el aprendizaje al nivel organizacional.
- Los cambios estructurales de los procesos son el resultado del modelo y no una entrada al modelo.
- Es importante que los agentes tengan relaciones dinámicas con otros agentes.
- Escalar a niveles arbitrarios es importante.
- El pasado no necesariamente es predictor del futuro.
- Hay una representación como agente que puede ser definida discretamente.

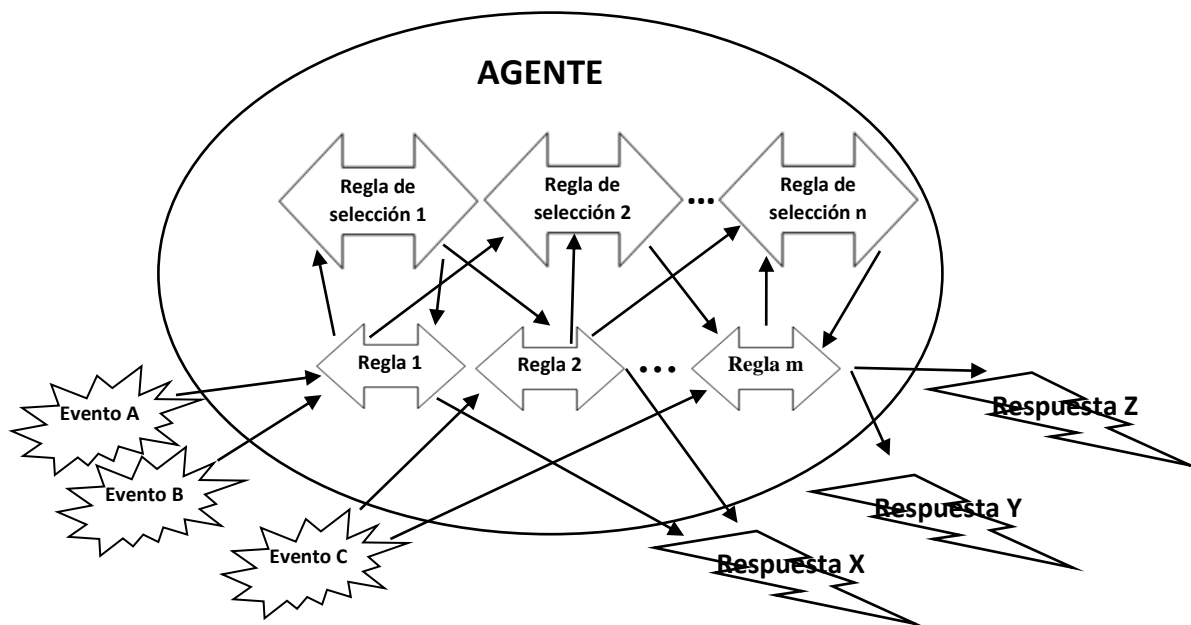
Las características de comportamiento de los agentes se pueden describir a través de las reglas (Fig. 7.1):

- Reglas de decisión para seleccionar acciones,
- Capacidades de adaptación para aprender de la experiencia.
- Capacidades de percepción para sentir el entorno y
- Modelos internos para prever las consecuencias de sus posibles decisiones.

De acuerdo con algunos autores, hay dos niveles de reglas (Casti & Berry, 1997; North & Macal, 2007): reglas básicas y reglas de cambio. Las primeras regulan el comportamiento del agente en el entorno inmediato, las segundas permiten su adaptación en el tiempo, esto implica que sus respuestas cambian en distintos momentos. Esta característica habilita implementar la característica evolutiva de las reglas.

Las 'reglas básicas' permiten 'sentir' o identificar un evento y generar una respuesta (fig. 7.1), en tanto que las 'reglas de cambio' modifican a las reglas mismas, de forma que en futuros eventos modificados, o cuya detección generó respuestas en el pasado sin el efecto deseado, puedan sean ajustadas a producir respuestas que estén modificadas para la siguiente ocurrencia del evento.

Fig. 7.1 Características básicas de comportamiento de los agentes. Fuente: adaptado de (North & Macal, 2007 p.28).



En una ampliación de la perspectiva anterior, complementándola, estas reglas están relacionadas con las características ostensivas y performativas de las rutinas organizacionales. Mientras que las primeras se expresan preferiblemente en reglas básicas, las características performativas son expresadas en términos de una combinación de reglas básicas y reglas de cambio, o 'reglas que cambian reglas' (Casti & Berry, 1997).

De acuerdo con lo anterior, al observar las organizaciones de salud, específicamente las que se conocen como Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) en el contexto de la normatividad colombiana (Ley 100, 1993 "Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones" en Colombia), se dan características que hacen viable la utilización del modelamiento y construcción de un sistema basado en agentes. Son un caso particular de organización en las que se dan las siguientes características sociales-organizacionales:

- Su objetivo misional no es la creación, uso o distribución de TICs. Esta característica es compartida con muchas otras organizaciones como las del sector financiero. No obstante, al considerarla en conjunto con otras características, modifica la forma como la organización afronta la incorporación de TICs a sus actividades productivas.
- El uso de TICs está orientado a dar soporte a actividades misionales y de apoyo: (i) los datos de personas que son atendidas –llamados pacientes o usuarios-, que aunque no son comercialmente “clientes” sí son los individuos que son objeto de la prestación de un servicio, (ii) los dispositivos de asistencia médica de base electrónica o de relación con biomedicina o telemedicina y (iii) la información que permite gestionar el servicio de atención mismo –distinto a los datos de los pacientes o usuarios- que se evidencian en software que integran los sistemas de información de apoyo administrativo. Esta característica también es compartida con otras organizaciones, salvo por el segundo ítem en el que se puede ver comprometida de forma directa la salud o la vida de las personas.
- El reconocimiento social de las personas que allí laboran en atención al paciente (usuario) es en promedio superior que el de las personas que laboran en otras actividades de la misma organización. Principalmente médicos y otro personal de salud (instrumentadores quirúrgicos, enfermeros, auxiliares de enfermería, terapeutas de varias especialidades que van desde la terapia física hasta la terapia del lenguaje, trabajadores sociales, psicólogos, odontólogos, entre otros), que por la percepción general del paciente (o usuario) podrían tener mayor credibilidad (y autoridad concedida a partir de dicha credibilidad) que otros trabajadores de la misma organización. Esta característica marca una diferencia frente a otras organizaciones pues, en contraste con empresas del sector financiero, en estas últimas el reconocimiento social de quienes atienden a los clientes-usuarios no es más alta.
- Las personas que integran la organización que tienen más propensión al uso de dispositivos electrónicos también son aquellos que gozan de alta credibilidad de cara a los pacientes (usuarios).
- La inversión interna en TIC no es prioritaria. Esto sucede porque por sí sola, las TIC no constituyen la fuente para generar incrementos en los ingresos organizacionales.
- La inversión interna en investigación y desarrollo (I+D) no está orientada de manera prioritaria a las TIC, sino que, en caso de que exista presupuesto para I+D, ésta se canaliza a la investigación

médica o a los convenios interinstitucionales para investigación o docencia.

No obstante, la competencia entre las distintas IPS las mueve hacia la interoperabilidad (palabra que no existe en castellano) de las historias clínicas usando el conjunto de protocolos HL7, desde hace más de una década (Castrillón, Serrano, & López, 2013; López-Cruz & Rodríguez, 2015; Rueda-Clausen Pinzón, 2006; Tamura, 2009). Lo anterior ha expuesto al personal de salud doblemente, primero a la protocolización de los datos, su estructuración y, además, a la forma como dicha formalización se refleja en TIC.

Las múltiples crisis del sector salud en Colombia (Calderón, Botero, Bolaños, & Martínez, 2011; Cardona Osorio, 1998a, 1998b), crisis económica originada en el modelo asegurador que retiene los dineros en los intermediarios llamados Entidades Prestadoras de Salud (EPS), crisis de infraestructura originada en un flujo de efectivo inapropiado por los servicios prestados por las IPS que son independientes de las EPS, como es el caso de grandes clínicas y centros de salud como la Clínica El Bosque (Fundación Clínica El Bosque), Clínica de Marly o RadioXenter Ltda, obliga a que dichas organizaciones, como todas las que no están vinculadas a una EPS, busquen formas alternas de mejorar su flujo de efectivo. Para esto venden servicios especiales: tratamiento intra-hospitalario diferencial, descuentos en urgencias, cirugía, consulta externa, ecografía, escanografía, rayos X, medicina nuclear, clínica de heridas, resonancia magnética y otra 'imagenología' especializada.

Como la crisis del sector salud se deriva –entre algunas otras fuentes- de la corrupción, como en el caso de la EPS SaludCoop (Gómez-Restrepo, 2011) y a la vez origina otras situaciones críticas que se reflejan en el deterioro de la calidad de la atención a los pacientes-usuarios (Restrepo Viana & Tejada Pardo, 2016), se requiere por esta razón, que las IPS cuenten con capacidades para generar ventaja competitiva a través de la identificación de TIC disponibles y también resultados de innovación, o al menos puedan reaccionar ante el mercado. En este cuadro es que resulta propicio disponer de un artefacto que oriente o asista a los tomadores de decisiones en la obtención de conocimiento del entorno para mejorar su competitividad y su productividad.

7.2 MODELO CONCEPTUAL

Un modelo conceptual describe el dominio de la situación y las especificaciones del modelo. La descripción de dicho dominio incluye los objetivos, entradas, salidas, contenido, premisas y simplificaciones que el

modelo ha supuesto. Las especificaciones se usan para determinar el comportamiento del modelo. La bondad del modelo conceptual es crítica para la comunicación entre los interesados o *stakeholders*, para lo cual es posible utilizar varias técnicas como UML - *Unified Modeling Language* (Eriksson & Penker, 2000; Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2004), BPMN – *Business Process Management Notation* (Onggo & Karpat, 2011) o el protocolo ODD – *Overview, Design concepts and Details* (Grimm et al., 2006; Grimm et al., 2010).

No obstante las diversas técnicas alternativas, la modelación de sistemas complejos, como los sistemas de salud que, dicho sea de paso, incluyen ecosistemas ciber-físicos (Doursat & Ulieru, 2008; Ulieru & Doursat, 2010)- en los que la eficaz incorporación de artefactos tecnológicos a los procesos es crítica, el proceso de modelado puede asistirse del protocolo ODD, por ser más afín a la construcción de sistemas basados en agentes orientados a la simulación (Siebers, Macal, Garnett, Buxton, & Pidd, 2010).

De acuerdo con la literatura (Grimm, Polhill, & Touza, 2013), el protocolo ODD (Anexo 1) independiza el proceso de modelamiento de los aspectos técnicos de los lenguajes *mark-up* y de programación de computadores, así como de sistemas operacionales en particular. Sin embargo, los modelos realizados con el protocolo ODD son fácilmente codificados en lenguajes de programación como NetLogo (Grimm et al., 2013).

De esta manera, es posible completar el diseño conceptual, siguiendo tres etapas del protocolo ODD (Anexo 1): (I) *Overview*, (II) *Design concepts* y (III) *Details*.

I.i.a ¿Cuál es el propósito del estudio?

En concordancia con el objetivo principal de esta investigación, el propósito de estudiar el proceso de identificación y apropiación de conocimiento de las organizaciones es evaluar alternativas de configuración de rutinas organizacionales que permitan disponer de la capacidad de absorción tecnológica de TIC.

I.i.b ¿Para quién es diseñado el modelo?

Este modelo se orienta para los posibles tomadores de decisiones de incorporación de conocimiento tecnológico en las IPS. Usualmente, no son expertos en TIC, pero cuando son expertos en TIC son distantes de las situaciones concretas que se afrontan en las organizaciones del sector salud y, adicionalmente, pueden presentar bajas competencias en los aspectos de la gestión organizacional de clínicas, hospitales, centros de salud, IPS en general.

I.ii.a ¿Cuál clase de entidades hay en el modelo?

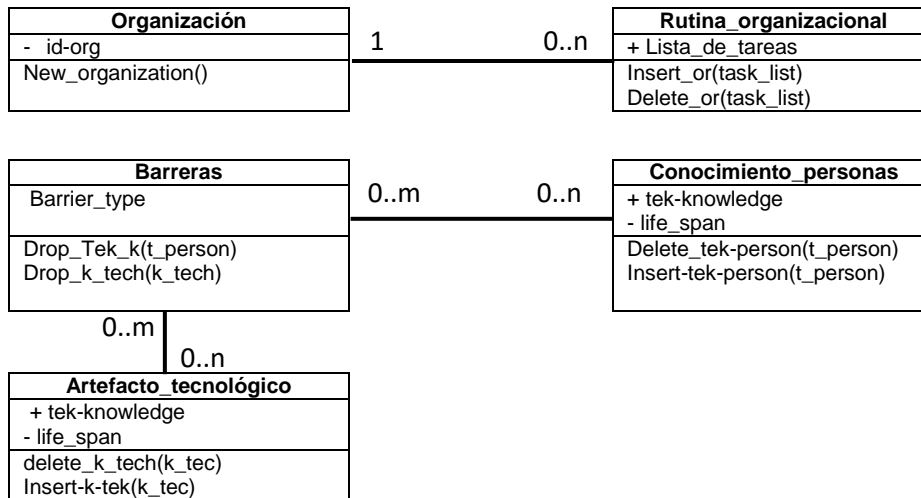
Las entidades identificables en el modelo que se construye son:

- Organización: para referirse a una instancia de las IPS. No se elabora un modelo completo del fenómeno “organización”. El modelo se concentra en representar el constructo ACAP que fue diseñado específicamente dentro de este estudio.
- Rutina organizacional: Un conjunto de rutinas organizacionales conforma la base de conocimiento de la organización. La semántica de esta entidad se amplía en I.iii.a.
- Barreras: Las barreras comprenden los mecanismos del entorno que limitan (excluyen) el acceso al conocimiento tecnológico disponible en términos de artefactos y del conocimiento del que disponen las personas. Esto incluye desde los regímenes de apropiación hasta las barreras culturales del idioma e idiosincrasia de las personas, pasando por los costos de acceso al conocimiento.
- Conocimiento tecnológico de las personas: El conocimiento tecnológico de las personas, representado en rutinas que ha incorporado un individuo respecto de las TIC, que pueden ir desde las habilidades para programar computadores en distintos paradigmas (López-Cruz, Mora, Sandoval-Parra, & Espejo-Gavilán, 2016; Rubiano, López-Cruz, & Soto, 2015), el uso de distintas herramientas (Kernighan & Plauger, 1981), hasta las competencias para gestionar proyectos de incorporación de TIC a los procesos organizacionales (Boehm & Ross, 1989; Handzic & Durmic, 2015; Pourzolfaghar & Ibrahim, 2015; Schmidt, Lyytinen, & Mark Keil, 2001; Thayer & Yourdon, 1997).
- Conocimiento tecnológico expresado o incorporado en artefactos (artefactos tecnológicos): se representa como una o más rutinas organizacionales que el artefacto puede ejecutar o completar.

I.ii.b ¿Cuáles atributos (i.e. variables y parámetros) caracterizan a estas entidades?

La presentación de los atributos se realiza a través de diagramas de clase UML (Fig. 7.2). Cada rectángulo en estos diagramas tiene tres partes, la parte superior identifica a la clase, la parte media permite listar los atributos y la parte inferior los métodos (o acciones posibles) propios de la clase.

Fig. 7.2 Diagramas de las entidades del modelo. Se usa una representación en diagramas UML básicos. Fuente: el autor.



I.ii.c ¿Cuáles son los factores exógenos (*drivers*) del modelo?

Dentro de los factores exógenos al modelo, está la decisión de la existencia o no de un área de innovación y desarrollo en la organización.

La existencia de regímenes de apropiación, de diferencias culturales y de idiosincrasia, de limitantes de precios y de posiciones arancelarias para productos de hardware computacional y las restricciones de migración que recaen sobre las personas.

I.ii.d Si aplica ¿cómo se incluye el espacio en el modelo?

En este modelo el espacio no se incluye con significado. No obstante, se utiliza el canvas del entorno de programación y ejecución como referente del flujo de conocimiento, es decir, como “medio” a través del cual se desplaza el conocimiento disponible representado en el conocimiento incorporado en los artefactos, sean estos físicos o no, y en el conocimiento de las personas.

En ese mismo medio se representan las barreras de acceso al conocimiento

I.ii.e ¿Cuáles son las resoluciones espaciales y alcances del modelo?

En razón a la no representatividad del espacio, no es significativa la resolución espacial en este modelo.

I.iii.a ¿Cuál entidad hace qué, y en qué orden?

Organización: El modelo representa a una organización que se encuentra en un entorno en el que “fluye” el conocimiento. En este estudio hay conciencia de que la computación abunda en metáforas físicas, sobre todo aquellas que se refieren al flujo y al movimiento (Colburn & Shute, 2010 p.120), como es

el caso de este estudio. Sin embargo, pensar que los bits 'fluyen', siendo los bits la más básica representación de los datos, permite pensar en la posibilidad del flujo de la información, aunque no fluya en el mismo sentido en el que fluyen los fluidos continuos. No obstante, se arguye que la similitud entre las ciencias naturales y la computación es más profunda que una metáfora en el lenguaje (Colburn & Shute, 2010 p.121). Lo anterior, da un argumento de validez a la representación del entorno de la organización como un 'flujo' de conocimiento que se sustenta en la disponibilidad (y asequibilidad) al flujo de información incorporada a artefactos tecnológicos y a personas que 'saben' dicho conocimiento.

