

# Modelo de evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para la industria 4.0

Alicia Mon, Horacio René Del Giorgio

Universidad Nacional de La Matanza – Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - Florencio Varela 1903 (B1754JEC) - San Justo, Buenos Aires, Argentina  
[alicialmon@gmail.com](mailto:alicialmon@gmail.com) , [horacio.delgiorgio@gmail.com](mailto:horacio.delgiorgio@gmail.com)

## Abstract

El desarrollo de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) permite vincular el mundo físico a través de dispositivos, materiales, productos, equipos, instalaciones y comunicaciones, con el mundo digital, expresado a través de sistemas colaborativos y productos software interconectados con infinidad de dispositivos para potenciar el desarrollo de la Industria 4.0.

El impacto generado por las TICs se manifiesta en los sistemas de producción, especialmente de la mano de la inteligencia artificial, la robótica y conectividad de los objetos a través de comunicaciones inalámbricas. Las diferentes partes del proceso productivo no sólo adoptan funciones inteligentes, sino que se comunican automáticamente y en forma autónoma entre ellas, donde la gestión del conocimiento forma parte de los sistemas de producción.

Para poder detectar cuáles son los aspectos centrales de la gestión del conocimiento, el presente artículo expone un modelo creado por el grupo de investigación GIS, que permite evaluar el nivel de avance tecnológico que la industria tiene implantado en la actualidad, distinguiendo por rama de actividad.

La evaluación de las tecnologías permitiría detectar las necesidades de desarrollo, implementación e innovación de software en las cadenas de valor.

Keywords: TICs, Índice de TICs, Desarrollo Tecnológico, Industria 4.0.

## 1 Introducción

En la actualidad, se está generando una revolución tecnológica en el campo de la industria, que se reconoce como la cuarta revolución industrial [1]. Una serie de avances en diversos campos como la robótica, la biotecnología, la genética, la nanotecnología, la internet de las cosas, el desarrollo de la inteligencia artificial, la realidad virtual, la realidad aumentada y la fabricación aditiva a través de impresiones 3D se suman a la revolución energética y el desarrollo de las TICs que caracterizaron a la tercera revolución industrial.

Este conjunto de avances científicos y tecnológicos toman la forma de innovación y se manifiestan no sólo en la vida cotidiana de las personas, sino también en los procesos que se desarrollan en la actividad económica, tanto en la producción industrial de bienes, así como en la prestación de servicios. Dentro de esos grandes campos, la digitalización ha cobrado un rol protagónico y en algunos sectores productivos y de servicios se ha tornado imprescindible. En este contexto cobra fuerza el término “Industria 4.0”, que refiere específicamente a la cuarta revolución industrial e implica un salto cualitativo significativo en la organización y gestión de las cadenas de valor.

El desarrollo de las TICs permite vincular el mundo físico y el digital a través de dispositivos, materiales, productos, equipos, instalaciones y comunicaciones, con el mundo digital, expresado a través de sistemas colaborativos y productos software interconectados con infinidad de dispositivos para potenciar el desarrollo de la Industria 4.0, también conocida como Industria Inteligente.

El impacto generado por las TICs se manifiesta principalmente en los sistemas de producción, especialmente de la mano de la inteligencia artificial, la robótica y las comunicaciones inalámbricas. Las diferentes partes del proceso productivo no sólo adoptan funciones inteligentes, sino que se comunican entre ellas mediante la Internet de las Cosas [2], donde la gestión del conocimiento forma parte de los sistemas de producción [3] [4]. Se espera que, en un futuro cercano, todos los sistemas de producción en la Industria 4.0 tengan interconectados los subsistemas constituyentes, los procesos, los objetos (tanto internos como externos) que intervengan, los proveedores, las redes de clientes y los canales de distribución. Todo será controlado en tiempo real.

Las plantas de las fábricas del futuro tendrán claramente definidos estos estándares y compartirán las interfaces establecidas. La conectividad colaborativa será la clave del éxito. El uso de estas tecnologías hará posible reemplazar de manera flexible las máquinas que se reparan o se mejoran de prestaciones a lo largo de la cadena de valor. La adaptación a los cambios del mercado y la productividad serán los grandes beneficiarios.