Lo que se representa de la organización es el constructo ACAP y al estar expuesta a un entorno en el que 'fluye' conocimiento, el tomar de decisión puede 'orientarla' hacia donde haya más o menos concentración o cercanía al conocimiento que puede ser de interés de la organización.

No obstante el modelo no permite identificar *a priori* sino entre dos tipos de conocimiento, el de los artefactos y el de las personas. Sólo cuando coincide topológicamente la fuente de conocimiento con la organización, es cuando se da la incorporación del artefacto o de la persona a la organización. Hay una distinción básica entre uno y otro: cuando la organización incorpora a una persona, esta desaparece del flujo del entorno, en tanto que cuando la organización incorpora a un artefacto éste no desaparece del entorno, como es lo usual en la realidad.

Rutina organizacional: La rutina organizacional (mencionada en I.ii.a) es la entidad que permite implementar el modelo de ACAP propuesto. Esta entidad es una secuencia (lista) de tareas en las que importa el orden. Esto da la posibilidad de pensar en 'segmentos parciales' de rutina o sub-rutinas.

La rutina organizacional es una entidad que permite hablar de la base de conocimiento organizacional, para representar el acervo de conocimiento disponible por una organización como un conjunto de rutinas organizacionales. Esto implica que se puede realizar búsquedas en la base de conocimiento organizacional (búsqueda de rutinas) y búsqueda de subrutinas (búsqueda de subconjuntos de rutina dada una rutina dada).

II.i.a ¿Cuáles conceptos generales, teorías o hipótesis subyacen al diseño del modelo en el nivel del sistema o al nivel de los sub-modelos, (aparte del modelo de decisión)? ¿Cuál es el vínculo con la complejidad y el propósito del modelo?

La idea de estructura de rutina organizacional que se ha adoptado, corresponde con la que propone que una rutina organizacional es una lista de tareas (Miller, Pentland, & Choi, 2012). Esta conceptualización facilita la implementación en términos de una estructura de datos disponible en el

lenguaje de implementación y eventualmente –dependiendo del entorno de programación específico- otra estructura de datos que facilite la búsqueda e identificación como sería el caso de la estructura de datos ‘árbol de búsqueda binario’ -BST binary search tree. No obstante, sea oportuno mencionar que el invariante de los BST {INV: para cada uno del BST, todas las llaves de los nodos del subárbol izquierdo deben ser menores que su llave y todas las llaves de los nodos del subárbol derecho deben ser mayores o iguales a su llave}, no garantiza que el árbol sea balanceado, y podría derivar en una lista ordenada, lo cual degenera el tiempo de búsqueda en la estructura.

II.i.b ¿sobre cuáles suposiciones se basa el(los) modelos de decisión del (los) modelos?

Se supone que las organizaciones sólo pueden identificar y posteriormente decidir si utiliza o no, conocimiento tecnológico disponible en el entorno, cuando tiene conocimiento en su ‘base de conocimiento’. Es decir, sin tener ‘elementos’ de ‘conocimiento tecnológico’, no es posible identificar ‘otros’ elementos de ‘conocimiento tecnológico’ disponible para sacarle provecho. En este caso, se restringe el dominio a TIC, lo cual no hace que la afirmación pierda validez.

También se supone que el conocimiento decae en información y ésta a su vez decae en datos. Además, se supone que la utilidad del conocimiento es sujeto de obsolescencia. Con estas dos consideraciones, el conocimiento tecnológico, a diferencia de otras formas de conocimiento, puede perder su potencial de utilidad con el paso del tiempo.

II.i.c ¿Por qué se escogen ciertos modelo(s) de decisión?

La decisión fundamental del modelo es determinar cuándo toma conocimiento del entorno (y cuando no). Para esto se evalúa si el conocimiento disponible permite completar una lista correspondiente a la lista de tareas. Si ya tiene el patrón, entonces no lo selecciona, si no lo tiene, lo incorpora.

No obstante, puede ser costoso (en términos reales costoso significa que el proceso de selección técnicamente eficiente puede ser impráctico en términos presupuestales, por lo que se puede identificar a los que se consideren adecuados, para luego evaluar si son aceptables (aceptación tecnológica) en ACAP.

Para propósitos de implementación, la decisión de seguir contando con conocimiento incorporado a personas depende del tiempo. Esta implementación no es tan realista pero permite representar la rotación de personal en las organizaciones, especialmente las de las IPS.

La decisión de generar-producir un artefacto tecnológico que puede tener la categoría de innovación, depende de que las rutinas organizacionales hayan surtido un tránsito dentro de los componentes del ACAP diseñado. Por definición, la innovación del artefacto tecnológico implica que el artefacto se incorpora (sale) al flujo del entorno.

II.i.d Si el modelo está basado en datos empíricos, ¿de dónde proceden los datos?

El modelo no está basado en datos empíricos. Responde a un diseño producido a partir de constructos de conocimiento, como el ACAP.

II.i.e ¿A cuál nivel de agregación estaban disponibles los datos?

De acuerdo con lo anterior, el nivel de agregación de los datos carece de sentido.

II.ii.a ¿Cuáles son los sujetos y objetos de la toma de decisiones? ¿Sobre cuál nivel de agregación es modelada la toma de decisiones? ¿Se incluyen múltiples niveles de toma de decisión?

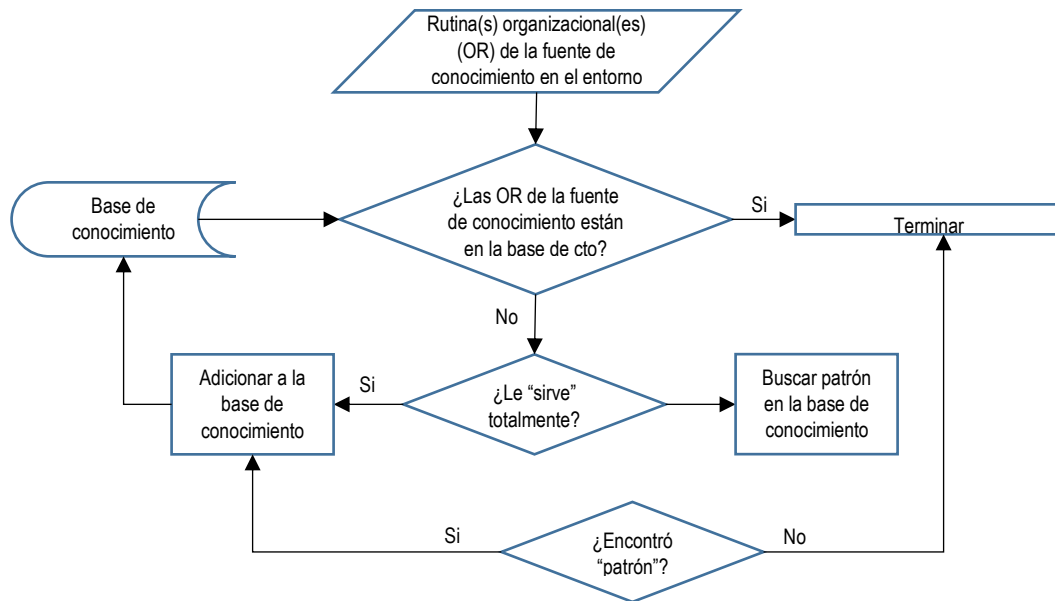
Un nivel de toma de decisiones se realiza en la interacción entre los agentes organización y fuente de conocimiento tecnológico, es decir, tanto en la interacción entre la organización y personas (con conocimiento tecnológico) del entorno, como entre la organización y los artefactos tecnológicos del entorno.

Esta decisión se toma con fundamento en el estado actual de la base de conocimiento (base de rutinas organizacionales) en dos criterios, que no tienen que verificarse simultáneamente:

- Si la organización dispone de la totalidad de la rutina organizacional (como un todo) o no en la base de conocimiento.
- Si la organización dispone de una rutina organizacional que puede ser 'complementada' por la(s) rutina(s) de las que dispone la fuente de conocimiento.

Es posible diseñar un algoritmo (diagrama de flujo) (Fig. 7.3) que representa este proceso de decisión.

Fig. 7.3 Diagrama de flujo del proceso de toma de decisión del agente organización para identificar (distinguir) si el conocimiento tecnológico en el entorno le es útil. Fuente: el autor.



II.ii.b ¿Cuál es la racionalidad básica detrás de la toma de decisiones de agentes en el modelo? ¿Los agentes persiguen un objetivo explícito o tienen otro criterio de éxito?

La organización toma decisiones con el fin de disponer de la máxima variedad de rutinas organizacionales (patrones) que lleven al mismo resultado con la mínima cantidad de rutinas organizacionales en la base de conocimiento.

Los agentes que son fuente de conocimiento no tienen fijada ninguna finalidad o criterio de éxito, por fuera de las restricciones de la implementación. Los agentes

II.ii.c ¿cómo toman decisiones los agentes?

Cada agente toma decisiones con base en la información que dispone de "rutina organizacional" de la que dispone, para el caso de las fuentes de conocimiento, o de las rutinas organizacionales que se encuentran en la base de conocimiento, para el caso del agente organización.

II.ii.d ¿Los agentes adaptan su comportamiento a variables de estado endógenas o exógenas cambiantes?

Los cambios que suceden en el agente organización están relacionados con el tipo de conocimiento que identifica e incorpora de acuerdo con el estado de su base de conocimiento. Esto no es en sí un cambio de comportamiento del agente, sino una modificación de criterios por los cuales el agente adopta o no algún conocimiento identificado.

Los agentes que representan artefactos tecnológicos y personas con conocimiento tecnológico, no cambian su comportamiento en sí, sino que cuentan con un atributo que define su 'ciclo de vida' al término del cual, el agente desaparece.

II.ii.e ¿Las normas sociales o valores culturales juegan algún papel en el proceso de toma de decisiones?

Las normas sociales o valores no entran en juego dentro de los procesos de toma de decisiones, aunque están representados en el modelo mediante las barreras.

II.ii.f ¿Los aspectos espaciales juegan algún papel en el proceso de decisión?

Los aspectos espaciales son tomados en cuenta dentro del modelo para determinar si la organización está "cercana" o no al conocimiento que le puede ser útil. Esto representa si el conocimiento es 'alcanzable' y además permite modelar que la organización orienta su esfuerzo sólo a identificar y eventualmente absorber el conocimiento que potencialmente es aprovechable.

II.ii.g ¿Los aspectos temporales juegan algún papel en el proceso de diseño?

El tiempo es importante para determinar la vida útil del conocimiento tecnológico dentro del flujo en el entorno y, de manera activa, determina cuando ocurren las acciones dentro de cada componente del ACAP hasta, posiblemente, generar innovaciones.

La temporalidad es relevante en la definición de la vida útil de los componentes de conocimiento tecnológico, tanto artefactos como personas con dicho conocimiento. La vida útil, entendida como la duración estimada en años que el conocimiento incorporado a los artefactos tiene capacidad para generar la posibilidad de generar valor, o el tiempo durante el cual el conocimiento de una persona puede llegar a generar valor.

II.ii.h ¿en cuál extensión y cómo se incluye la incertidumbre en las reglas de decisión de los agentes?

El modelo incorpora la incertidumbre en forma de la asignación aleatoria de los conocimientos de los que dispone cada agente y también a través en la forma como cada uno de los elementos de conocimiento: personas y artefactos, se distribuyen dentro del flujo de conocimiento en el entorno de la organización.

II.iii.a ¿se incluye el aprendizaje individual en el proceso de decisión? ¿cómo cambian los individuos sus reglas de decisión en el tiempo como consecuencia de su experiencia?

La regla más elaborada es la de la organización en cuanto a ACAP, y es el propósito principal del modelo. La regla de decisión de identificar conocimiento en el flujo de conocimiento e incorporarlo cambia históricamente, pues depende de la forma como se va conformando la base de conocimiento. La incorporación del conocimiento a la base de conocimiento no implica que se conforme un acervo eternamente útil, pues cada una de las reglas en la base de conocimiento después de un tiempo desaparece por obsolescencia.

Una regla de decisión más elemental, pero igualmente valiosa para representar la realidad, es que dos personas no pueden ocupar el mismo espacio del modelo. Cuando esto sucede, se programa un efecto de 'separación' en la cual cada persona-agente cambia su dirección y sentido de desplazamiento dentro del flujo.

II.iii.b ¿Se implementa el aprendizaje colectivo en el modelo?

El aprendizaje colectivo está representado explícitamente en la base de conocimiento de la organización. No obstante, este no es un aprendizaje del nivel de implementación del modelo, por cuanto no corresponde a un grupo de agentes.

II.iv.a ¿cuáles variables de estado endógenas y exógenas se asume que los individuos detectan y consideran en sus decisiones? ¿Puede errarse en el proceso de detección?

La variable de estado endógena que conoce el agente organización es su base de conocimiento. En efecto, la forma como se implementa el registro de rutinas organizacionales en la base de conocimiento es tolerante a la ambigüedad, lo cual podría generar algún error.

II.iv.b ¿Cuáles variables de estado, de cuáles otros individuos, puede percibir un individuo? ¿puede errarse en el proceso de detección?

En términos de las variables del modelo, sólo se puede detectar la variable de *rutina_organizacional* que hace parte de los atributos de las fuentes de conocimiento tecnológico.

II.iv.c ¿Cuál es la escala espacial de detección?

La escala de detección es un *patch* de la implementación.

II.iv.d ¿Los mecanismos por los cuales los agentes obtienen información son modelados explícitamente, o se supone que los individuos conocen estas variables?

La forma como se modela la obtención de información de la organización acerca de su entorno es por cercanía espacial en el entorno de implementación.

II.iv.e ¿Los costos de cognición y los costos de recolección de información están incluidos explícitamente en el modelo?

Dichos costos no son incluidos dentro del modelo.

II.v.a ¿Cuáles variables usan los agentes para predecir condiciones futuras?

No hay funciones predictivas.

II.v.b ¿Cuáles modelos internos se asume que los agentes usan para estimar condiciones futuras o consecuencias de sus decisiones?

No hay estimación de condiciones futuras o de evaluación de las consecuencias de las decisiones.

II.v.c ¿Podrían los agentes errar en el proceso de predicción, y cómo es implementado?

No hay proceso de predicción.

II.vi.a ¿Se asumen las interacciones entre los agentes como directas o indirectas?

El agente organización interactúa (directamente) con los agentes que representan el flujo de conocimiento externo a la misma.

Además, la interacción entre agentes-personas sucede de manera directa bajo la idea de que dos personas no pueden ocupar el mismo espacio.

II.vi.b ¿De qué dependen las interacciones?

Las interacciones dependen de la cercanía en el espacio representado por un *patch*.

II.vi.c Si las interacciones involucran comunicación ¿cómo se representan tales comunicaciones?

Las interacciones no involucran comunicación.

II.vi.d Si existe una red de coordinación ¿cómo afecta la conducta del agente? ¿La estructura de la red es impuesta o emergente?

No hay red de coordinación.

II.vii.a ¿Los individuos forman o pertenecen a agregaciones que afectan y son afectadas por los individuos? ¿Las agregaciones son impuestas por el modelador o emerge durante la simulación?

Las agregaciones son definidas desde el momento de diseño del modelo. Cada una de las clases de agente son distinguibles y permanentes dentro de cada simulación.

Las agregaciones corresponden a los artefactos tecnológicos que tienen conocimiento tecnológico incorporado y también a las barreras, cuya interacción no es entre ellas, sino frente a los agentes de conocimiento a los que elimina del entorno. Aunque en la vida real esto no sucede así, es decir una barrera no elimina una fuente de conocimiento sino que retrasa el acceso a ella, en este modelo el mencionado retraso se representa por la desaparición del agente de conocimiento.

II.vii.b ¿Cómo se representan los colectivos?

Los colectivos de conocimiento se representan por los atributos de rutina organizacional (una lista de tareas) que son potencialmente capaces de realizar.

II.viii.a Los agentes son heterogéneos? En caso afirmativo, ¿cuáles variables de estado y/o procesos difieren entre agentes?

En el modelado con UML se muestran los atributos de cada agente, por lo cual es más fácil identificar allí similitudes y diferencias.

II.viii.b ¿En la toma de decisiones los agentes son heterogéneos? En caso afirmativo, ¿Cuáles modelos de decisión u objetos de decisión difieren entre agentes?

Cada instanciación futura del agente organización es diferente porque cuenta con una base de conocimiento distinta.

II.ix.a ¿Cuáles procesos (incluyendo la inicialización) se modelan asumiendo que son aleatorios o parcialmente aleatorios?

Se presume que el flujo de conocimiento es un flujo desordenado, pues las personas y los artefactos no están canalizados por ningún patrón o comportamiento.

II.x.a ¿Cuáles datos son recolectados a partir de la prueba del MSBA, entendiendo y analizándolo, y cómo y cuándo se recolectan?

En este modelo no hay recolección de datos en las pruebas del MSBA.

II.x.b ¿Cuáles resultados, características, salidas clave del modelo emergen de los individuos? (Emergencia)

El resultado clave que sale del agente organización es el conocimiento “emitido” al entorno en forma de nuevos artefactos o de personas con conocimiento incorporado.

III.i.a ¿Cómo ha sido implementado el modelo?

Hasta donde llega el conocimiento en esta investigación, no hay otra implementación de ACAP con base en rutinas organizacionales. No obstante, de existir, dichas implementaciones son distintas al presente, ya que este estudio ha propuesto un modelo de ACAP propio.

Se busca realizar esta implementación con base en agentes (computacionales), cuya construcción e implementación se muestra en la siguiente sección de este documento.

III.ii.a ¿Cuál es el estado inicial del mundo del modelo, i.e., en el momento $t=0$ de una ejecución de la simulación?

En el momento $t=0$ del modelo se configura la situación inicial del entorno, en términos de la existencia (o no) de barreras de acceso al conocimiento, así como la situación interna de la organización, acerca de si cuenta (o no) con un área organizacional de investigación y desarrollo (I&D) o un área de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Además se establece la ‘densidad’ del entorno en cuanto a la cantidad de conocimiento disponible o no, aunque no se predetermina el conocimiento (es decir, cuáles son las rutinas organizacionales de las) que dispone cada uno de los agentes: personas o artefactos.

III.ii.b La inicialización ¿es siempre la misma o se permite variación entre simulaciones?

A través de los medios de programación se establecen parámetros para modificar el entorno entre simulaciones. Estos son: cantidad de personas disponibles en el entorno con conocimiento tecnológico potencialmente útil; cantidad de artefactos tecnológicos disponibles, la existencia o no de barreras, y su cantidad, así como la existencia de área de I+D+i en la organización.

A excepción del agente organización, las rutinas de las que disponen los agentes es aleatoria en configuración y cantidad. Para el agente

organización, sólo para propósitos de completitud teórica, cuando no se dispone de rutinas organizacionales, la organización no está en capacidad de identificar el conocimiento que le puede ser útil en el entorno, porque la evaluación de “utilidad” se realiza con base en la comparación con las rutinas que ya residen en su base de conocimiento.

III.ii.c ¿Los valores iniciales son arbitrarios o basados en datos?

Los valores iniciales son los que permiten tomar datos iniciales de distintas situaciones concretas y específicas al usuario del simulador. Se ha hecho el supuesto (filosófico y relativamente práctico) respecto de la imposibilidad de identificar y adquirir conocimiento cuando no se dispone de él.

III.iii.a ¿El modelo usa entrada de fuentes externas, tales como archivos u otros modelos para representar los procesos que cambian en el tiempo?

No se ha considerado esa posibilidad.

7.3 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

A partir del protocolo ODD, las entidades del modelo, que fueron descritas utilizando diagramas de clase UML básicos, son implementadas en el lenguaje-entorno NetLogo (Wilensky, 1999) como distintos grupos (*breeds*) de *turtles*, cada una con identificadores propios.

Los atributos de cada entidad fueron incluidos en el diagrama de clase correspondiente y luego codificados con la instrucción `<breed>-own`, en donde `<breed>` se refiere a la clase (entidad) específica.

Si bien no es codificación, la elaboración del ‘tab’ *información* es un elemento también valioso dentro de la implementación del modelo por cuanto incorpora y relaciona el artefacto con su origen y con su intención. Esta actividad es relativamente sencilla cuando se hace uso del protocolo ODD.

La parte crucial de la implementación del modelo es el conocimiento tecnológico que se representa en rutinas organizacionales, entendidas por patrones de acción reconocibles y repetibles que involucran múltiples agentes.

La decisión de implementación de las rutinas organizacionales se toma con base en la idea del ordenamiento de n tareas desde 1 hasta n , $n \in \mathbb{N}$ (Miller et al., 2012). Una rutina organizacional consiste de una k -upla (ordenada) de tareas ($1 \leq k \leq n$). Es decir, una rutina organizacional es una lista de tareas (cada tarea es un número natural) que deben ser “ejecutadas” en el orden establecido.

Sea t_i ($1 \leq i < j < k < l \leq m; i, m \in \mathbb{N}$) una unidad mínima de acciones con sentido. Se puede decir que la lista de tareas $[t_i, t_j, t_k, t_l]$ es una rutina organizacional con cuatro tareas. Para esta construcción, los valores i, j, k, l no son necesariamente consecutivos, pero existe la relación de orden " $<$ " sobre los índices de la lista.

En general, una rutina organizacional es una lista $[t_1, t_2, \dots, t_n]$ en donde n es el tamaño de la lista. Cuando no hay elementos en la lista, se nota con los caracteres siguientes: $[\]$.

La base de conocimiento de la organización está conformada por todas las posibles t -uplas de tareas que la organización puede realizar. Las t -uplas corresponden a distintos componentes de la capacidad de absorción, desde la identificación hasta la innovación de conocimiento tecnológico (artefacto o persona), de conocimiento por parte de la organización (ACAP).

Cada uno de los agentes de conocimiento, bien sean estos artefactos o personas, tienen como atributos una o más listas de t -uplas.

Esto lleva a la posibilidad de implementación de la base de conocimiento como un arreglo, una multilista (una lista de listas), un árbol de búsqueda y, por consiguiente, como un grafo. Esta última posibilidad de representación, acerca la factibilidad de utilizar técnicas de búsqueda de patrones de conocimiento relacionados con la innovación (López-Cruz & Obregón Neira, 2015).

La configuración inicial del modelo de simulación (Fig. 7.4) presenta una distribución de barreras (letras X, siempre verdes), artefactos tecnológicos (representados por ruedas) y personas con conocimiento tecnológico (representadas por los íconos de personas) que se distribuyen aleatoriamente en el espacio de simulación. La implementación del modelo en Netlogo aparece parcialmente en el Anexo B. El ícono de organización queda representado por un cuerpo azul en el centro del entorno, alrededor del cual fluyen los demás elementos.

Además de la distribución inicial aleatoria en el espacio de simulación, los deslizadores permiten configurar explícitamente los valores de algunas variables que determinan la densidad del entorno de la organización, y también la vida útil para el conocimiento tecnológico expresado en la cantidad de años (ticks) de obsolescencia de los artefactos tecnológicos y el tiempo de obsolescencia del conocimiento de una persona, suponiendo que no hay actualización o formación continua.

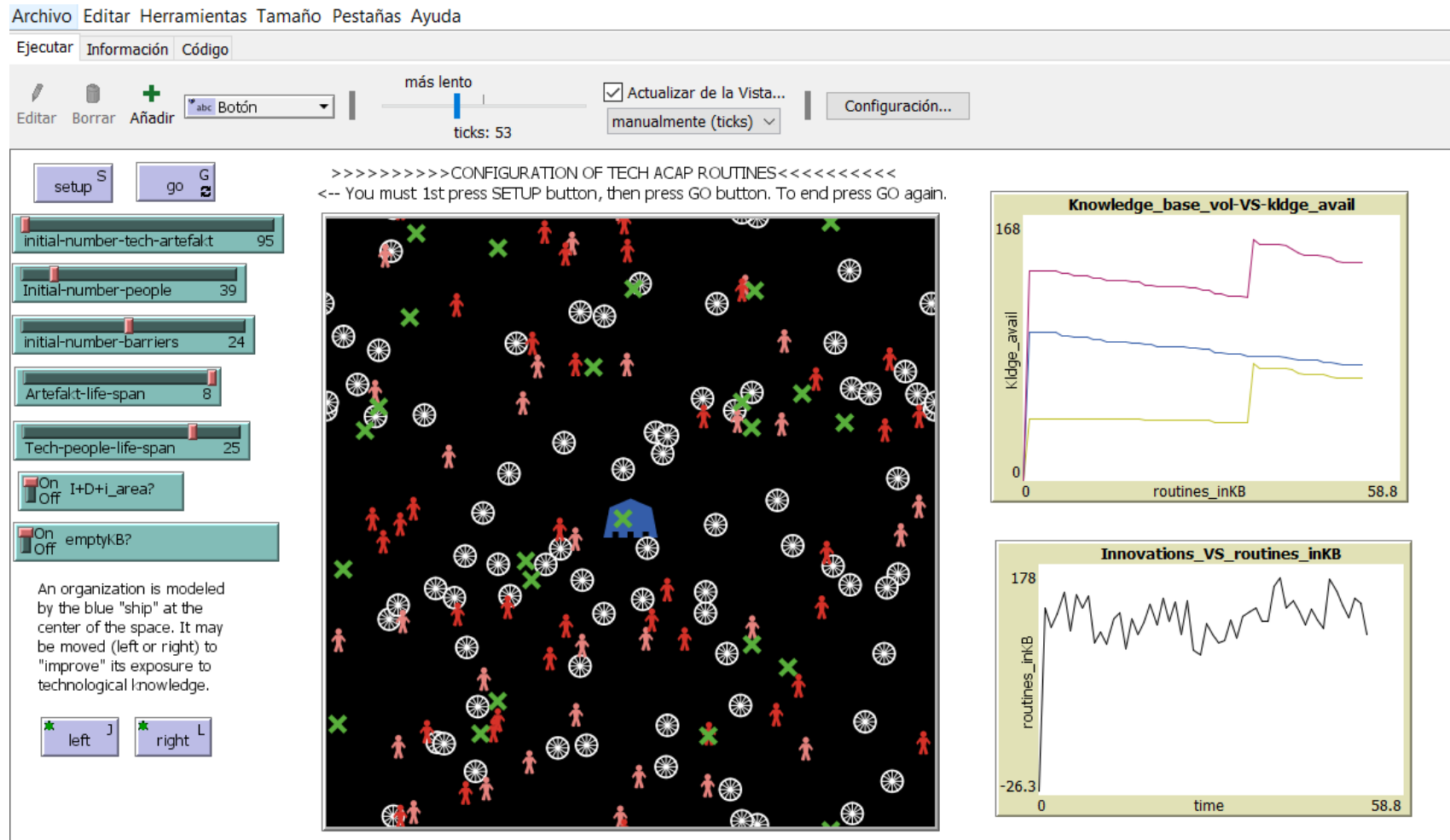
Los botones de izquierda (*left*) y derecha (*right*) permiten orientar la organización frente al flujo de conocimiento. Este es el medio por el cual el

usuario (humano) puede incidir sobre el proceso de configuración de la ACAP, además de los valores iniciales del entorno.

La implementación cuenta además con dos gráficos que se refieren a los datos producidos por la comparación entre la cantidad de rutinas organizacionales integradas a la base de conocimiento y el conocimiento disponible en el entorno. Esto con el ánimo de evaluar los efectos de la cantidad de artefactos y personas con conocimiento tecnológico disponible (dada alguna cantidad de barreras de acceso al conocimiento tecnológico) sobre el 'volumen' del conocimiento adquirido por la organización (Fig. 7.5).

También se dispone de una visualización de las innovaciones (gráfica inferior en 7.5) que se producen en el tiempo con las mismas condiciones del entorno de flujo de conocimiento de la gráfica superior.

Fig. 7.5 Una ejecución de la simulación en donde aparece el flujo alrededor de la organización (representada por el ícono azul a la mitad de la visualización). El ícono de organización es controlable por los botones de la parte inferior izquierda, para orientarla hacia el flujo de conocimiento. Fuente: el autor.



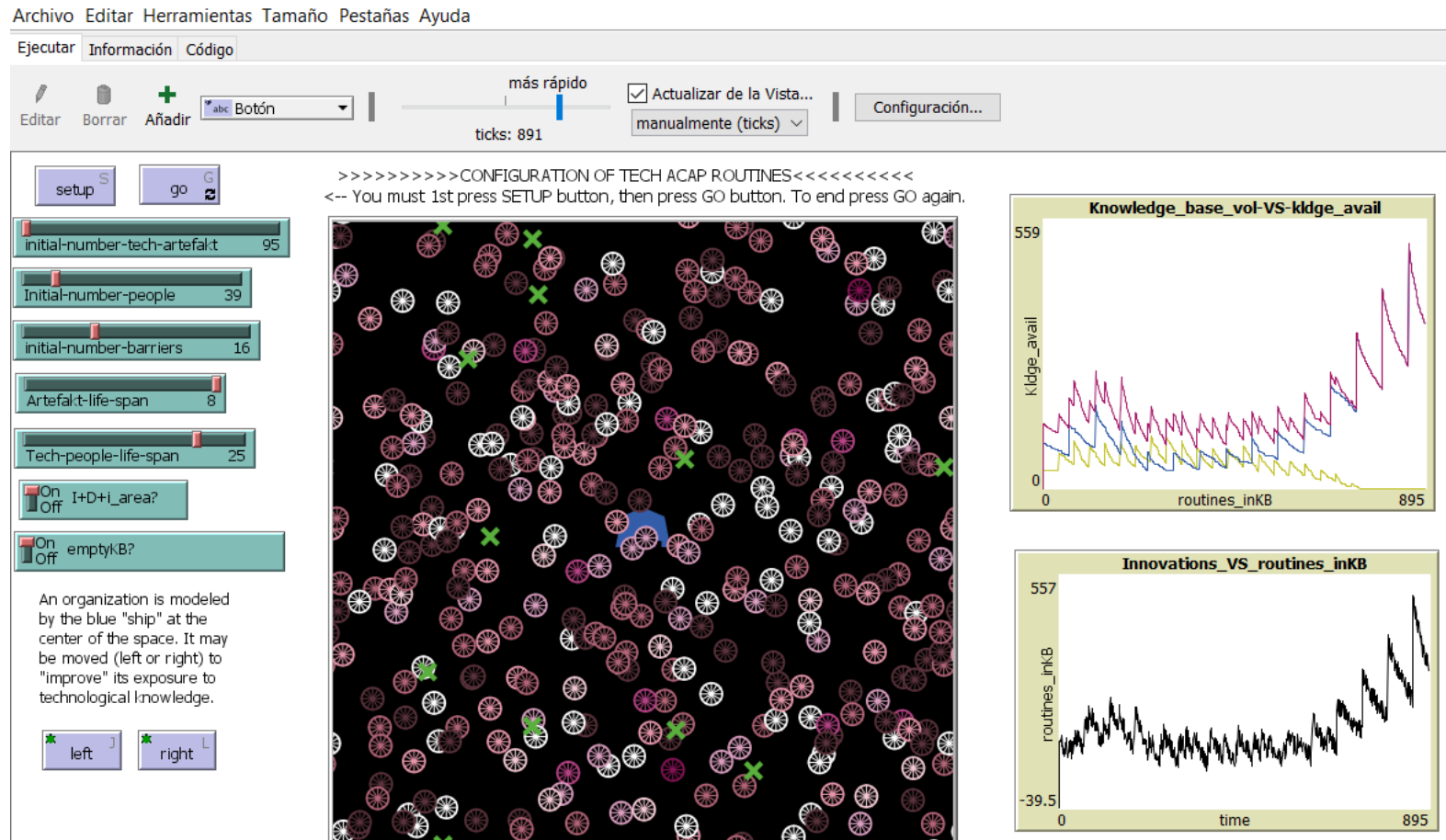
Esta implementación permite experimentar distintas configuraciones de la organización en entornos variables, pero controlables a partir de los deslizadores.

Cada ejecución puede concluir en resultados distintos, pero sobre todo en procesos distintos de comportamiento, como consecuencia del cambio en uno o más de los valores de los parámetros iniciales (a través de los deslizadores de la izquierda) que se refieren a la cantidad inicial de artefactos que se integran al flujo de conocimiento tecnológico, la cantidad de personas con conocimiento tecnológico que se incorporan a ese flujo, la cantidad de barreras de conocimiento que aparecen en el flujo y que impiden al acceso a los demás componentes, a la cantidad de años de vida útil incorporado al conocimiento de un artefacto tecnológico (para implementar la obsolescencia del artefacto) o la cantidad de años de vigencia del conocimiento de las personas, que podría representar el término al cual el conocimiento deja de ser útil en términos de las organizaciones (fig. 7.6). Esto último sucede, por ejemplo, cuando el conocimiento que una persona tiene en el uso de programas de computador en entornos no gráficos (No-GUI) como fueron CP/M o MS-DOS, UNIX y luego pasan a ser usuarios en entornos GUI.

El modelo implementa distintas generaciones de personas con conocimiento tecnológico (se representan con íconos de distinto color) y distintas versiones (generaciones) de artefactos tecnológicos –que también se representan con distintos colores.

Como las circunstancias pueden generar que no haya un adecuado mantenimiento del conocimiento incorporado a las personas, bajo ciertas circunstancias es posible que no haya posibilidad de encontrar personas con algún determinado conocimiento tecnológico en el flujo del entorno, es decir que desaparecen del flujo (Fig. 7.7).

Fig. 7.7 Una ejecución de la simulación que muestra la desaparición de las personas con conocimiento tecnológico disponible en el entorno. Fuente: el autor.



En una ejecución distinta, es posible observar como resultado de la experimentación que sucede algo similar con el componente de artefactos tecnológicos en el flujo en el que se mueve la organización.

Mediante estas circunstancias se representan posibilidades de rezago tecnológico o de la ausencia de políticas de investigación y desarrollo tecnológico que propendan por la creación de productos o servicios que tengan éxito para incorporarse al flujo de conocimiento tecnológico, es decir que no haya generación de innovaciones (Fig. 7.8).