La Industria 4.0 representa la integración de extremo a extremo de la cadena de valor que va desde los cambios de demandas del gran público al logro de su satisfacción por parte de las fábricas inteligentes. Ya no tendrá sentido hablar de simples fábricas. Las fábricas serán inteligentes (Smart Factories) y llegará el día en que no tendrá sostenibilidad una fábrica que no se haya adaptado a la cuarta generación.

Frente a esta gran transformación, la Industria actual necesita cambios tecnológicos dado que la competitividad de las empresas pasa por la globalización, la productividad, la innovación y la incorporación de tecnología como pilar del desarrollo.

En este contexto se ha trabajado sobre un instrumento de medición que permita evaluar las características específicas de los productos software, hardware y de comunicaciones que definen con precisión los atributos de las Industrias 4.0. Si bien, las nuevas herramientas, tecnologías, materiales, metodologías, las fuentes de energía y todos los factores que se encuadran bajo el nombre de Industria 4.0 constituyen las palancas imprescindibles para alcanzarla, no se ha encontrado en la bibliografía actual, el análisis en que impactan directamente sobre los niveles de productividad cada uno de estos elementos o de la interacción entre los mismos.

Para ello, a continuación se expone un modelo de evaluación de TICs desarrollado por el grupo de investigación GIS que permite establecer con precisión las tecnologías presentes en las diferentes industrias.

## **2 Estructura del modelo**

El modelo propuesto se estructura a partir de la detección de productos tecnológicos, diferenciados en los 3 componentes de TICs: Software, Hardware e Infraestructura.

TICS	SOFTWARE
	HARDWARE
	INFRAESTRUCTURA

TABLA 1 – Taxonomía para TICs

Fuente: Elaboración Propia.

Estos 3 componentes, se han identificado a su vez a través de una distinción que agrupa los productos según las especificidades de cada tipo de tecnología. A partir de tal agrupamiento, se identifican los productos específicos para cada categoría de Software, Hardware e Infraestructura, evaluando su aporte en base al mayor nivel de desarrollo tecnológico que contenga y al valor que agregue a la productividad.

Esta tipología define con precisión cada uno de los productos TICs que pueden encontrarse implementados en la industria, y a su vez, el modelo propone un cruzamiento con las áreas funcionales al interior de las industrias, donde estas tecnologías cumplen las diferentes funciones en las áreas donde se encuentren implementadas.

El Software (relativo a lo blando) es la parte intangible o lógica de la computadora. En general referencia a los programas, los sistemas de información, las aplicaciones, los simuladores y los sistemas operativos, entre otras opciones.

En cambio, el Hardware (relativo a lo duro, y opuesto al Software) referencia a la parte física de una computadora. Muchas veces se lo menciona como todo aquello que pueda ser tocado, como ser: teclado, mouse, monitor, impresora, cables, tarjetas electrónicas, disco duro, memorias, entre otras opciones.

Lo relativo a la Infraestructura, se define como el conjunto de hardware y software sobre el que se asientan los diferentes productos y servicios que el Hardware y Software necesita tener en funcionamiento, para poder llevar a cabo toda su actividad. La Infraestructura consta de elementos diversos como los sensores, las cámaras, los servidores de aplicaciones, los elementos de red, como Routers o Firewalls, entre otros.

Cada grupo de TICs se analiza a partir de una diferenciación de tipos y su aplicación concreta, ya sea para toda la organización o para alguna de las áreas en particular.

## 2.1 Software

Para el caso de Productos Software, el modelo identifica los elementos expuestos en la siguiente tabla:

SOFTWARE	<b>TECNOLOGÍAS WEB</b>	PÁGINA WEB (SITIO EXTERNO)
		INTRANET (SITIO INTERNO)
		EXTRANET (TRANSACCIONAL)
		PUBLICIDAD ON LINE
	<b>SISTEMAS COLABORATIVOS</b>	VIDEO CONFERENCIA
		TELEFONÍA IP
		MENSAJERÍA INSTANTÁNEA
		EMAIL
		REDES SOCIALES
		SINCRONIZACIÓN DE ARCHIVOS
	<b>HERRAMIENTAS DE OFICINA</b>	APLICACIONES MÓVILES
		PROCESADOR DE TEXTO
		HOJA DE CÁLCULO
		PRESENTACIONES
		GESTOR DE BASE DE DATOS
		GESTOR DE AGENDA Y CORREO ELECTRÓNICO
		GESTOR DE ARCHIVOS PDF
		LECTOR DE ARCHIVOS PDF
	<b>SISTEMAS DE GESTIÓN</b>	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL (ERP)
		SISTEMA DE RELACIÓN CON CLIENTES (CRM)
		ATENCIÓN DE RECLAMOS
		TABLERO DE CONTROL
		BUSINESS INTELLIGENCE
		HERRAMIENTAS DE BIG DATA
		MACHINE LEARNING
		SOFTWARE DE CONTROL ENERGÉTICO
		LOGÍSTICA / ABASTECIMIENTO
		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC)
GESTIÓN DE RRHH		
<b>SISTEMAS DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b>		PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN (MRP)
	INFORMACIÓN DE PRODUCTO (PDM)	
	GESTIÓN DE CALIDAD DE PRODUCTO	
	INGENIERÍA DE PLANTA / MANTENIMIENTO	
	SISTEMAS DE CONTROL DE AUTOMATIZACIÓN	
	SISTEMAS SCADA	
	SISTEMAS EMBEBIDOS	
<b>SISTEMAS DE DISEÑO DE PRODUCTO Y PROCESOS</b>	DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA	
	FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA	
	INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA	
	SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA	
<b>SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN</b>	SOFTWARE DE REALIDAD VIRTUAL	
	DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA	
<b>SISTEMAS DE SEGURIDAD</b>	PUBLICIDAD	
	SEGURIDAD DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA	
	SEGURIDAD DE INFORMACIÓN CRÍTICA	

TABLA 2 – Taxonomía para TICs: Software  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2 Hardware

Para el caso de Productos Hardware, el modelo identifica los elementos expuestos en la siguiente tabla:

<b>HARDWARE</b>	<b>COMPUTADORAS</b>	PCs DE ESCRITORIO
		ARQUITECTURAS RISC
		NOTEBOOKS
		TABLETS
	<b>IMPRESORAS</b>	IMPRESORAS LÁSER
		IMPRESORAS 3D
		SCANNERS
		PLOTTERS
	<b>POS</b>	
	<b>DISCOS COMPARTIDOS</b>	
	<b>PLCs PARA CONTROL NUMÉRICO</b>	
	<b>EQUIPOS GPS</b>	
	<b>EQUIPOS DE RFID</b>	
<b>CENTRALES TELEFÓNICAS</b>	CENTRALES TELEFÓNICAS TRADICIONALES	
	CENTRALES TELEFÓNICAS IP	
<b>SENSORES</b>		

TABLA 3 – Taxonomía para TICs: Hardware  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.3 Infraestructura

Para el caso de la infraestructura, el modelo identifica los elementos expuestos en la siguiente tabla:

<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>REDES CONVERGENTES INALÁMBRICAS</b>	TELEFONÍA CELULAR
		REDES WI-FI
		REDES BLUETOOTH
		REDES PARA INTERNET DE LAS COSAS (IoT)
	<b>SERVIDORES LOCALES</b>	
	<b>CLOUD COMPUTING</b>	
	<b>REDES DE ÁREA LOCAL CABLEADAS</b>	
	<b>SEGURIDAD INFORMÁTICA</b>	
	<b>CONEXIÓN A INTERNET</b>	
	<b>CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)</b>	
	<b>EQUIPOS DE COMUNICACIONES PARA INTERNET DE LAS COSAS</b>	

TABLA 4 – Taxonomía para TICs: Infraestructura  
Fuente: Elaboración Propia.

El análisis detallado de cada una de las TICs se encuentra disponible en [5] y [6].

Por otra parte, se ha confeccionado una tipificación de los procesos industriales definiendo las funciones de una empresa tomando como base la Cadena de Valor de Michael Porter [7]. El modelo propuesto permite analizar el desempeño de una empresa organizando el análisis en relación con el conjunto de actividades primarias y de apoyo, siendo cada una de éstas fuente potencial de ventajas competitivas en costos o diferenciación, y cuyas interrelaciones permiten lograr un mayor valor diferencial emergente que pueda ser apreciado y reconocido por los compradores, en comparación con otras ofertas de la competencia.

De acuerdo a este modelo, el conjunto de funciones básicas se ha estructurado tal como se expone en la siguiente figura.