Cuando no hay fuentes de renovación de la fuerza de trabajo con formación adecuada, o cuando no hay fuente de generación de innovaciones tecnológicas, entonces el entorno puede experimentar la ausencia de uno u otro de los componentes del sistema que permiten la circulación del conocimiento.

7.4 RESUMEN

Se ha presentado el modelo conceptual del constructo ACAP para representar el conocimiento tecnológico en las organizaciones y la forma como el flujo es lo que lo mantiene vigente.

Se muestra cómo a partir del protocolo ODD (Grimm et al., 2006; Grimm et al., 2010) –y un uso básico de los diagramas de clase UML para referirse a los agentes- se realiza una implementación del modelo en NetLogo (Wilensky, 1999). La poca versatilidad de Netlogo para crear nuevas estructuras de datos, las rutinas organizacionales se han representado mediante listas (de tareas) integradas como atributos en cada uno de los agentes.

REFERENCIAS

- Barjis, J., Verbraeck, A., & Gonzalez, R. A. (2010). Developing a multi-agent system of a crisis response organization. *Business Process Management Journal*, 16(5), 847-870.
- Bertalanffy, L. v. (1976). *Teoría general de los sistemas : fundamentos, desarrollo, aplicaciones* (Vol. Primera edición en español (FCE,México) 1976, Primera reimposición (FCE, Colombia) 1994.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Boehm, B. W., & Ross, R. (1989). Theory-W software project management principles and examples. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 15(7), 902-916.
- Calderón, C., Botero, J. C., Bolaños, J. O., & Martínez, R. R. (2011). Sistema de salud en Colombia: 20 años de logros y problemas.[The Colombian healthcare system: 20 years of achievements and problems]. *Cien Saude Colet*, 16(6), 2817-2828.
- Cardona Osorio, J. (1998a). La salud pública en período de crisis. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 16(1), 77-90.
- Cardona Osorio, J. (1998b). La salud pública en período de crisis. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 14(3), 286-294.
- Casti, J. L., & Berry, M. (1997). Would-be worlds: How simulation is changing the frontiers of science. *NATURE-LONDON*-, 33-33.
- Castrillón, H. Y., Serrano, C. G., & López, D. M. (2013). Modelo arquitectónico para interoperabilidad entre instituciones prestadoras de salud en Colombia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 6(12), 29-41.
- Colburn, T., & Shute, G. (2010). Knowledge, truth, and values in computer science. In J. Vallverdu (Ed.), *Thinking machines and the Philosophy of computer science* (pp. 119-131). Hershey, N.Y.: Information Science Reference.
- Doursat, R., & Uliuru, M. (2008). *Emergent engineering for the management of complex situations*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems.
- Eriksson, H.-E., & Penker, M. (2000). *Business modeling with UML*. New York.
- Gómez-Restrepo, C. (2011). The Health Care Crisis. *Revista colombiana de Psiquiatría*, 40(2), 195-196.

- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., . . . Huse, G. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological modelling*, 198(1), 115-126.
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: a review and first update. *Ecological modelling*, 221(23), 2760-2768.
- Grimm, V., Polhill, G., & Touza, J. (2013). Documenting social simulation models: the ODD protocol as a standard *Simulating Social Complexity* (pp. 117-133): Springer.
- Handzic, M., & Durmic, N. (2015). Knowledge Management, Intellectual Capital and Project Management: Connecting the Dots. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 13(1).
- Hawking, S. W. (2001). *The universe in a nutshell*. New York, N.Y.: Odile Jacob - Bantam Books.
- Kernighan, B. W., & Plauger, P. J. (1981). *Software tools in Pascal*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Kleiboer, M. (1997). Simulation methodology for crisis management support. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 5(4), 198-206.
- López-Cruz, O. (2002). Sobre lo sistemático y lo sistémico. *Revista de Tecnología*, 1(1), 47.
- López-Cruz, O., Mora, A. L., Sandoval-Parra, M., & Espejo-Gavilán, D. L. (2016). *Teaching Computer Programming as Knowledge Transfer: Some Impacts on Software Engineering Productivity*. Paper presented at the International Conference on Software Process Improvement.
- López-Cruz, O., & Obregón Neira, N. O., N. (2015). A network based methodology to reveal patterns in knowledge transfer. *International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia*, 3(5), 67-76.
- López-Cruz, O., & Rodríguez, D. L. (2015). Historia Clínica Electrónica para Apoyo de Tratamiento de Niños Sordos en Entornos No-Hospitalarios. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 2(4), 67-75.
- March, S. T., & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision support systems*, 15(4), 251-266.
- Miller, K. D., Pentland, B. T., & Choi, S. (2012). Dynamics of performing and remembering organizational routines. *Journal of Management Studies*, 49(8), 1536-1558.
- North, M. J., & Macal, C. M. (2007). *Managing business complexity : discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation*. Oxford: Oxford University Press.
- Onggo, B. S., & Karpát, O. (2011). *Agent-based conceptual model representation using BPMN*. Paper presented at the Proceedings of the Winter simulation conference.
- Pourzolfaghar, Z., & Ibrahim, R. (2015). Impacts of Adding Knowledge Flow to an Activity-Based Framework for Conceptual Design Phase on Performance of Building Projects. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 12(3), 166-175.
- Restrepo Viana, L., & Tejada Pardo, K. (2016). Factores asociados al incumplimiento de la oferta de servicios de asistencia médica domiciliaria. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 12(22).
- Rubiano, S. M. M., López-Cruz, O., & Soto, E. G. (2015). *Teaching computer programming: Practices, difficulties and opportunities*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference (FIE), 2015. 32614 2015. IEEE.
- Rueda-Clausen Pinzón, C. E. (2006). La historia clínica informatizada. Evaluación de los casos colombiano y español. *MedUNAB*, 9(1).
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2004). *Unified modeling language reference manual, the*: Pearson Higher Education.

- Schmidt, R., Lyytinen, K., & Mark Keil, P. C. (2001). Identifying software project risks: An international Delphi study. *Journal of Management Information Systems*, 17(4), 5-36.
- Siebers, P.-O., Macal, C. M., Garnett, J., Buxton, D., & Pidd, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! *Journal of Simulation*, 4(3), 204-210.
- Tamura, G. (2009). Aspectos metodológicos del proceso de adopción del estándar HL7v3 en Colombia: la experiencia del comité técnico de casos de uso de laboratorio clínico. *Guía de implementación HL7 para sistemas de notificación obligatoria en salud pública en colombia*, 3.
- Thayer, R. H., & Yourdon, E. (1997). Software engineering project management. *Software engineering project management*, 72-104.
- Ulieru, M., & Doursat, R. (2010). Emergent engineering: a radical paradigm shift. *International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems*, 4(1), 39-60.
- Watanabe, O. (2001). *How Can Computer Science Contribute to Knowledge Discovery*. Paper presented at the International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. Evanston, IL.: Northwestern University.
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*: MIT Press.

8. EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

"The recognition and understanding of the need was the primary condition of the creative act. When people feel they had to express themselves for originality for its own sake, that tends not to be creativity. Only when you get into the problem and the problem becomes clear, can creativity take over."

Charles Ormond Eames, Jr,

Este capítulo presenta los conceptos de verificación y validación de modelos basados en agentes, describe la forma como se realizaron cada uno de estos dos procedimientos sobre el modelo de simulación de ACAP. Los pasos de la verificación incluyen documentación y pruebas de unidad acompañadas de recorridos de código dentro de las posibles pruebas programáticas. Para efectos de la validación del modelo se usó validación de expertos y se muestran los resultados. La verificación y validación corresponde al ciclo de relevancia del ciclo de investigación.

8.1 VERIFICACIÓN

El proceso de verificación de un modelo incluye la verificación del código en dos aspectos:

- identificación de errores de programa y depuración de los mismos,
- verificación de la solución, que se refiere a convergencia e identificación y cálculo de errores de aproximación a la solución,

lo cual debe realizarse antes del proceso de validación (Sankararaman & Mahadevan, 2015).

En la primera parte se realizó la erradicación de errores originados en errores tipográficos, errores de sintaxis, mala comprensión de las instrucciones del lenguaje, ajuste de los parámetros del entorno, errores en tiempos de ejecución (*runtime errors*) y errores lógicos.

No obstante, el énfasis de la verificación en este contexto no es el mismo que en el de la ciencia e ingeniería computacional (Babuska & Oden, 2004), definida –ésta última- como la disciplina que se dedica al uso de métodos y dispositivos computacionales para simular eventos físicos con la finalidad

de predecir eventos físicos (National Research Council, 2012). Puesto que se ha advertido que la ingeniería tradicional, basada en las ciencias de la naturaleza y orientada por la predictibilidad, la confiabilidad y el control centralizado ha derivado en procesos no sustentables (López-Cruz, 2011), y dado que la complejidad del fenómeno estudiado no procede de la gran cantidad de componentes del modelo ni de la existencia de complicados sistemas de ecuaciones diferenciales, es pertinente una aproximación distinta a esta.

En esta investigación, la verificación del modelo es el proceso que permite determinar si el modelo implementado corresponde con el modelo conceptual que fue diseñado y consiste en comprobar que el programa en Netlogo (Wilensky, 1999) haya sido implementado de forma correcta, es decir que implemente con exactitud el modelo conceptual: la formulación del modelo con el protocolo ODD (Grimm et al., 2010), de forma que verificar consiste en producir evidencia (obtener pruebas que sirvan como evidencia) a terceros respecto de que se hizo el esfuerzo suficiente y alcanzable para encontrar y arreglar los errores (Grimm et al., 2006; Grimm, Polhill, & Touza, 2013) para que el programa se comporte de acuerdo con el diseño realizado.

No obstante, debido a la naturaleza estocástica de los modelos implementados, la verificación de la corrección sintáctica del modelo implementado no es suficiente para determinar si el modelo implementado está llevando a cabo la funcionalidad deseada.

Los pasos para la verificación que se pueden realizar se definen como:

- documentación: es un proceso por el cual se registra que el modelo conceptual y el modelo implementado en algún nivel de detalle pueden ser comparados. Con la utilización del protocolo ODD se logra una importante parte de esta documentación,
- pruebas programáticas: buscan asegurar que el modelo implementado hace lo que el programador cree que en efecto hace. Para esto hay cuatro formas de llevarlo a cabo: (i) pruebas de unidad, (ii) recorridos de código, (iii) recorridos de depuración y (iv) pruebas formales; en la presente investigación se utilizaron pruebas de unidad con recorridos de código,
- Casos de prueba: en los que se usan datos generados artificialmente para evaluar si el modelo funciona como se describe. Hay cuatro formas de realizar estos casos de prueba: (i) casos de esquina o de extremo, (ii) pruebas de muestra, (iii) escenarios

específicos y (iv) pruebas de valor relativo (Rand & Rust, 2011), en esta investigación carecía de sentido por el desconocimiento que se tiene del significado de los datos empíricos; estas pruebas se realizan llevando a cabo un cálculo de la correlación entre los datos producidos por el modelo y los datos empíricos. Esta situación puede ser subsanada en la etapa de validación del modelo.

Puesto que la implementación computacional del modelo se realizó mediante su codificación en Netlogo, el código se construyó por segmentos conocidos como 'procedimientos' (lo cual no implica que la programación siga el paradigma de programación procedimental). Estos segmentos de código son distinguibles por bloques *to <procedure id> end*, en donde *<procedure-id>* corresponde a un identificador único de procedimiento, o para abreviar: el nombre del procedimiento.

Para realizar las pruebas programáticas, se realizaron pruebas de unidad –como se presentó antes- en las que las unidades fueron los procedimientos que conformaron el código del programa.

Por ejemplo, *to separate-tech-artefaktsend*, es una unidad de código

```
to separate-tech-artefakts ;; tech-artefakt procedure
  if any? other tech-artefakts-here [
    right random 45
    fd 1
    separate-tech-artefakts
  ]
end
```

Esta unidad de código, si bien está asociada a la existencia de los agentes *tech-artefakts* que fueron creados (*breed*) como una clase distinguible con atributos específicos, en todo lo demás es una porción que fue probada funcionalmente para que realizara (generara comportamiento) como se esperaba. Para cada una de las porciones de código *to <procedure id> end* de la implementación del modelo se realizaron pruebas de unidad.

8.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para complementar este proceso se realizó un análisis de sensibilidad que consistió en explorar el comportamiento del modelo –como un todo unitario- ante ciertos valores extremos de sus variables:

- La inexistencia (valor cero) de la cantidad inicial de artefactos de tecnología (*initial-number-tech-artefakt*) en el entorno de la

organización, permitiendo las demás variables con valores distintos a cero, con la finalidad de comprender lo que sucede en el proceso de identificación de conocimiento disponible, cuando no hay artefactos disponibles, aunque si expertos en el flujo.

- La inexistencia (valor cero) de la cantidad inicial de personas con conocimiento tecnológico en el flujo al que se expone la organización (*initial-number-people*), aunque haya artefactos disponibles.
- La ausencia total de componentes de conocimiento, tanto personas como artefactos en el flujo de conocimiento tecnológico. Esto se realiza inicializando las variables *initial-number-people* y a la vez *initial-number-tech-artefakt* en cero. En esta prueba extrema se evalúa la manera como se comporta la organización ante la completa “inanición” de componentes en el flujo de conocimiento que, genera un “estancamiento” en la generación de innovaciones de la organización, es decir medibles por su impacto en el entorno (OECD-Eurostat, 2006) pues ya se han señalado los mitos y concepciones erradas de lo que es innovación (Hernández, Ramírez, Hernández, & González, 2014; Ramírez, Duque, Hernández, & Avila, 2013) y, de manera similar, la ausencia de “emisión” de personas calificadas al flujo de componentes de conocimiento.
- Un número inicial de barreras de acceso al conocimiento igual a cero (*initial-number-barriers*) representa la ausencia de barreras al acceso de conocimiento, lo cual es una situación improbable en la práctica, puesto que es un estado en el que no existe ninguna dificultad – no se requiere que la organización realice esfuerzo para acceder a los componentes de conocimiento en el flujo externo. Esta situación representa las suposiciones de los modelos de transferencia de tecnología elaborados por los países desarrollados en los que subyace el supuesto de que toda tecnología es absorbida por el receptor por el simple hecho de que no la tienen disponible, por ser una innovación que sólo es producible en los países desarrollados. Este supuesto, es irreal, pues aún subsidiando las barreras económicas, persisten las barreras culturales y sociales, que no son materia de una transacción financiera.
- El ciclo de vida o ‘vida útil’ de los artefactos (*artefakt-life-span*) situado a un valor máximo (8 años) supone una tendencia a la

saturación del flujo de componentes de conocimiento (manteniendo las barreras de acceso constantes), lo que reduce la factibilidad de que la organización identifique conocimiento disponible útil en dicho flujo, no porque se pierdan las capacidades de detección, sino porque la mayor vigencia de los componentes de conocimiento por más tiempo también implica que la organización no encuentra conocimiento externo útil para incorporarlo a su 'base de conocimiento'. De manera similar al anterior, al fijar la variable *tech-people-life-span* en su valor máximo (25 años), lo que significa que la obsolescencia del conocimiento que tienen las personas, ocurre una saturación del flujo de componentes de conocimiento.

- La existencia o no de un área de investigación y desarrollo o (aunque no sean lo mismo en la realidad, para el modelo se consideraron con los mismos efectos) un área de investigación, desarrollo e innovación (*I+D+i_area?*) representa la situación extrema en la que la organización no dispone de medios y actividades explícitas para buscar la generación de 'innovaciones' y por lo tanto es difícilmente capaz de generarlas, es decir, que sean modificaciones o creaciones realizables en el mercado que, en el caso del modelo de simulación se representa por un flujo de componentes de conocimiento.

Es oportuno anotar que esta área se refiere a un componente del interior de la organización y que no es lo mismo que los centros de apoyo para la tecnología y la innovación (Batalha, dos Santos, de Alcântara, & Granemann, 2012), sino que como componente organizacional interno estructuralmente reconoce que las organizaciones facilitan la transformación del conocimiento en aplicaciones que desarrollan nuevo conocimiento (Carvajal Díaz, Ramírez Cajiao, & Hernández Peñaloza, 2011).

- La disponibilidad de una 'base de conocimiento' organizacional, es decir que existan componentes básicos (rutinas organizacionales mínimas), fue un supuesto adoptado en el modelo para referirse a la capacidad para identificar nuevo conocimiento disponible en el flujo de componentes al que se expone la organización. Así, cuando la base de conocimiento está vacía (*emptyKB?*) entonces la organización se encuentra completamente deshabilitada para iniciar una dinámica de sus procesos de conocimiento. Dicho en forma general, carece completamente una capacidad de absorción (ACAP) o, dicho de otra forma, adolece de esa capacidad dinámica como organización.

Esta situación implementó la idea de la imposibilidad de que una organización disponga de la capacidad de identificar componentes útiles o aprovechables en el flujo de componentes de conocimiento a los que se expone la organización, cuando no cuenta con componentes de conocimiento que la habiliten para ello.