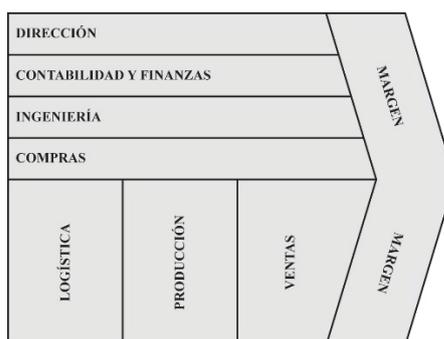


FIGURA 1 – Modelo simplificado para la Cadena de Valor

Fuente: Elaboración Propia.

El modelo desarrollado propone un cruce entre las dos tipologías identificadas (TICs y Procesos Productivos) a los fines de poder detectar con precisión los productos específicos que se utilizan para el correcto desempeño de las funciones en las diferentes áreas. Una vez identificados estos productos tecnológicos, el modelo propone una valoración por niveles según su grado de desarrollo en cuanto al tiempo que existen como herramientas utilizadas en el mercado, si el tipo de soporte que brindan aporta información sensible a las empresas, sobre cuál es la complejidad del problema que resuelven, si su utilización impacta en una mejora de los procesos o sobre el control de los procesos, si mejora la eficiencia en la utilización de recursos, si mejora la productividad en los procesos, si reduce costos operativos, así como el grado de innovación que genera su implementación y aplicación en el campo de la industria.

De este modo, se establecen 3 niveles de actualidad de los productos, según resulten de tecnología básica, tecnología de actualidad media o tecnología más avanzada, tendiente a la transformación de la industria 4.0. Esta calificación se ha instrumentado a partir de una tabla de doble entrada, donde se cruzan los productos específicos correspondientes a cada agrupamiento de TICs, en los tipos de Software, Hardware o Infraestructura con las áreas funcionales, y se le asigna una ponderación en cada cruce según el nivel de actualidad de cada producto identificado. Para ello, se utilizó una escala con los siguientes valores:

- Básica: con valor 1
- Media: con valor 2
- Avanzada: con valor 3

La siguiente tabla expone la Tabla Matriz del modelo, que define los cruces para determinar la relación entre las TICs y los Procesos Industriales e indica la valoración definida para cada producto específico. Las filas presentan a cada producto TICs agrupadas por tipo y coloreadas según la clasificación dentro de cada agrupamiento. Por ejemplo, para el caso de Software, serían “Tecnologías WEB”, “Sistemas Colaborativos”, “Herramientas de Oficina”, entre otros.

TICs↓		PROCESOS PRODUCTIVOS →							
		Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas	
SOFTWARE	Tecnologías WEB - Página WEB (Sitio externo)	1						1	
	Tecnologías WEB - Intranet (Sitio interno)	1	1	1	1	1	1	1	
	Tecnologías WEB - Extranet (Transaccional)				2	2		2	
	Tecnologías WEB - Publicidad online	2						2	
	Sistemas Colaborativos - Video conferencia	3		3				3	
	Sistemas Colaborativos - Telefonía IP	2	2	2	2	2	2	2	
	Sistemas Colaborativos - Mensajería Instantánea	1	1	1	1	1	1	1	
	Sistemas Colaborativos - Email	1	1	1	1	1	1	1	
	Sistemas Colaborativos - Redes sociales	1						1	
	Sistemas Colaborativos - Sincronización de archivos	2	2	2		2	2	2	
	Sistemas Colaborativos - Aplicaciones móviles	2	2	2	2	2	2	2	
	Herramientas de Oficina - Procesador de texto	1	1	1	1	1	1	1	
	Herramientas de Oficina - Hoja de cálculo	1	1	1	1	1	1	1	
	Herramientas de Oficina - Presentaciones	1	1	1				1	
	Herramientas de Oficina - Gestor de Base de Datos		2	2	2	2	2	2	
	Herramientas de Oficina - Gestor de Agenda y Correo Electrónico	1	1	1	1	1	1	1	
	Herramientas de Oficina - Gestor de Archivos PDF	2	2	2				2	
	Herramientas de Oficina - Lector de Archivos PDF	1	1	1	1	1	1	1	
	Sistemas de Gestión - Sistema de Gestión Integral (ERP)	2	2	2	2	2	2	2	
	Sistemas de Gestión - Sistema de Relación con Clientes (CRM)	2	2					2	
	Sistemas de Gestión - Atención de Reclamos							2	
	Sistemas de Gestión - Tablero de Control / Balanced Score Card	3						3	
	Sistemas de Gestión - Business Intelligence (Cubos, Data Warehouse)	3	3	3	3	3	3	3	
	Sistemas de Gestión - Herramientas de Big Data	3	3	3	3	3	3	3	
	Sistemas de Gestión - Machine Learning	3	3					3	
	Sistemas de Gestión - Software de Control Energético			3				3	
	Sistemas de Gestión - Logística/Abastecimiento			2	2	2	2	2	
	Sistema de Gestión - Sistema de Calidad (SGC)	2	2	2	2	2	2	2	
	Sistemas de Gestión - Gestión de RRHH	2	2						
	Sistemas de Control de la Producción - Programación de Producción (MRP)			3				3	
	Sistemas de Control de la Producción - Información de Producto (PDM)			3				3	
	Sistemas de Control de la Producción - Gestión de Calidad de Producto							2	
	Sistemas de Control de la Producción - Ingeniería de planta/mantenimiento			2				2	
	Sistemas de Control de la Producción - Sistemas de Control de Automatización			3				3	
	Sistemas de Control de la Producción - Sistemas SCADA			3				3	
	Sistemas de Control de la Producción - Sistemas Embebidos			3				3	
	Sistemas de Diseño de Producto y Procesos - Diseño Asistido por Computadora (CAD)			2					
	Sistemas de Diseño de Producto y Procesos - Fabricación Asistida por Computadora (CAM)							3	
	Sistemas de Diseño de Producto y Procesos - Ingeniería Asistida por Computadora (CAE)			3					
	Sistemas de Diseño de Producto y Procesos - Software de Realidad Aumentada			3				3	
	Sistemas de Diseño de Producto y Procesos - Software de Realidad Virtual			3				3	
	Sistemas de Geolocalización - Distribución y Logística					2			
	Sistemas de Geolocalización - Publicidad							3	
	Sistemas de Seguridad - Seguridad de Infraestructura Crítica	2	2	2	2	2	2	2	
	Sistemas de Seguridad - Seguridad de Información Crítica	2	2	2	2	2	2	2	
	HARDWARE	Computadoras - PCs de escritorio	1	1	1	1	1	1	1
		Computadoras - Arquitecturas RISC			2				2
		Computadoras - Notebooks	1	1	1	1	1	1	1
		Computadoras - Tablets	1	1	1	1	1	1	1
		Impresoras - Impresoras láser	1	1	1	1	1	1	1
Impresoras - Impresoras 3D				3				3	
Impresoras - Scanners		2	2	2	2	2	2	2	
Impresoras - Plotters				3				3	
POS								2	
Discos Compartidos		3	3	3	3	3	3	3	
PLCs para Control Numérico								2	
Equipos GPS						2			
Equipos de RFID						2			
Centrales Telefónicas - Centrales Telefónicas tradicionales		1	1	1	1	1	1	1	
Centrales Telefónicas - Centrales Telefónicas IP		3	3	3	3	3	3	3	
Sensores			3				3		
INFRAESTRUCTURA	Redes Convergentes Inalámbricas - Telefonía Celular	1	1	1	1	1	1	1	
	Redes Convergentes Inalámbricas - Redes Wi-Fi	1	1	1	1	1	1	1	
	Redes Convergentes Inalámbricas - Redes Bluetooth	2	2	2	2	2	2	2	
	Redes Convergentes Inalámbricas - Redes para Internet de las Cosas (IoT)			3		3		3	
	Servidores Locales	2	2	2	2	2	2	2	
	Cloud Computing	2	2	2	2	2	2	2	
	Redes de Área Local cableadas	1	1	1	1	1	1	1	
	Seguridad Informática	2	2	2	2	2	2	2	
	Conexión a Internet	1	1	1	1	1	1	1	
	Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)							1	
Equipos de Comunicaciones para Internet de las Cosas			3		3		3		

TABLA 5 – Tabla Matriz  
Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con esta asignación de valor a cada tecnología, la forma propuesta de evaluación es considerando que cada tecnología que se incorpora incluye a las anteriores, no reemplaza una por otra. Es decir que, cada vez que se incorpora tecnología nueva se agrega algo más avanzado; por lo tanto, el resultado que se alcanza en esta instancia responde a la sumatoria de contribuciones de los valores.