8.3 VALIDACIÓN DE EXPERTOS

La validación es el proceso por el cual se evalúa la correspondencia entre el modelo implementado y la realidad. La validación es compleja y relativa, puesto que los modelos son simplificaciones de la realidad, aún en los casos en los que son modelos analíticos.

Los modelos analíticos, es decir la construcción de modelos mediante la identificación de variables del sistema y su 'integración' o interrelación mediante conjuntos de ecuaciones –usualmente ecuaciones diferenciales ordinarias- que evalúan tales variables ha sido la manera tradicional de elaborar modelos en muchos dominios (Parunak, Savit, & Riolo, 1998).

Los modelos basados en agentes se han utilizado como una técnica de simulación que se ha empezado a utilizar en ámbitos distintos a la investigación científica como en situaciones de la vida real de las organizaciones, así como también simulación de flujos, simulación de difusiones y simulación de mercados (Bonabeau, 2002). La validación de modelos basados en agentes exhibe dificultades cuando se busca hacerlo de la misma forma como los modelos de simulación tradicionales o científicas (Klügl, 2008; Parunak et al., 1998; Xiang, Kennedy, Madey, & Cabaniss, 2005) y típicamente se recurre a “sujetos expertos en la materia” para analizar la animación de la simulación (Niazi, Hussain, & Kolberg, 2009) y contrastarla con la experiencia del experto o con la experiencia del experto que ha interactuado con otro sistema.

Cuando la simulación basada en agentes se encuentra en el terreno de los fenómenos organizacionales se deriva un escenario de mayores retos, lo cual ha dado lugar a la economía computacional basada en agentes (Tsfatsion, 2003) es decir el estudio de procesos económicos modelados como sistemas dinámicos de agentes interactuantes. Si la validación debe realizarse sobre un modelo de simulación que está siendo utilizado con propósitos de asistir en el proceso de toma de decisiones de incorporación de TIC en una organización cuya base de conocimiento es marginal en dicho tema las situaciones exhiben mayores desafíos como la falta de disponibilidad de datos o la improcedencia de los datos existentes para validar una situación contingente o coyuntural.

Se ha afirmado que los modelos de simulación generan la emergencia de fenómenos en el macro-nivel que algunas veces representan en forma muy aproximada datos empíricos. Y en contraste, los procesos subyacentes del micro-nivel son poco reales, si bien en ocasiones sucede lo mismo con los procesos del macro-nivel (Yilmaz, 2006).

Esta característica es relevante para el caso de esta investigación, pues si bien el modelo del constructo de la capacidad de absorción ACAP presentado en el capítulo 6 como re-diseño propio en este trabajo, es justamente un constructo (capítulo 1), son los efectos en el macro-nivel, es decir la capacidad de absorción (ACAP) de conocimiento, como resultante de la interacción de varios (conjuntos de rutinas organizacionales) lo que conduce a la ocurrencia (o desaparición) de la ACAP de la organización ante un flujo de componentes de conocimiento.

En el caso de las rutinas organizacionales para desarrollar la capacidad de absorción (ACAP) de conocimiento tecnológico relacionado con TIC dentro de organizaciones del sector salud - IPS, en donde el conocimiento de base fundamental (las rutinas organizacionales) no está orientado a la identificación y aprovechamiento de TIC sino a la atención en salud, el proceso de validación está relacionado con la finalidad específica que busca la organización en particular, aun perteneciendo al mismo sector. Esto tiene sentido cuando la organización busca periódicamente el cambio de una situación específica, es decir el alcance de una meta particular y, especialmente, cuando dicha meta particular es el desarrollo de su competitividad.

El estudio desde este punto de vista es valioso puesto que esta situación puede repetirse en otro tipo de organizaciones, de acuerdo con los mismos supuestos de que sus acciones cotidianas o principales son distintas de la identificación y aprovechamiento de TIC, pero a la vez es una de las fuentes de dificultad respecto de la efectividad del proceso de validación del modelo.

Puesto que los modelos de simulación se producen con distintos propósitos, la elección de una técnica de validación depende de cada propósito específico. Puesto que la validación del modelo de simulación en esta investigación consiste en comprobar si el re-diseño del constructo ACAP representa los efectos prácticos de las rutinas organizacionales para incorporar TIC a IPS, es decir explorar formas de describir e implementar un constructo como es la ACAP, resulta pertinente la validación por expertos, esto es: la utilización de un artefacto para que los involucrados (*stakeholders*) en la decisión puedan observar (y contrastar con su

experiencia pasada) la utilización del artefacto desarrollado que es un modelo de simulación.

De acuerdo con la metodología definida para este proceso de investigación (Hevner & Chatterjee, 2010), el ciclo de relevancia empieza con un contexto de aplicación que provee los requerimientos para la investigación, es decir la oportunidad a ser abordada y también define los criterios de aceptación para la evaluación de los resultados de investigación. Dichos criterios están orientados por la pregunta: ¿el artefacto mejora el entorno y cómo puede ser medida dicha mejora? En la práctica, son los resultados de las pruebas los que determinan la necesidad de realizar iteraciones adicionales del ciclo de relevancia.

En ese contexto, la validación del modelo de simulación presentado en el capítulo 7 busca evaluar la forma como dicho modelo corresponde con la realidad de los tomadores de decisión los efectos de vigilar el entorno para identificar y buscar la adquisición de componentes de conocimiento tecnológico como los artefactos y las personas con conocimiento tecnológico y mejorar la forma como toman esas decisiones.

Para efectos de la validación, se recurrió a “validación de experto”, que se realizó en este caso mediante la exposición *in situ* del artefacto a ‘expertos’ de IPS. Esto consistió en presentar ante cada uno de las personas de distintas IPS el programa de computador para que interactuara directamente con el mismo y expresara en cuál sentido la forma como el programa permitía la configuración inicial (*sliders* con valores ajustables previo inicio de la ejecución) y a partir de dichas situaciones iniciales se ejecutaba una simulación en la que el usuario podía ‘orientar’ la organización (visualizada por una ‘nave’ azul alrededor de la cual pasan ‘componentes de conocimiento’ y barreras) hacia la ‘búsqueda’ -en el flujo del entorno- de aquellos componentes conocimiento que cumplen con la idea de complementación de la base de conocimiento organizacional.

En este contexto, se resalta que el significado de ‘evaluador experto’ no consiste en una persona que a la vez sea experto en informática y en los procesos de negocio propios de las IPS. La categoría de experticia se asigna a la persona que tiene conocimiento de:

- La forma como previamente se han realizado procesos de selección de artefactos tecnológicos TIC en eventos previos.
- Dispone de un conocimiento operacional respecto de cuáles son los elementos de TIC que apoyan los procesos de la IPS, especialmente en la atención a la salud. Con esto se quiere decir, que se trata de

una persona que dispone de una visión panorámica del apoyo y desempeño que los artefactos TIC dan a cada área.

- Aún hace parte de los comités que pueden tomar decisiones para la adquisición de TIC que se requiere incorporar a los procesos de la IPS.

Se realizaron en total dos iteraciones con los expertos. Esto permitió mejorar la interfaz con el usuario, facilitar la identificación de los elementos de la interfaz y, permitir que el usuario ganara habilidad en el uso del artefacto.

Dentro del proceso en el que el 'evaluador experto' interactuó con el programa en ejecución que es una animación por computador, se recibieron confirmaciones respecto del funcionamiento que el usuario esperaba:

- Cuando la organización se "orienta" a la identificación e incorporación de componentes de conocimiento 'personas', en desmedro de la identificación e incorporación de los 'artefactos' (componentes de conocimiento también), estos últimos tienden a disminuir finalmente en el acervo total del flujo de conocimiento en el entorno. El experto explica que esto se debe a la progresiva obsolescencia de los artefactos dentro de la organización, que dispone de un área de I+D+i pero no orientada a TIC sino a procesos de salud.

Se explicó a los evaluadores que el modelo estaba concebido con algunas premisas epistemológicas que derivaron en el comportamiento que observaron como 'razonable' de parte del modelo computacional:

- a) Que el agente que representa a la organización sólo va a 'capturar' aquellos componentes de conocimiento disponibles en el entorno, representados en 'personas' o 'artefactos', que dispongan de los patrones de conocimiento que requiere la base de conocimiento de la organización.
- b) Que no es posible para una organización con una base de conocimiento vacía –es decir- sin conocimiento disponible para identificar cuál conocimiento le pudiera ser útil, 'capturar' ningún componente de conocimiento del flujo.

Los evaluadores opinaron que el comportamiento era razonable dentro de su experiencia, por lo que cuando no se dispone del

conocimiento suficiente para contratar nuevas tecnologías, se recurre a servicios de asesoría y consultoría externa. (Estos elementos no están considerados en el modelo computacional que se desarrolló).

En forma simétrica, el evaluador probó los efectos de que la organización se “oriente” a la adquisición sistemática de artefactos del flujo de conocimiento en el entorno organizacional, desfavoreciendo la orientación a la vinculación de componentes de conocimiento ‘personas’ del flujo organizacional. Los evaluadores expertos observaron que progresivamente el flujo de conocimiento incorporado a las personas disminuía progresivamente, lo cual lo consideraron razonable.

Un evaluador observó que en entornos con ‘ciclo largo de tecnología’ no se requería de excedente de personas con dicho conocimiento, lo que puede suceder en el caso de empresas con maquinaria amarilla (retroexcavadoras, por ejemplo). Se le solicitó a dicho evaluador ampliar su explicación y mencionó que dentro de las obras civiles la maquinaria que se utiliza es reutilizable en periodos mayores de ocho años, mientras que los procesos de construcción de edificios pueden tomar de dos a tres años. Entiende que debido a que el uso de la maquinaria exige personal técnico entrenado de perfil operativo.

- Con la combinación de componentes de conocimiento, es decir, cuando los evaluadores decidieron orientar periodos a búsqueda de ‘personas’ de manera equitativa con búsqueda de ‘artefactos’ el resultado fue una evolución estabilizada de los componentes de conocimiento de la organización.
- Uno de los evaluadores manifiesta que es valioso reconocer en el modelo las distintas ‘generaciones’ de artefactos en el torrente de conocimiento tecnológico del entorno organizacional. Manifiestan que la tecnología de radiología para generar imágenes diagnósticas ha evolucionado generando dos situaciones particulares: (i) con el uso de radiografías se requería de auxiliares de radiología, que significaba no sólo el proceso de revelado y uso físico de placas, difícilmente integrables a la historia clínica del paciente; (ii) las tecnologías disponibles con visibilidad 3D permiten diagnósticos más eficaces y permiten que sea integradas a la historia clínica electrónica del paciente.

Además del acompañamiento que se realizó a los evaluadores durante el procedimiento de interacción con el artefacto tecnológico, se aplicó un cuestionario que fue diseñado en relación con la validación (Anexo 4).

8.4 RESUMEN

Se presentaron los conceptos de verificación y validación como procesos que anteceden el primero al segundo y que se requieren para dar cuenta de la utilidad del modelo implementado. En el contexto de la modelación realizada, el criterio de verificación se orienta a comprobar que el modelo implementado corresponde plenamente con el modelo conceptual, en tanto que la validación busca determinar el grado en cual el modelo implementado refleja lo que se desea generar en el entorno de la realidad, puesto que los criterios de decisión de la adquisición de TIC por las IPS sólo están en el conocimiento de quienes se enfrentan a tomar estas decisiones que están por fuera de su cotidianidad y, en ocasiones, de su conocimiento cotidiano.

REFERENCIAS

- Babuska, I., & Oden, J. T. (2004). Verification and validation in computational engineering and science: basic concepts. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 193(36), 4057-4066.
- Batalha, M. O., dos Santos, D. T., de Alcântara, N. G., & Granemann, S. R. (2012). Choosing Locations for Technology and Innovation Support Centers: Methodological Proposal and Brazilian Studies *Technological, Managerial and Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation and Sustainable Development* (pp. 474-489): IGI Global.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3), 7280-7287.
- Carvajal Díaz, J. A., Ramírez Cajiao, M. C., & Hernández Peñaloza, J. T. (2011). Observe, Conceive, Design, Implement and Operate: Innovation for Sustainability *Technological, Managerial and Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation and Sustainable Development: Dynamic Innovation and Sustainable Development* (pp. 105): IGI Global.
- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., . . . Huse, G. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological modelling*, 198(1), 115-126.
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: a review and first update. *Ecological modelling*, 221(23), 2760-2768.

- Grimm, V., Polhill, G., & Touza, J. (2013). Documenting social simulation models: the ODD protocol as a standard *Simulating Social Complexity* (pp. 117-133): Springer.
- Hernández, J., Ramírez, M. C., Hernández, J., & González, J. M. (2014). *Formación para la "innovación con base en conocimiento": un proyecto interdisciplinario con Ingeniería*. Paper presented at the Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.
- Hevner, A. R., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems : theory and practice*. New York; London: Springer.
- Klügl, F. (2008). *A validation methodology for agent-based simulations*. Paper presented at the Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing.
- López-Cruz, O. (2011). Predictibilidad, confiabilidad y control centralizado *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 10(2), 71-72.
- National Research Council. (2012). *Assessing the reliability of complex models: mathematical and statistical foundations of verification, validation, and uncertainty quantification*. Washington D.C.: National Academies Press.
- Niazi, M. A., Hussain, A., & Kolberg, M. (2009). *Verification and validation of agent based simulations using the VOMAS (virtual overlay multi-agent system) approach*. Paper presented at the MAS&S at Multi-Agent Logics, Languages, and Organisations Federated Workshops (MALLOW).
- OECD-Eurostat. (2006). *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3a ed.* . Traducción española: Grupo Tragsa. Empresa de Transformación Agraria S.A.
- Parunak, H. V. D., Savit, R., & Riolo, R. L. (1998). *Agent-based modeling vs. equation-based modeling: A case study and users' guide*. Paper presented at the International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation.
- Ramírez, M. C., Duque, M., Hernández, J. T., & Avila, A. (2013). *Innovar en el aula en ciencia y tecnología con ingeniería*. Paper presented at the WEEF 2013 Cartagena, Colombia.
- Rand, W., & Rust, R. T. (2011). Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, 28(3), 181-193.
- Sankararaman, S., & Mahadevan, S. (2015). Integration of model verification, validation, and calibration for uncertainty quantification in engineering systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 138, 194-209.
- Tesfatsion, L. (2003). Agent-based computational economics: modeling economies as complex adaptive systems. *Information Sciences*, 149(4), 262-268.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. Evanston, IL.: Northwestern University.
- Xiang, X., Kennedy, R., Madey, G., & Cabaniss, S. (2005). *Verification and validation of agent-based scientific simulation models*. Paper presented at the Agent-Directed Simulation Conference.
- Yilmaz, L. (2006). Validation and verification of social processes within agent-based computational organization models. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 12(4), 283-312.

9. CONCLUSIÓN

“We live in a society exquisitely dependent on science and technology, in which hardly anyone knows anything about science and technology”

(Sagan, 1989).

“How can we decide national policy if we don't understand the underlying issues?”

(Sagan, 1989).”

9.1 ESCOLIO

Retomando la motivación de esta investigación, que se resume en el deseo de mejorar el entorno introduciendo un artefacto, en este caso un programa de computador para simular la configuración de rutinas de capacidad de absorción, así como los procesos para construir el artefacto (Hevner & Chatterjee, 2010; Simon, 1996), procede discurrir alrededor del significado de “*configuración*”.

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española, la palabra configuración tiene dos acepciones:

1. f. Disposición de las partes que componen una cosa y le dan su peculiar forma y propiedades anejas (anejo: Unido o agregado a alguien o algo; con dependencia, proximidad y estrecha relación respecto a él o a ella).
2. f. *Inform.* Conjunto de los aparatos y programas que constituyen un sistema informático.

La primera acepción es la que hace referencia a la investigación desarrollada y de la cual se informa aquí.

Desde la perspectiva etimológica, *configuración* viene del lat. *configuratio*, *-ōnis*, es una palabra compuesta del verbo activo transitivo “*configura*” y del sufijo “*ción*” que indica efecto, hecho o acción de, viene del latín “*configuratio*”. En resumen, acción de configurar.

Por su parte, el verbo “configurar” significa dar una completa forma o una forma determinada a algo, viene del latín *configurare*. A su vez, *configurare* se integra por el prefijo *con* (junto, todo), que se asocia con una raíz indoeuropea *kom* (junto, cerca de) y la palabra *figura* (imagen, forma modelada) y *Figura* está compuesta por la raíz del verbo *ingere* (modelar, formar, copar o simular una realidad) y el sufijo latino “*ura*” que significa actividad resultante de la raíz.

En consecuencia, “configuración” tiene el sentido de dar una forma determinada mediante la acción de modelar una “realidad”. Y precisamente, ésta investigación buscó darle una forma al constructo capacidad de absorción (ACAP) (Cohen & Levinthal, 1990), idea que existe en las ciencias naturales, pero que los investigadores consideraron apropiada también para referirse a la forma como las organizaciones aprovechan el conocimiento de su entorno.

La investigación ‘Configuración de Rutinas de Capacidad de Absorción’ discurrió en el entorno de las organizaciones como artefactos sujetos del quehacer de la ingeniería e inmersos en un entorno dinámico y complejo (Morin & Pakman, 2011) en el que el conocimiento tecnológico está incorporado a artefactos y es del dominio de personas.