De la Tabla Matriz se derivan los resultados de la sumatoria de la totalidad de productos según su nivel, donde cada valoración (Básico, Medio, Avanzado) contiene una cantidad de casilleros que se representan en la columna de Cantidad total de valores. La sumatoria de esos valores indica el total posible incluyendo a todos los productos TICs contenidos en cada uno de los niveles, tal como se expresa en la columna de Sumatoria de los valores:

Valoración	Cantidad total de valores	Sumatoria de los valores
Básico (1)	120	120
Medio (2)	119	238
Avanzado (3)	67	201
Totales	306	559

TABLA 6 – Cantidad de Totales y Sumatorias de Valores de cada Valoración  
Fuente: Elaboración Propia.

Para aplicar el modelo desarrollado, se han creado un conjunto de instrumentos de relevamiento, que permite identificar en cada industria en particular cuáles son los productos específicos que tiene implementados para cumplir las funciones específicas al interior de cada empresa.

Entre el conjunto de instrumentos, se ha diseñado una encuesta que contiene un formulario con los casilleros vacíos. Al realizar el relevamiento puntual en cada industria en particular se marca con una cruz los casilleros en blanco con cada producto que la misma utiliza en un determinado proceso industrial. En los casos en que no exista coincidencia, ese casillero quedará en blanco. A continuación, con ese registro se asignan las valoraciones para la empresa y se realizan los siguientes cálculos:

Se obtiene la sumatoria de todos los valores con calificación “1”

Se obtiene la sumatoria de todos los valores con calificación “2”

Se obtiene la sumatoria de todos los valores con calificación “3”

Finalmente, teniendo en cuenta el concepto de Indicador Cuantitativo Compuesto del tipo “lo parcial respecto de lo total”, se aplica la siguiente fórmula para obtener el Índice de Nivel de Adopción de TICs:

$$\text{Índice de nivel de Adopción de TICs} = \frac{\sum Val (1)}{120} + \frac{\sum Val (2)}{238} + \frac{\sum Val (3)}{201}$$

Esta fórmula representa las contribuciones que hacen cada una de las valoraciones por separado, y sin ningún tipo de ponderación para ellas. Obsérvese también que los denominadores coinciden con la sumatoria de los valores de cada valoración.

Así, en el caso de que la industria analizada posea todas las TICs en todos los procesos industriales, tal como se propone en la Tabla Matriz, el Índice de Nivel de Adopción de TICs dará como resultado el valor “3”, el cual será el valor máximo posible de esta fórmula. Por lo tanto, este Índice puede tener un valor entre 0 y 3, siendo “0” un valor que representa un Nivel de Adopción Insuficiente, y “3” un valor que representa un Nivel de Adopción Óptimo, pasando por valores intermedios que, debido al formato de la fórmula (que termina siendo una suma de 3 fracciones), los mismos podrían contener decimales. Sin embargo, esta fórmula representa las contribuciones que hacen cada una de las valoraciones por separado, y sin ningún tipo de ponderación para ellas.

Esto significa que, si una determinada industria posee solamente todas las TICs valoradas con “1”, la sumatoria será 120, con lo cual en la primera fracción se obtendrá “1” como resultado, y en las otras dos el resultado será “0”, ya que no habría TICs con esa valoración. En este caso, la fórmula indicará que el Nivel de Adopción de TICs es “1”, que coincide con la Valoración Básica propuesta en su momento.

Esta medición podría generar una situación particular, dado que podría existir una determinada empresa que, por ejemplo, posea todos los elementos de Valoración “3”, y ninguno de Valoración “1” ó “2”. Eso llevaría a que la sumatoria de las valoraciones dé 165 y que las primeras dos fracciones den “0” como resultado, mientras que la tercera daría “1”. Con lo cual, esto llevaría a que el Índice de Nivel de Adopción de esa empresa también sea “1”, como en el caso anterior, y que a esta Industria se la pueda categorizar injustamente como si su Nivel de Adopción de TICs fuera básico. Ahora, si bien esto es matemáticamente posible, es poco probable que una empresa que tenga todos los tipos de TICs de valoración “3” no posea TICs de valoración “1” o “2”.