A diferencia de los contextos epistemológicos de los países creadores de tecnología, esta investigación privilegia –le da papel protagónico- a la organización que requiere del conocimiento tecnológico para mejorar su competitividad e incrementar su productividad –más lo primero que lo segundo- y que reconoce que aunque el conocimiento estuviese disponible siempre, se requiere de capacidades dinámicas (Teece & Pisano, 1994) para su identificación e interiorización, especialmente la capacidad dinámica identificada como ACAP. Uno de sus valores importantes es el cambio de perspectiva. La perspectiva del que requiere la tecnología que no produce, especialmente por estar en una economía de corte tercermundista. Su relevancia es mayor en cuanto que el entorno contemporáneo de las organizaciones no es el de la economía basada en la industria sino en el de la economía basada en el conocimiento.

9.2 HALLAZGOS

El ciclo de rigor facilitó el re-diseño del constructo capacidad de absorción de forma que la capacidad dinámica diera cuenta de la manera como la organización misma puede afrontar la complejidad del entorno de difusión de la tecnología que genera flujos –posiblemente amorfos- de componentes de conocimiento.

Como parte del ciclo de rigor, los capítulos 2 y 3 adelantaron la identificación y descripción del contexto en el que las organizaciones transcurren y realizan sus actividades. Se integran entre sí los conceptos de adquisición de tecnología, para darle un sentido en cuanto que es una transacción, pero que hace parte necesaria de la ocurrencia de la difusión tecnológica, la adopción de tecnología, su adaptación y apropiación. Se le da sentido a la aceptación tecnológica como antesala de la asimilación y compatibilidad tecnológica que mediante procesos de explotación, en el sentido de sacar provecho legítimo, conlleva a innovación tecnológica en las organizaciones.

Se explicó por qué la ocurrencia de todos estos procesos verifica la transferencia de tecnología, es decir, la transforma de una idea abstracta de flujo industrial del productor al consumidor, a una realidad de la ingeniería que reconoce la exposición de una organización a un flujo de conocimiento tecnológico que exige diseñar una capacidad específica para aprovechar lo que fluye. Para esto, se revisó la idea de “rutina organizacional” a partir de las cuales se implementó el re-diseño de la capacidad de absorción (ACAP).

La implementación del diseño de ACAP dio a luz el modelo de TT en el contexto de una organización por medio de su capacidad para identificar y sacar provecho del conocimiento tecnológico específico representado en rutinas organizacionales.

A partir de la validación del modelo realizada por medio de expertos de organizaciones específicas (IPS) se observó que las rutinas organizacionales que representaban el conocimiento en la organización (base de conocimiento) son completadas, mantenidas, actualizadas por las decisiones mismas de incorporación de las capacidades inherentes que tienen cada componente de conocimiento tecnológico que puede estar en el entorno de las organizaciones. Y de esta manera el modelo de simulación diseñado permitió alternativas de configuración para disponer de una u otra manera los procesos que conforman el diseño de la capacidad de absorción (ACAP) tecnológica de las IPS, como organizaciones con base de conocimiento enfocado a actividades no TIC, como es la salud.

En el ciclo de diseño se implementó un modelo de simulación basado en agentes que permitió observar la forma como se configuraban las rutinas organizacionales relacionadas con el procesamiento de conocimiento tecnológico en relación con distintas situaciones del entorno cambiante conformado por distintos componentes de conocimiento.

9.3 LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación partió del interés en la ineficacia de la TT para generar efectos de beneficio en las personas como sociedad, y transitó con el mismo enfoque pero con cambio de nivel de ‘abstracción’ desde el macro-nivel del agregado de una economía al micro-nivel de las organizaciones de individuos humanos. Considerando que lo máxima ‘resolución’ de esta mirada microscópica es el ser humano, la investigación llegó a dicho límite sin incursionar en el dominio de la psicología.

Se partió de una capacidad dinámica de las organizaciones, la capacidad de absorción (ACAP), para representar las capacidades potenciales y efectivas para identificar conocimiento útil del entorno y la capacidad para transformarlo

y aprovecharlo en las acciones del nivel organizacional. Se representó el conocimiento organizacional en términos del concepto rutina organizacional, no porque la rutina organizacional codificara el conocimiento en sí sino porque la rutina organizacional revela –pone en evidencia- lo que el conocimiento explícito o tácito del que dispone la organización está en capacidad de realizar.

No obstante, considerando que la tecnología es esencialmente conocimiento, y el conocimiento es un proceso cognitivo que se materializa primero en el nivel individual, se razona que el conocimiento organizacional es un fenómeno que emerge a partir de las acciones de los individuos en dicho entorno.

La incorporación de la investigación basada en el diseño en este estudio significó una oportunidad para encontrar conocimiento en un tema que ha venido siendo abordado por las metodologías de investigación tradicionales. Esto presentó la dificultad de abordar las actividades propias del ciclo de relevancia sobre un constructo. Esto es, sobre un artefacto esencialmente carente de asidero material. Esta dificultad se afrontó teniendo en cuenta que pese a la inmaterialidad del artefacto ACAP, sus consecuencias sí son tangibles en términos del cambio de competitividad de la organización y, eventualmente, del flujo total de componentes de conocimiento (artefactos y personas) en el entorno organizacional.

Existen por lo menos dos aportes de este trabajo al conocimiento en ingeniería:

- Un modelo operacional integrado de la capacidad de absorción (ACAP) de conocimiento que busca ayudar a desarrollarla en las organizaciones asistiendo al encargado de identificar y buscar el aprovechamiento de TIC. Por tanto, es un modelo de carácter prescriptivo.
- Una construcción conceptual que contextualiza y desarrolla el constructo capacidad de absorción (ACAP) dentro de los artefactos “organizaciones”. Lo contextualiza dentro del diseño de las organizaciones humanas que, como artefactos, pueden ser visualizadas dentro del alcance de la investigación en ingeniería. También en el entorno concreto de las organizaciones con baja tradición en creación de conocimiento tecnológico para generar ventaja competitiva e incrementar su productividad.

Estos aportes se dan bajo la comprensión de la ingeniería más allá de las fronteras disciplinares restringidas al accionar especializado de la elaboración de artefactos *per se*. Es entender la ingeniería con la capacidad de generación de nuevo conocimiento caracterizado por la potencialidad de transformación de la realidad a partir del diseño.

El conocimiento de ingeniería generado en esta investigación es de carácter prescriptivo en cuanto que desarrolla ideaciones sobre la forma como pueden configurarse las rutinas (organizacionales) que conforman la ACAP de

conocimiento tecnológico, que de hecho es un constructo diseñado y luego implementado en un artefacto computacional. La investigación adelantada no busca ninguna verdad sino que privilegia la utilidad como criterio de verdad, pero propone hipótesis que causalmente enlacen diseño y requerimiento en el marco de una teoría.

9.4 LIMITACIONES

Las limitaciones de este trabajo se pueden caracterizar por su naturaleza en limitaciones conceptuales y limitaciones de implementación. Entre las primeras está la idea de haber optado por el concepto de rutina organizacional más afín con la primera de las tres tendencias de definiciones de rutinas organizacionales.

Las limitaciones de implementación empiezan por el carácter monousuario del modelo de simulación que, podría arrojar resultados distintos si hubiese un entorno multiusuario para que en tiempo real varios usuarios probaran los resultados de sus decisiones. Por supuesto que este puede ser un desarrollo futuro.

Una segunda limitación es la presentación de la organización en el modelo computacional. El diseño de la forma en la interfaz no representa ninguna característica en particular, salvo por la “orientación” hacia el flujo de conocimiento en el entorno.

A propósito del flujo de conocimiento, el modelo de simulación genera en el entorno los flujos sin ningún patrón en particular, lo cual podría no ser necesariamente cierto. Además, los flujos de conocimiento incorporados a los artefactos tecnológicos no tienen ninguna distinción de los flujos de conocimiento asociados a las personas.

Por otra parte, las barreras también han sido programadas como si conformaran un flujo en el entorno de las organizaciones. No obstante, no está probado que exhiban comportamiento de flujo. La razón de su implementación de esta manera fue para confrontar el flujo de conocimiento de los artefactos y de los individuos dentro de la interfaz. Además, si las barreras pudiesen ser modeladas como un flujo, el flujo en el programa de computador es aleatorio, lo cual tampoco está probado. El aspecto positivo de esta situación es que puede ser investigada una mejor manera para representar las barreras y su aparente aleatoriedad en el entorno.

En relación con las barreras, también hay que decir que la interacción de éstas con los artefactos y con el conocimiento en las personas fue modelado de forma que el contacto con una barrera representaba la desaparición de la fuente. No

obstante, es posible que el efecto de las barreras no sea la desaparición sino de alguna forma de ralentización o afectación de las fuentes de conocimiento.

9.5 INVESTIGACIÓN FUTURA

Los aportes realizados en esta investigación pueden ser ampliados mediante diversas actividades que los complementen. Las limitaciones expuestas en la sección correspondiente son, en su mayoría, también oportunidades de mejora con posibilidades de investigación y desarrollo.

En estricto sentido, representa investigación futura, dentro de los resultados del ciclo de rigor –y en relación con el ciclo de diseño- la posibilidad de evaluación de la completitud de la conformación de la capacidad dinámica ACAP, es decir, comprobar si el constructo representa la variedad de rutinas que las organizaciones innovadoras impulsan para adelantar. Es un elemento teórico íntimamente relacionado con la concepción del artefacto de software modelo de simulación desarrollado.

El diseño del ACAP propuesto en esta investigación fue presentado en el Congreso Nacional e Internacional en Innovación en la Gestión de Organizaciones, en abril de 2016. En dicho escenario, la concepción del constructo Capacidad de Absorción fue percibida más como un pre-diseño de ‘alguna máquina de ingeniería’ que un desarrollo de un constructo. Esto fue significativo, puesto que en escenarios académicos de ingeniería, fue catalogado más como una creación en ingeniería industrial. Estas percepciones validan el hecho de que se trata –después de todo- como un constructo que se encuentra en los límites de varias disciplinas y, por tanto, es una oportunidad para continuar explorando dicho re-diseño del ACAP y eventualmente validarlo con datos empíricos en entornos hospitalarios, así como en IPS particulares, no adscritas a EPS, puesto que usualmente en los maridajes EPS-IPS, las primeras predeterminan las decisiones de las segundas.

Como se anunció en el capítulo 3, la medida de cada Δp sobre el eje horizontal para cada uno de los componentes presentados de la TT, la altura de cada una de las características en las abcisas de ‘capacidad de absorción’ y la comprobación de la altura de la línea que establece el límite entre la zona blanca y la zona gris (fig. 3.5) puede ser sujeto de comprobación experimental o de otras formas de investigación. Establecer las unidades para el eje de las abcisas, así como su escala es una posibilidad de generación de nuevo conocimiento acerca del constructo ACAP y su relación con la TT que, a priori, se ha apreciado que está en relación directa.

Un desarrollo ulterior, para efectos de complementariedad de lo anterior, consiste en integrar las etapas de TT definidas en el capítulo 3 (fig. 3.5) con las zonas de capacidad de absorción potencial (PACAP) y capacidad de absorción alcanzada (AACAP) definidas en el modelamiento presentado en el capítulo 6.

Desde el punto de vista del modelo de simulación se percibe la posibilidad de acudir a la implementación de rutinas organizacionales atendiendo más a las otras dos vertientes de concepto: (i) como conjuntos de reglas o procedimientos operativos estándar y (ii) como tendencias que se vinculan a comportamientos previamente adoptados o adquiridos que pueden ser activados por los estímulos o contextos apropiados. En todo caso es importante resaltar que ninguna de las tres corrientes del concepto de rutina organizacional identificada en este estudio – esto incluye su concepción como patrones repetidos de comportamiento o patrones recurrentes de interacción para realizar actividades a la escala organizacional – pueden ser implementadas sin tomar componentes de las otras.

La ampliación de la implementación del constructo en un entorno (por ejemplo un entorno de red) en el que participen múltiples organizaciones, podría arrojar mejores resultados respecto de la manera como se conforma el flujo de conocimiento en el entorno de las organizaciones. Si bien esta noción de “flujo de conocimiento” puede resultar una extrapolación de los conceptos de estudio de flujos continuos – como en hidrología – existe la oportunidad de validar la estructura e incluso la validez misma de la utilización de las herramientas de estudio de flujos en estos contextos. Después de todo resulta natural pensar que el tomador de decisiones de adquisición de TIC en alguna organización enfrentado a un flujo de conocimiento tecnológico, puede comportarse como el timonel o el auxiliar de timonel de las naves, como dicen que inspiró a Norbert Wiener en la presentación de la Cibernética y, posteriormente incidió sobre las ideas de Heinz Von Foerster en su cibernética de la cibernética.

9.6 RESUMEN

En esta parte final, se realizó una recapitulación sobre la aproximación conceptual y contextual de esta investigación. La forma como se lograron los objetivos planteados a través del diseño conceptual de un artefacto (ACAP) y su implementación en un modelo computacional que asiste a los tomadores de decisiones de adquirir TIC en la evaluación de los efectos de la incorporación de conocimiento a su organización. Se presentan como aportes principales de esta investigación (i) un modelo operacional integrado de la capacidad de absorción (ACAP) de conocimiento que busca ayudar a desarrollarla en las organizaciones y (ii) una construcción conceptual que contextualiza y desarrolla el constructo capacidad de absorción (ACAP) dentro de los artefactos “organizaciones”. Finalmente, se proponen algunos cursos posibles de continuación de la investigación.

REFERENCIAS

- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Hevner, A. R., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems : theory and practice*. New York; London: Springer.
- Morin, E., & Pakman, M. (2011). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona (España: Gedisa.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (Vol. 136): MIT press.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and corporate change*, 3(3), 537-556.

ANEXO 1

Protocolo ODD para el diseño del sistema basado en agentes

<i>Elementos</i>	<i>estructurales</i>	<i>Preguntas guía</i>
<i>I. Descripción</i>	I.i Propósito	I.i.a ¿Cuál es el propósito del estudio? I.i.b ¿Para quién es diseñado el modelo?
	I.ii Entidades, variables De estado y escalas	I.ii.a ¿Cuál clase de entidades hay en el modelo? I.ii.b ¿Cuáles atributos (i.e. variables y parámetros) caracterizan a estas entidades? I.ii.c ¿Cuáles son los factores exógenos (drivers) del modelo? I.ii.d Si aplica ¿cómo se incluye el espacio en el modelo? I.ii.e ¿Cuáles son las resoluciones espaciales y alcances del modelo?
	I.iii Descripción de procesos y programación	I.iii.a ¿Cuál entidad hace qué, y en qué orden?
<i>II. Conceptos de diseño</i>	II.i Antecedentes teóricos y empíricos	II.i.a ¿Cuáles conceptos generales, teorías o hipótesis subyacen al diseño del modelo en el nivel del sistema o al nivel de los sub-modelos, (aparte del modelo de decisión)? ¿cuál es el vínculo con la complejidad y el propósito del modelo? II.i.b ¿sobre cuáles suposiciones se basa el(los) modelos de decisión del (los) modelos? II.i.c ¿Por qué se escogen ciertos modelo(s) de decisión? II.i.d Si el modelo está basado en datos empíricos, ¿de donde proceden los datos? II.i.e ¿A cuál nivel de agregación estaban disponibles los datos?
	II.ii Toma de decisiones Individual	II.ii.a ¿Cuáles son los sujetos y objetos de la toma de decisiones? ¿sobre cuál nivel de agregación es modelada la toma de decisiones? ¿Se incluyen múltiples niveles de toma de decisión? II.ii.b ¿Cuál es la racionalidad básica detrás de la toma de decisiones de agentes en el modelo? ¿Los agentes persiguen un objetivo explícito o tienen otro criterio de éxito? II.ii.c ¿cómo toman decisiones los agentes? II.ii.d ¿Los agentes adaptan su comportamiento a variables de estado endógenas o exógenas cambiantes? II.ii.e ¿Las normas sociales o valores culturales juegan algún papel en el proceso de toma de decisiones? II.ii.f ¿Los aspectos espaciales juegan algún papel en el proceso de decisión? II.ii.g ¿Los aspectos temporales juegan algún papel en el proceso de diseño? II.ii.h ¿en cuál extensión y cómo se incluye la incertidumbre en las reglas de decisión de los agentes?
	II.iii. Aprendizaje	II.iii.a ¿se incluye el aprendizaje individual en el proceso de decisión? ¿cómo cambian los individuos sus reglas de decisión en el tiempo como consecuencia de su experiencia? II.iii.b ¿Se implementa el aprendizaje colectivo en el modelo?
	II.iv. Detección individual	II.iv.a ¿cuáles variables de estado endógenas y exógenas se asume que los individuos detectan y consideran en sus decisiones? ¿Puede errarse en el proceso de detección? II.iv.b ¿Cuáles variables de estado de cuáles otros individuos puede percibir un individuo? ¿puede errarse en el proceso de detección? II.iv.c ¿cuál es la escala espacial de detección? II.iv.d ¿Los mecanismos por los cuales los agentes obtienen información son Modelados explícitamente, o se supone que los individuos conocen estas variables? II.iv.e ¿Los costos de cognición y los costos de recolección de información están incluidos explícitamente en el modelo?
	II.v. Predicción Individual	II.v.a ¿cuáles variables usan los agentes para predecir condiciones futuras? II.v.b ¿cuáles modelos internos se asume que los agentes usan para estimar Condiciones futuras o consecuencias de sus decisiones? II.v.c Podrían los agentes errar en el proceso de predicción, y Cómo es implementado?
	II.vi. Interacción	II.vi.a ¿Se asumen las interacciones entre los agentes como directas o indirectas? II.vi.b ¿De qué dependen las interacciones? II.vi.c Si las interacciones involucran comunicación ¿cómo se representan tales comunicaciones?