### 3 Validación y revisión del índice

Se está trabajando en una mejora del cálculo del índice, dado que el valor máximo de cada una de las Valoraciones es “1”, se podrían expresar en formato de porcentaje, con lo cual se podría generar un Índice Global de Nivel de Adopción de TICs y además del Porcentaje de TICs para cada valoración. En este caso, dichos porcentajes se podrían expresar de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de TICs de Nivel Básico [\%]} = \frac{\sum Val(1)}{120} * 100$$

$$\text{Porcentaje de TICs de Nivel Medio [\%]} = \frac{\sum Val(2)}{238} * 100$$

$$\text{Porcentaje de TICs de Nivel Avanzado [\%]} = \frac{\sum Val(3)}{201} * 100$$

Esta estructura permite, ir adecuando según los eventos que sucedan e impacten sobre la misma y la actualización de TICs a futuro. Por otra parte, se está revisando una modalidad de evaluación a partir de la asignación de ponderación de las TICs de modo tal que se pueden establecer rangos de valores entre los cuales se podrían discriminar los 3 niveles de manera diferenciada. Finalmente, se está realizando una actualización de las TICs según surgen nuevas soluciones, productos y servicios.

El presente índice sólo puede ser aplicado en la medida que permita definir los niveles de desarrollo que pueden ser actualizados hacia adentro en las tecnologías puntuales que lo componen. En este sentido, las nuevas tecnologías deberían ser evaluadas en el nivel más avanzado, del mismo modo en que las tecnologías que entran en desuso deben ser eliminadas del nivel básico.

#### 4 Conclusiones y trabajo futuro

En el presente artículo se ha expuesto un modelo de evaluación de TICs para determinar el nivel de desarrollo tecnológico de implementación y uso en la Industria actualmente, y la misma se ha sometido a una validación a través de expertos.

Respecto de los resultados de dicha validación, y observando los porcentajes de los cuadros presentados que avalan el trabajo realizado en este documento, se dan por validadas las clasificaciones propuestas. A partir de la validación, se concluye que el modelo elaborado es adecuado para la medición de las diferentes TICs implementadas en la industria, independientemente que deban ser ampliados y mejorados algunos tipos específicos con los aportes de los expertos.

El nivel avanzado, constituye la base de las industrias que se encuentran en proceso de transformación hacia la industria 4.0. Sin embargo, resulta necesario diferenciar entre tecnologías existentes y tendencias del desarrollo tecnológico, para poder evaluar en el contexto real de uso cuáles son los niveles de desarrollo tecnológico por ramas de actividad según tengan implementadas tecnologías que llevan mucho tiempo de uso en el mercado, tecnologías que llevan un tiempo medio en el mercado o bien las últimas tecnologías que registra el mercado dentro de cada uno de sus tipos a los fines de detectar las necesidades de implementación y las capacidades para innovación.

#### 5 Referencias

- [1] Ministerio de Ciencia y Tecnología (2009). Libro Blanco de la Prospectiva TIC - Proyecto 2020. Buenos Aires. Obtenido de <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/va1028.pdf> el 23 de Julio de 2019.
- [2] Hewlett Packard (2017). The Internet of Things. Today and Tomorrow. Obtenido de [http://chiefit.me/wp-content/uploads/2017/03/HPE-Aruba\\_IoT\\_Research\\_Report.pdf](http://chiefit.me/wp-content/uploads/2017/03/HPE-Aruba_IoT_Research_Report.pdf) el 23 de Julio de 2019
- [3] ANETCOM. (2017). La TIC en la estrategia empresarial. Valencia. España.
- [4] Mazza, N. H. (2018). Gestión Estratégica de Recursos Informáticos. Buenos Aires: Sustentum. Obtenido de <http://www.sustentum.com/nTIC/nTIC2018.pdf> el 25 de Julio de 2019.
- [5] Del Giorgio, H. (2018). Exploración de la inserción de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el desarrollo industrial. Universidad Nacional de La Matanza. Tesis Doctoral defendida el 26 de Julio de 2018.
- [6] Del Giorgio, H.; Mon, A. (2019). Las TICs en las Industrias. Libro actualmente en etapa de edición.
- [7] Mon, A.; Del Giorgio, H.; De María, E. (2017). La inserción de las TICs en el desarrollo industrial de La Matanza. 1<sup>er</sup> Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI). Entre Ríos. Argentina.