<i>Elementos</i>	<i>estructurales</i>	<i>Preguntas guía</i>
<i>III) Detalles</i>		II.vi.d Si existe una red de coordinación ¿cómo afecta la conducta del agente? ¿La estructura de la red es impuesta o emergente?
	II.viii Colectividades	II.vii.a ¿los individuos forman o pertenecen a agregaciones que afectan y son afectadas Por los individuos? ¿Las agregaciones son impuestas por el modelador o emerge Durante la simulación?
		II.vii.b ¿cómo se representan los colectivos?
	II.viii. Heterogeneidad	II.viii.a Los agentes son heterogéneos? En caso afirmativo, ¿cuáles variables de estado y/o procesos difieren entre agentes?
		II.viii.b ¿en la toma de decisiones los agentes son heterogéneos? En caso afirmativo, ¿Cuáles modelos de decisión u objetos de decisión difieren entre agentes?
	II.ix. Estocasticidad	II.ix.a ¿cuáles procesos (incluyendo la inicialización) se modelan asumiendo que son aleatorios o parcialmente aleatorios?
	II.x Observación	II.x.a ¿cuáles datos son recolectados a partir de la prueba del MBA, entendiendo y Analizándolo, y cómo y cuándo se recolectan?
		II.x.b ¿cuáles resultados, características, salidas clave del modelo emergen de los Individuos? (Emergencia)
	III.i Detalles de implementación	III.i.a ¿cómo ha sido implementado el modelo? III.i.b ¿Hay acceso al modelo? En caso afirmativo ¿dónde?
	III.ii Inicialización	III.ii.a ¿cuál es el estado inicial del mundo del modelo, i.e., en el momento t=0 de una ejecución de la simulación? III.ii.b La inicialización ¿es siempre la misma o se permite variación entre simulaciones? III.ii.c ¿los valores iniciales son arbitrarios o basados en datos?
	III.iii Datos de entrada	III.iii.a ¿El modelo usa entrada de fuentes externas, tales como archivos u otros modelos para representar los procesos que cambian en el tiempo?
	III.iv Submodelos	III.iv.a ¿cuáles son los submodelos, en detalle, que representan los procesos listados en 'Descripción de procesos y programación'? III.iv.b ¿Cuáles son los parámetros del modelo, sus dimensiones y valores de referencia? III.iv.c ¿Cómo fueron diseñados o seleccionados los modelos y cómo fueron parametrizados y luego probados?

ANEXO 2

Código parcial de la implementación del sistema basado en agentes orientado por ODD para simulación de configuración de rutinas de capacidad de absorción ACAP

```
;------ ACAP 2017 -----
globals [
  ; Switches describes for documentation purposes:
  ;I+D+i_area ;; It is a switch defined at the interface level. If the organization has an I+d+i area the
switch must be ON.
  ;empty_knowledge_base; It is a switch defined at the interface level. If there is no ACAP org-routine
the switch must be OFF,
  ; otherwise, the program assigns a random set of organization routines (to the knowledge base).
]

breed [organizations organization];; defines the class of organizations.
breed [tech-artefakts technologies];; defines the class of technological artefacts.
breed [tech-people techies];; define the class of people who "knows"
breed [barriers barrier];; define the class of agents preventing access to tech.

organizations-own [
  id-rec-rout ;; identification and recogniton routines.
  acquisition-rout ;; acquisition routines.
  assimilation-rout ;; assimilation-rout.
  adopt-adapt-rout;; adoption-adaptation routines.
  accept-rout;; acceptance routines.
  transf-rout;; transformation-routines.
  exploitation-rout;; exploititation routines.
  innovation-rout;; innovation-routines.
  competitive-adv;; increases by 2 when a new innovation routine is added to the list.
  productivity;; increases by 1 when a new explitation routine is added to the list and when
  ;; a newv innovation routine is added to the list.
  impact-on-ec-dev;; increases by 0,5 when a new innovation routine is added to the list.
]

tech-artefakts-own [
  tek-knowledge ;; A list representing actions that can be done by this artefact.
  life-span ;; refers to the lifetime the technological knowledge may produce significant value.
  time_before_innovation ;
]

tech-people-own [
  tek-knowledge ;; A list representing actions that can be done by a person.
  life-span ;; refers to the lifetime the technological knowledge may produce significant value.
  enabled_to_bring-tech_people;
  time_before_quiting_trained_people;
]
;----SETUP -----
to setup
  clear-all
  reset-ticks
  type "starts at "
  show date-and-time.....
```

ANEXO 3

PROTOCOLO DE LEVANTAMIENTO DE DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE USO E INNOVACIÓN DEL SERVICIO BASADO EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ORGANIZACIÓN DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA

INTRODUCCIÓN

Este protocolo describe los procedimientos para obtener la estructura de uso y posible generación de innovación con base en tecnologías de información y comunicación TIC en las actividades de organizaciones clasificadas según CIIU Rev. 4 A.C. en División 86 (Q) Atención a la salud humana y asistencia social, Grupo 861 Actividades de atención a la salud humana, Clase 8610 Actividades de los hospitales y clínicas, con internación.

Se indaga sobre los productos, las actividades, los recursos TIC y los instrumentos de apoyo asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación en la organización.

Para los propósitos de este protocolo, las actividades integradas que se realizan en la institución se clasifican en:

- (i) actividad clínica médica,
- (ii) actividad administrativa y
- (iii) actividad de investigación.

De acuerdo con el objetivo principal del uso o destino de los artefactos TIC sea:

- (i) dar soporte a los procedimientos realizados por personal de salud para atender a los pacientes,
- (ii) dar apoyo a la ejecución de las tareas relacionadas con el manejo organizacional y
- (iii) actividades que permiten obtener conocimiento sobre la actividad misional de la organización, en este caso, actividades de atención a la salud humana, respectivamente.

La estructura de este protocolo es la siguiente: La primera sección relaciona al personal que pueda estar involucrado en actividades de innovación con base en TIC con el total de personal de la organización.

La segunda sección indaga por datos de caracterización de TIC de la organización.

La tercera sección busca recabar datos para determinar el potencial de innovación básico.

La cuarta sección indaga por actividades organizacionales que pudieran estar relacionadas con la incorporación de TIC en los procesos de prestación de servicios de la organización o que puedan generar una distinción en el medio.

La quinta sección es un glosario de términos que aparecen en este protocolo y sobre los que la existencia de diversidad de conceptos pudiese dar lugar a sesgos en la interacción entre la investigación y la organización.

I. PERSONAL RELACIONADO CON TIC

1. Total de personal ocupado (con vínculo laboral de cualquier tipo o modalidad con la organización).
2. Total de personal ocupado únicamente en actividades de atención a la salud de los pacientes (esto incluye todo el personal de salud).
3. Total de personal ocupado cuya actividad sólo está en relación con el apoyo a actividades de manejo organizacional (esto incluye contabilidad, administración, contratación, entre otros).
4. Si al sumar la respuesta a las preguntas 2 y 3, el total es distinto a la respuesta a la pregunta 1 ¿a qué actividades se dedican estas personas?
5. Total de personal dedicado a respaldar la actividad de los dispositivos TIC de la organización. ¿Este personal está incluido en el conteo de personal del punto 3?
6. La organización ¿dispone de una o más personas que conducen vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica)?

II. CARACTERIZACIÓN DE TIC

Con el fin de caracterizar las TIC utilizadas, se considerarán los dispositivos electrónicos que permitan conexión (interfaz) computacional. De esta manera, algunos dispositivos electrónicos no serán incluidos cuando no provean la funcionalidad de conexión (integración) con la base computacional de la organización.

A. ¿Existen contratos de outsourcing informático o hosting?

B. Los microcomputadores que se encuentran en uso en la organización ¿son de propiedad de la organización (activos fijos) o se dispone de su uso bajo algún tipo de contrato?

C. ¿cuál porcentaje del presupuesto anual organizacional es destinado para investigación y desarrollo en la organización?

D. Del porcentaje del presupuesto anual destinado por la organización a investigación y desarrollo ¿cuál proporción corresponde a investigación y desarrollo basada en TIC?

E. Si existe un área de la organización responsable de investigación y desarrollo ¿es la misma área responsable de investigación y desarrollo con base en TIC?

F. De los siguientes elementos de hardware y software, señalar si se dispone de ellos y los datos indicados:

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
1	Tomógrafo axial computarizado			
2	Endoscopía (con interfaz a computador)			
3	Imagen de resonancia magnética (con interfaz a computador)			
4	Fluoroscopía			
5	Radiografía (con interfaz a computador) O Radiografía digital			
6	Sistemas de soporte vital apoyado en computador			
7	Ecógrafos (u otros dispositivos que operen con ultrasonido)			
8	Otros dispositivos de bioinformática (¿cuáles?)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
9	Sistema computarizado de historia clínica			
10	Redes sociales especializadas			
11	Directorios electrónicos especializados			
12	Correo electrónico			
13	Almacenamiento en la nube			
14	VoIP Voice over Internet Protocol			
15	Videoconferencia			
16	Programas de gestión de proveedores			
17	Programa para gestión de relaciones con los pacientes (CRM)			
18	Sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS)			
19	Programas para planeación de recursos corporativos (ERP)			
20	Hojas de cálculo electrónico ¿cuál?			
21	Procesadores de texto ¿cuál?			
22	Digitalización de documentos o imágenes (scanning, OCR)			
23	Programas especiales para comunicación de datos.			
24	Otros programas (¿cuáles?)			
25	Computadores de escritorio (desktop)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
26	Computadores portátiles			
27	Computadores móviles (tablets,...)			
28	Otros computadores (Describir)			
29	Otros dispositivos TIC antes no mencionados (distintos a routers, módems, patch panels, multiplexores). ¿Cuáles?			

III. PROPIEDAD INTELECTUAL Y POTENCIAL DE INNOVACIÓN

1. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado internacional.
2. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado nacional.
3. Cantidad de métodos de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados o formas organizacionales o de comercialización nuevas introducidas desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
4. Cantidad de proyectos en curso o abandonados para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o proyectos en curso o abandonados para la introducción de un método de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.
5. Cantidad de registros de patentes de invención obtenidos desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
6. Cantidad de modelos de utilidad registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
7. Cantidad de registros de software realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
8. Cantidad de registros de diseño industrial realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
9. Cantidad de registros de signos distintivos y marcas registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
10. Cantidad de registros de derechos de autor realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.

IV. PROCEDIMIENTOS ORGANIZACIONALES

1. ¿Cuál de las siguientes situaciones/entidades conduce a que la organización tome la decisión de buscar la adquisición de nuevas TIC para la generación de nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes?
 - a. La organización dispone de un equipo de personas que conduce vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica) que informa a la alta dirección la oportunidad de generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes con base en TIC.
 - b. Personal médico presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - c. Personal comercial u otro personal administrativo presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - d. Directivos de la organización presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - e. Pacientes o clientes presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes (incluye informes por “buzones de sugerencia”).
 - f. Proveedores internacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - g. Proveedores nacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - h. Organizaciones de la competencia generan nuevos productos o servicios, o mejora de los existentes con base en TIC.
 - i. Agremaciones y/o asociaciones sectoriales.
 - j. Centros de investigación.
 - k. Universidades.
 - l. Parques tecnológicos o tecnoparques.
 - m. Ferias y exposiciones
 - n. Seminarios y conferencias.
 - o. Libros o revistas.
 - p. Sistemas de información de propiedad industrial.

- q. Sistemas de información de derechos de autor.
 - r. Internet.
 - s. Bases de datos científicas y tecnológicas.
 - t. Instituciones públicas (Ministerios, Superintendencia Nacional de Salud, entidades descentralizadas)
 - u. Colciencias.
 - v. SENA.
 - w. Icontec.
2. ¿Cuáles actividades se tienen previstas para que los elementos adquiridos sean asimilados en las actividades organizacionales?
 3. ¿Cuál o cuáles actividades aseguran razonablemente que los elementos adquiridos son utilizados de manera eficaz por las personas que desarrollan las actividades para las cuales fueron adquiridas?
 4. ¿Cómo se evalúa la transformación que produce el/los elemento(s) adquiridos sobre las actividades organizacionales?
 5. ¿Cuáles riesgos se han identificado en el proceso de medición del aporte a la explotación (beneficio) del (los) elemento(s) adquiridos en los resultados económicos de la organización?
 6. ¿Cómo se identifica el grado de aporte del (los) elementos adquiridos en la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado o en la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva?
 7. En referencia a las actividades o procedimientos que se hayan informado en los puntos 2 a 6 ¿De qué manera se hacen (a) perdurables (o se conservan pero a su vez de divulgan de forma autorizada), (b) se mantiene su integridad, (c) se realizan actualizaciones o modificaciones y (d) se mantiene su confidencialidad?

V. GLOSARIO

GRADO DE INNOVACIÓN: es una categorización de las organizaciones de acuerdo con el avance alcanzado en términos de resultados de innovación. Son cuatro categorías (tomado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE):

a) Innovadoras en sentido estricto: Entendidas como aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional.

b) Innovadoras en sentido amplio: Empresas que en el período de referencia obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado nacional o un servicio o bien nuevo o mejorado para la empresa, o que introdujeron un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado o una forma organizacional o de comercialización nueva.

c) Potencialmente innovadoras: Son aquellas empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el período de referencia; pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación, ya fuera para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o para la empresa; o para la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.

d) No innovadoras: Son aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta no obtuvieron innovaciones, ni reportaron tener en proceso, o haber abandonado, algún proyecto para la obtención de innovaciones.

INNOVACIÓN: todo servicio o bien nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado; todo proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la organización; o todo método organizativo nuevo o técnica de comercialización nueva introducida en la organización.

Nótese que la definición se refiere a procesos y productos nuevos para la organización, así no sean nuevos en relación con el mercado en el que ésta compite. Por otra parte, no son considerados como innovaciones los cambios de naturaleza estética, ni tampoco los cambios simples de organización o gestión, introducidos por la organización. (Adaptado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE).

ANEXO 4

PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE ARTEFACTO DE SOFTWARE DE ABSORCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ORGANIZACIÓN DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA CIIU Rev. 4 A.C. DIVISIÓN 86 (Q).

INTRODUCCIÓN

Este protocolo describe los procedimientos para obtener la estructura de uso y posible generación de innovación con base en tecnologías de información y comunicación TIC en las actividades de organizaciones clasificadas según CIIU Rev. 4 A.C. en División 86 (Q) Atención a la salud humana y asistencia social, Grupo 862 Actividades de práctica médica, Clase 8621 Actividades de práctica médica, sin internación.

Se indaga sobre los productos, las actividades, los recursos TIC y los instrumentos de apoyo asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación en la organización.

Para los propósitos de este protocolo, las actividades integradas que se realizan en la institución se clasifican en (i) actividad de práctica médica, (ii) actividad administrativa y (iii) actividad de investigación, según el objetivo principal del uso o destino de los artefactos TIC sea (i) dar soporte a los procedimientos realizados por personal de salud para atender a los pacientes, (ii) dar apoyo a la ejecución de las tareas relacionadas con el manejo organizacional y (iii) actividades que permiten obtener conocimiento sobre la actividad misional de la organización, en este caso, actividades de atención a la salud humana, respectivamente.

La estructura de este protocolo es la siguiente: La primera sección relaciona al personal que pueda estar involucrado en actividades de innovación con base en TIC con el total de personal de la organización. La segunda sección indaga por datos de caracterización de TIC de la organización. La tercera sección busca recabar datos para determinar el potencial de innovación básico. La cuarta sección indaga por actividades organizacionales que pudieran estar relacionadas con la incorporación de TIC en los procesos de prestación de servicios de la organización o que puedan generar una distinción en el medio. La quinta sección es un glosario de términos que aparecen en este protocolo y sobre los que la existencia de diversidad de conceptos pudiese dar lugar a sesgos en la interacción entre la investigación y la organización.

I. PERSONAL RELACIONADO CON TIC

1. Total de personal ocupado (con vínculo laboral de cualquier tipo o modalidad con la organización).
2. Total de personal ocupado únicamente en actividades de atención a la salud de los pacientes (esto incluye todo el personal de salud).
3. Total de personal ocupado cuya actividad sólo está en relación con el apoyo a actividades de manejo organizacional (esto incluye contabilidad, administración, contratación, entre otros).
4. Si al sumar la respuesta a las preguntas 2 y 3, el total es distinto a la respuesta a la pregunta 1 ¿a qué actividades se dedican estas personas?
5. Total de personal dedicado a respaldar la actividad de los dispositivos TIC de la organización. ¿Este personal está incluido en el conteo de personal del punto 3?
6. La organización ¿dispone de una o más personas que conducen vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica)?

II. CARACTERIZACIÓN DE TIC

Con el fin de caracterizar las TIC utilizadas, se considerarán los dispositivos electrónicos que permitan conexión (interfaz) computacional. De esta manera, algunos dispositivos electrónicos no serán incluidos cuando no provean la funcionalidad de conexión (integración) con la base computacional de la organización.

A. ¿Existen contratos de outsourcing informático o hosting?

B. Los microcomputadores que se encuentran en uso en la organización ¿son de propiedad de la organización (activos fijos) o se dispone de su uso bajo algún tipo de contrato?

C. ¿cuál porcentaje del presupuesto anual organizacional es destinado para investigación y desarrollo en la organización?

D. Del porcentaje del presupuesto anual destinado por la organización a investigación y desarrollo ¿cuál proporción corresponde a investigación y desarrollo basada en TIC?

E. Si existe un área de la organización responsable de investigación y desarrollo ¿es la misma área responsable de investigación y desarrollo con base en TIC?

F. De los siguientes elementos de hardware y software, señalar si se dispone de ellos y los datos indicados:

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
1	Tomógrafo axial computarizado			
2	Endoscopía (con interfaz a computador)			
3	Imagen de resonancia magnética (con interfaz a computador)			
4	Fluoroscopía			
5	Radiografía (con interfaz a computador) O Radiografía digital			
6	Sistemas de soporte vital apoyado en computador			
7	Ecógrafos (u otros dispositivos que operen con ultrasonido)			
8	Otros dispositivos de bioinformática (¿cuáles?)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
9	Sistema computarizado de historia clínica			
10	Redes sociales especializadas			
11	Directorios electrónicos especializados			
12	Correo electrónico			
13	Almacenamiento en la nube			
14	VoIP Voice over Internet Protocol			
15	Videoconferencia			
16	Programas de gestión de proveedores			
17	Programa para gestión de relaciones con los pacientes (CRM)			
18	Sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS)			
19	Programas para planeación de recursos corporativos (ERP)			
20	Hojas de cálculo electrónico ¿cuál?			
21	Procesadores de texto ¿cuál?			
22	Digitalización de documentos o imágenes (scanning, OCR)			
23	Programas especiales para comunicación de datos.			
24	Otros programas (¿cuáles?)			
25	Computadores de escritorio (desktop)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
26	Computadores portátiles			
27	Computadores móviles (tablets,...)			
28	Otros computadores (Describir)			
29	Otros dispositivos TIC antes no mencionados (distintos a routers, módems, patch panels, multiplexores). ¿Cuáles?			

III. PROPIEDAD INTELECTUAL Y POTENCIAL DE INNOVACIÓN

1. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado internacional.
2. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado nacional.
3. Cantidad de métodos de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados o formas organizacionales o de comercialización nuevas introducidas desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
4. Cantidad de proyectos en curso o abandonados para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o proyectos en curso o abandonados para la introducción de un método de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.
5. Cantidad de registros de patentes de invención obtenidos desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
6. Cantidad de modelos de utilidad registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
7. Cantidad de registros de software realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
8. Cantidad de registros de diseño industrial realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
9. Cantidad de registros de signos distintivos y marcas registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
10. Cantidad de registros de derechos de autor realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.

IV. PROCEDIMIENTOS ORGANIZACIONALES

1. ¿Cuál de las siguientes situaciones/entidades conduce a que la organización tome la decisión de buscar la adquisición de nuevas TIC para la generación de nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes?
 - a. La organización dispone de un equipo de personas que conduce vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica) que informa a la alta dirección la oportunidad de generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes con base en TIC.
 - b. Personal médico presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - c. Personal comercial u otro personal administrativo presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - d. Directivos de la organización presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - e. Pacientes o clientes presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes (incluye informes por “buzones de sugerencia”).
 - f. Proveedores internacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - g. Proveedores nacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - h. Organizaciones de la competencia generan nuevos productos o servicios, o mejora de los existentes con base en TIC.
 - i. Agremaciones y/o asociaciones sectoriales.
 - j. Centros de investigación.
 - k. Universidades.
 - l. Parques tecnológicos o tecnoparques.
 - m. Ferias y exposiciones
 - n. Seminarios y conferencias.
 - o. Libros o revistas.
 - p. Sistemas de información de propiedad industrial.

- q. Sistemas de información de derechos de autor.
 - r. Internet.
 - s. Bases de datos científicas y tecnológicas.
 - t. Instituciones públicas (Ministerios, Superintendencia Nacional de Salud, entidades descentralizadas)
 - u. Colciencias.
 - v. SENA.
 - w. Icontec.
2. ¿Cuáles actividades se tienen previstas para que los elementos adquiridos sean asimilados en las actividades organizacionales?
 3. ¿Cuál o cuáles actividades aseguran razonablemente que los elementos adquiridos son utilizados de manera eficaz por las personas que desarrollan las actividades para las cuales fueron adquiridas?
 4. ¿Cómo se evalúa la transformación que produce el/los elemento(s) adquiridos sobre las actividades organizacionales?
 5. ¿Cuáles riesgos se han identificado en el proceso de medición del aporte a la explotación (beneficio) del (los) elemento(s) adquiridos en los resultados económicos de la organización?
 6. ¿Cómo se identifica el grado de aporte del (los) elementos adquiridos en la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado o en la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva?
 7. En referencia a las actividades o procedimientos que se hayan informado en los puntos 2 a 6 ¿De qué manera se hacen (a) perdurables (o se conservan pero a su vez de divulgan de forma autorizada), (b) se mantiene su integridad, (c) se realizan actualizaciones o modificaciones y (d) se mantiene su confidencialidad?

V. GLOSARIO

GRADO DE INNOVACIÓN: es una categorización de las organizaciones de acuerdo con el avance alcanzado en términos de resultados de innovación. Son cuatro categorías (tomado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE):

a) Innovadoras en sentido estricto: Entendidas como aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional.

b) Innovadoras en sentido amplio: Empresas que en el período de referencia obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado nacional o un servicio o bien nuevo o mejorado para la empresa, o que introdujeron un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado o una forma organizacional o de comercialización nueva.

c) Potencialmente innovadoras: Son aquellas empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el período de referencia; pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación, ya fuera para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o para la empresa; o para la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.

d) No innovadoras: Son aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta no obtuvieron innovaciones, ni reportaron tener en proceso, o haber abandonado, algún proyecto para la obtención de innovaciones.

INNOVACIÓN: todo servicio o bien nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado; todo proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la organización; o todo método organizativo nuevo o técnica de comercialización nueva introducida en la organización.

Nótese que la definición se refiere a procesos y productos nuevos para la organización, así no sean nuevos en relación con el mercado en el que ésta compite. Por otra parte, no son considerados como innovaciones los cambios de naturaleza estética, ni tampoco los cambios simples de organización o gestión, introducidos por la organización. (Adaptado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE).

ANEXO 4

PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE ARTEFACTO DE SOFTWARE DE ABSORCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ORGANIZACIÓN DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA CIIU Rev. 4 A.C. DIVISIÓN 86 (Q).

INTRODUCCIÓN

Este protocolo describe los procedimientos para obtener la estructura de uso y posible generación de innovación con base en tecnologías de información y comunicación TIC en las actividades de organizaciones clasificadas según CIIU Rev. 4 A.C. en División 86 (Q) Atención a la salud humana y asistencia social, Grupo 862 Actividades de práctica médica, Clase 8621 Actividades de práctica médica, sin internación.

Se indaga sobre los productos, las actividades, los recursos TIC y los instrumentos de apoyo asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación en la organización.

Para los propósitos de este protocolo, las actividades integradas que se realizan en la institución se clasifican en (i) actividad de práctica médica, (ii) actividad administrativa y (iii) actividad de investigación, según el objetivo principal del uso o destino de los artefactos TIC sea (i) dar soporte a los procedimientos realizados por personal de salud para atender a los pacientes, (ii) dar apoyo a la ejecución de las tareas relacionadas con el manejo organizacional y (iii) actividades que permiten obtener conocimiento sobre la actividad misional de la organización, en este caso, actividades de atención a la salud humana, respectivamente.

La estructura de este protocolo es la siguiente: La primera sección relaciona al personal que pueda estar involucrado en actividades de innovación con base en TIC con el total de personal de la organización. La segunda sección indaga por datos de caracterización de TIC de la organización. La tercera sección busca recabar datos para determinar el potencial de innovación básico. La cuarta sección indaga por actividades organizacionales que pudieran estar relacionadas con la incorporación de TIC en los procesos de prestación de servicios de la organización o que puedan generar una distinción en el medio. La quinta sección es un glosario de términos que aparecen en este protocolo y sobre los que la existencia de diversidad de conceptos pudiese dar lugar a sesgos en la interacción entre la investigación y la organización.

I. PERSONAL RELACIONADO CON TIC

1. Total de personal ocupado (con vínculo laboral de cualquier tipo o modalidad con la organización).
2. Total de personal ocupado únicamente en actividades de atención a la salud de los pacientes (esto incluye todo el personal de salud).
3. Total de personal ocupado cuya actividad sólo está en relación con el apoyo a actividades de manejo organizacional (esto incluye contabilidad, administración, contratación, entre otros).
4. Si al sumar la respuesta a las preguntas 2 y 3, el total es distinto a la respuesta a la pregunta 1 ¿a qué actividades se dedican estas personas?
5. Total de personal dedicado a respaldar la actividad de los dispositivos TIC de la organización. ¿Este personal está incluido en el conteo de personal del punto 3?
6. La organización ¿dispone de una o más personas que conducen vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica)?

II. CARACTERIZACIÓN DE TIC

Con el fin de caracterizar las TIC utilizadas, se considerarán los dispositivos electrónicos que permitan conexión (interfaz) computacional. De esta manera, algunos dispositivos electrónicos no serán incluidos cuando no provean la funcionalidad de conexión (integración) con la base computacional de la organización.

A. ¿Existen contratos de outsourcing informático o hosting?

B. Los microcomputadores que se encuentran en uso en la organización ¿son de propiedad de la organización (activos fijos) o se dispone de su uso bajo algún tipo de contrato?

C. ¿cuál porcentaje del presupuesto anual organizacional es destinado para investigación y desarrollo en la organización?

D. Del porcentaje del presupuesto anual destinado por la organización a investigación y desarrollo ¿cuál proporción corresponde a investigación y desarrollo basada en TIC?

E. Si existe un área de la organización responsable de investigación y desarrollo ¿es la misma área responsable de investigación y desarrollo con base en TIC?

F. De los siguientes elementos de hardware y software, señalar si se dispone de ellos y los datos indicados:

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
1	Tomógrafo axial computarizado			
2	Endoscopía (con interfaz a computador)			
3	Imagen de resonancia magnética (con interfaz a computador)			
4	Fluoroscopía			
5	Radiografía (con interfaz a computador) O Radiografía digital			
6	Sistemas de soporte vital apoyado en computador			
7	Ecógrafos (u otros dispositivos que operen con ultrasonido)			
8	Otros dispositivos de bioinformática (¿cuáles?)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
9	Sistema computarizado de historia clínica			
10	Redes sociales especializadas			
11	Directorios electrónicos especializados			
12	Correo electrónico			
13	Almacenamiento en la nube			
14	VoIP Voice over Internet Protocol			
15	Videoconferencia			
16	Programas de gestión de proveedores			
17	Programa para gestión de relaciones con los pacientes (CRM)			
18	Sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS)			
19	Programas para planeación de recursos corporativos (ERP)			
20	Hojas de cálculo electrónico ¿cuál?			
21	Procesadores de texto ¿cuál?			
22	Digitalización de documentos o imágenes (scanning, OCR)			
23	Programas especiales para comunicación de datos.			
24	Otros programas (¿cuáles?)			
25	Computadores de escritorio (desktop)			

No.	Elemento	Cantidad	Fecha de adquisición mm / aaaa	Fecha de entrada en uso mm / aaaa
26	Computadores portátiles			
27	Computadores móviles (tablets,...)			
28	Otros computadores (Describir)			
29	Otros dispositivos TIC antes no mencionados (distintos a routers, módems, patch panels, multiplexores). ¿Cuáles?			

III. PROPIEDAD INTELECTUAL Y POTENCIAL DE INNOVACIÓN

1. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado internacional.
2. Cantidad de productos o servicios nuevos o significativamente mejorados que se han puesto en operación de la organización desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha que provienen del mercado nacional.
3. Cantidad de métodos de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados o formas organizacionales o de comercialización nuevas introducidas desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
4. Cantidad de proyectos en curso o abandonados para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o proyectos en curso o abandonados para la introducción de un método de prestación de servicios nuevos o significativamente mejorados, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.
5. Cantidad de registros de patentes de invención obtenidos desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
6. Cantidad de modelos de utilidad registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
7. Cantidad de registros de software realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
8. Cantidad de registros de diseño industrial realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
9. Cantidad de registros de signos distintivos y marcas registrados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.
10. Cantidad de registros de derechos de autor realizados desde enero 01 de 2015 y hasta la fecha.

IV. PROCEDIMIENTOS ORGANIZACIONALES

1. ¿Cuál de las siguientes situaciones/entidades conduce a que la organización tome la decisión de buscar la adquisición de nuevas TIC para la generación de nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes?
 - a. La organización dispone de un equipo de personas que conduce vigilancia tecnológica (inteligencia tecnológica) que informa a la alta dirección la oportunidad de generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes con base en TIC.
 - b. Personal médico presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - c. Personal comercial u otro personal administrativo presenta información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - d. Directivos de la organización presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes.
 - e. Pacientes o clientes presentan información o ideas basadas en TIC para generar nuevos productos o servicios, o mejorar los existentes (incluye informes por “buzones de sugerencia”).
 - f. Proveedores internacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - g. Proveedores nacionales ofrecen consultoría, otros servicios o productos.
 - h. Organizaciones de la competencia generan nuevos productos o servicios, o mejora de los existentes con base en TIC.
 - i. Agremaciones y/o asociaciones sectoriales.
 - j. Centros de investigación.
 - k. Universidades.
 - l. Parques tecnológicos o tecnoparques.
 - m. Ferias y exposiciones
 - n. Seminarios y conferencias.
 - o. Libros o revistas.
 - p. Sistemas de información de propiedad industrial.

- q. Sistemas de información de derechos de autor.
 - r. Internet.
 - s. Bases de datos científicas y tecnológicas.
 - t. Instituciones públicas (Ministerios, Superintendencia Nacional de Salud, entidades descentralizadas)
 - u. Colciencias.
 - v. SENA.
 - w. Icontec.
2. ¿Cuáles actividades se tienen previstas para que los elementos adquiridos sean asimilados en las actividades organizacionales?
 3. ¿Cuál o cuáles actividades aseguran razonablemente que los elementos adquiridos son utilizados de manera eficaz por las personas que desarrollan las actividades para las cuales fueron adquiridas?
 4. ¿Cómo se evalúa la transformación que produce el/los elemento(s) adquiridos sobre las actividades organizacionales?
 5. ¿Cuáles riesgos se han identificado en el proceso de medición del aporte a la explotación (beneficio) del (los) elemento(s) adquiridos en los resultados económicos de la organización?
 6. ¿Cómo se identifica el grado de aporte del (los) elementos adquiridos en la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado o en la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva?
 7. En referencia a las actividades o procedimientos que se hayan informado en los puntos 2 a 6 ¿De qué manera se hacen (a) perdurables (o se conservan pero a su vez de divulgan de forma autorizada), (b) se mantiene su integridad, (c) se realizan actualizaciones o modificaciones y (d) se mantiene su confidencialidad?

V. GLOSARIO

GRADO DE INNOVACIÓN: es una categorización de las organizaciones de acuerdo con el avance alcanzado en términos de resultados de innovación. Son cuatro categorías (tomado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE):

a) Innovadoras en sentido estricto: Entendidas como aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional.

b) Innovadoras en sentido amplio: Empresas que en el período de referencia obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo o significativamente mejorado en el mercado nacional o un servicio o bien nuevo o mejorado para la empresa, o que introdujeron un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado o una forma organizacional o de comercialización nueva.

c) Potencialmente innovadoras: Son aquellas empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el período de referencia; pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación, ya fuera para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o para la empresa; o para la introducción de un método de prestación de servicios nuevo o significativamente mejorado, o de una forma organizacional o de comercialización nueva.

d) No innovadoras: Son aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta no obtuvieron innovaciones, ni reportaron tener en proceso, o haber abandonado, algún proyecto para la obtención de innovaciones.

INNOVACIÓN: todo servicio o bien nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado; todo proceso nuevo o significativamente mejorado introducido en la organización; o todo método organizativo nuevo o técnica de comercialización nueva introducida en la organización.

Nótese que la definición se refiere a procesos y productos nuevos para la organización, así no sean nuevos en relación con el mercado en el que ésta compite. Por otra parte, no son considerados como innovaciones los cambios de naturaleza estética, ni tampoco los cambios simples de organización o gestión, introducidos por la organización. (Adaptado del Boletín Técnico DIE-020-PD-01-r5_V4 Fecha: 01/09/2014 del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE).