

# Investigación y Educación en Ciencias de la Ingeniería

Volumen 2



## **Universidad Tecnológica Nacional**

Rector: Ing. Héctor Aiassa

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

### **Facultad Regional Mendoza**

Decano: Esp. Ing. José Balacco

Vicedecano: Ing. Ricardo Antonio Fuentes

Secretaria Académica: Prof. Liliana Ruth Repetto

Subsecretaria Académica: Lic. Norma Sirmovitsch

Secretario Administrativo: Ing. Angel Oscar Pitton

Secretario de Extensión Universitaria: Ing. Carlos O. Mallea

Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado: Ing. Antonio Alvarez Abril

Secretario de Asuntos Estudiantiles: Ing. Luis Ellena

Secretario de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Ing. Jorge Abraham

### **Apoyaron la publicación de este libro:**

Departamento de Ciencias Básicas, FRM UTN

Secretaría de Extensión Universitaria, FRM UTN

Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería  
y Gestión ( IEMI ), FRM UTN

**Universidad Tecnológica Nacional**  
**Facultad Regional Mendoza**

**INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN**  
**EN CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA**  
**Volumen 2**

Luis E. Gómez - Guillermo A. Cuadrado  
Dante R. Salatino  
(Editores)

2021

## **Investigación y Educación en Ciencias de la Ingeniería. Volumen 2.**

**Editores: Luis Eduardo Gómez; Guillermo Alberto Cuadrado;  
Dante Roberto Salatino**

Diseño de cubierta: Guillermo José Cuadrado

Primera edición. Mendoza, 2021.

Gómez, Luis Eduardo

Investigación y Educación en Ciencias de la Ingeniería : vol.  
2 / Luis Eduardo Gómez ; Guillermo Alberto Cuadrado ;  
Dante Roberto Salatino. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de  
Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2021.

434 p. ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-42-0204-2

1. Ingeniería. 2. Educación Científica. 3. Ciencias  
Naturales. I. Cuadrado, Guillermo Alberto. II. Salatino, Dante  
Roberto. III. Título.

CDD 620.007

**ISBN 978-950-42-0204-2**



Facultad Regional Mendoza,  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rodríguez 273, Ciudad  
M5502JMA Mendoza, Argentina

Impreso en Argentina - Printed in Argentina  
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

"En memoria y reconocimiento a uno de los autores de este libro, el Dr. Bruno Difonso, quien expuso su trabajo en el Congreso ECEFI 2020, lo honramos con una mención especial. Fue una excelente persona que integró las cátedras "Legislación" e "Ingeniería Legal" de las carreras de Ingeniería de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional y con su experiencia, sencillez y humildad aportó valiosas enseñanzas a sus alumnos."



# Índice

<b>Prólogo</b>	11
<b>Autores y Filiación</b>	19
<b>I. Aportes a la Educación en Ingeniería</b>	21
1 Comprensión lectora en Matemática y Física en alumnos de primer año de Ingeniería	23
<i>Sandra Segura; Alejandra Todaro; Julieta Herrero</i>	
2 ¿Cómo aprenden los que enseñan?	35
<i>Norma Sirmovitsch, Claudia Restiffo</i>	
3 Rediseño de la planificación de Álgebra orientada a un enfoque basado en Competencias. Parte I.	47
<i>Ana María Narvaez</i>	
4 Aprendizaje inmersivo y realidad virtual: Casos de estudio en ingeniería	65
<i>María Eugenia Stefanoni; Santiago C. Pérez; Daniela B. Carbonari; Ana Muñoz García</i>	
5 La enseñanza-aprendizaje en tiempos de pandemia: una experiencia en la FCA-UNCUYO	79
<i>Marcela Garriga; Verónica Nodaro; Marta Tirador</i>	

6	Entorno ubicuo para la enseñanza	93
	<i>León, Oscar; Brachetta, Mariana; Monetti, Julio</i>	
7	Modelo didáctico para la comprensión de la Transformada de Hilbert-Huang	103
	<i>Jesús Rubén Azor Montoya</i>	
<b>II.</b>	<b>Aplicaciones e Investigaciones en Ciencia y Tecnología</b>	<b>115</b>
8	¡Una llamada telefónica al cielo ...!	117
	<i>Ricardo Césari, José Balacco, Matilde Césari, Jazmín Machuca</i>	
9	Estrategias para impulsar la producción científica universitaria	131
	<i>Guillermo Cuadrado</i>	
10	Identificación de las dimensiones culturales que sostienen la difusión del proceso de mejora continua y el incremento de la productividad en las organizaciones. El caso de Japón y Argentina	153
	<i>Esteban Anzoise, Cristina Scaraffia</i>	
11	La Trilogía de Juran desde la perspectiva del Cambio Organizacional. Puntos de aprendizaje para la implementación de la Gestión Total de la Calidad	195
	<i>Esteban Anzoise; Cristina A. Scaraffia; Julio H. Cuenca, Alberto Giménez</i>	
12	Desarrollo de modelo de amortiguador viscoso	223
	<i>Valeria Simó; Carlos Bello; Cristian Giner</i>	



13	Valor $p$ , su epistemología e implicancia en la metodología para la investigación en Ingeniería	237
	<i>Julio Ortigala</i>	
14	El ingeniero tecnológico, la estadística y la fábrica inteligente, en el marco de la cuarta revolución industrial	249
	<i>Julio Ortigala</i>	
15	Innovación Digital para Medir Color Sensorial en Agroindustrias	257
	<i>Matilde Césari; Santiago Pérez; Higinio Facchini</i>	
16	Caso de Estudio: Procesamiento Digital de Imágenes para Medir Color en Zanahorias y Uva	273
	<i>Matilde Césari; Santiago Pérez; Higinio Facchini</i>	
17	Obtención de las funciones polinómicas interpoladoras para un robot manipulador industrial. Un enfoque del modelo cinemático inverso	285
	<i>Alejandro Hossian; Roberto Carabajal; Cesar Echeverría; Emanuel Alveal</i>	
18	Simulación numérica de flujos cavitantes en inyectores/atomizadores con asimetría en la dirección del flujo	311
	<i>Miguel G. Coussirat, Flavio H. Moll</i>	
<b>III.</b>	<b>Fundamentos Lógicos y Epistemológicos de la Tecnología</b>	<b>327</b>
19	Modelos como herramientas inferenciales	329
	<i>Juan Redmond, Rodrigo López-Orellana</i>	

20	Certeza en la ciencia y la educación	341
	<i>Juan Ernesto Calderón</i>	
21	La ciencia como fenómeno connatural de la vida social	349
	<i>Oscar Enrique Santilli</i>	
22	Las estructuras disyuntivas en el planteo y resolución de problemas: enfoque lógico	357
	<i>Luis Eduardo Gómez</i>	
<b>IV.</b>	<b>Foro Jurídico</b>	<b>389</b>
23	Consideraciones Generales de la Ley del Contrato de Teletrabajo 27555	391
	<i>María Elena Sottano</i>	
24	Una Aproximacion al Analisis del Fenómeno Conflictual	407
	<i>Bruno Damián Difonso Cornejo</i>	
25	El Principio Protectorio a la Luz del Derecho de Consumo	421
	<i>María Carla Mouliné</i>	

\* \* \*

## Prólogo

*Guillermo A. Cuadrado*

En 2020 se desató la pandemia de Covid 19, provocada por el coronavirus de tipo 2, que causa el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2). Este virus, como otros, trató a todas las personas por igual, reafirmando que: todos los hombres son iguales ante la naturaleza, el futuro puede ser imprevisible y, a veces surgen situaciones que imponen el aislamiento y la soledad. De pronto nos encontramos viviendo en un mundo con la amenaza inminente de enfermarse, de perder a alguien cercano. Pero, si esa amenaza se hace realidad, siempre es un hecho doloroso, más aun cuando el virus se cobra una vida joven, porque repentinamente se truncan sus ansias, sus expectativas, sus ilusiones. Ese precisamente fue el caso de Bruno Difonso, uno de los autores de este libro y docente de esta Facultad, que siempre recordaremos por su bondad e integridad.

Aun con el peso de la pérdida, debemos sobreponernos, ya que la vida continúa y parte de nuestra naturaleza humana es enfrentar la adversidad. En ese sentido, gracias a la disposición de las autoridades de la Facultad Regional Mendoza, UTN, la disponibilidad de tecnología y el tesón de los autores, la reunión científica programada un año antes se pudo realizar por videoconferencia (Zoom). De ese modo, el VI Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería ECEFI 2020 y el IV Foro sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva se realizaron los días 24 y 25 de noviembre de 2020. Por cierto, no hubo posibilidad de estar físicamente presentes para fortalecer los lazos interpersonales, que potencian a toda comunidad académico-científica. Los autores que tuvieron una presencia virtual en el

Congreso, ahora integran esta publicación y se hacen presentes con sus conocimientos y reflexiones.

Los Congresos ECEFI se vienen realizando cada dos años y sin interrupciones desde 2010 y, siempre se efectuó una selección de los trabajos presentados que fueron impresos. En lo que se refiere a esta publicación, la misma está organizada en cuatro secciones que comprenden: I. Aportes a la Educación en Ingeniería; II. Aplicaciones e Investigaciones en Ciencia y Tecnología; III. Fundamentos Epistemológicos de la Tecnología; y IV. Foro Jurídico. Los capítulos que componen cada sección reflejan una interesante variedad de temas y perspectivas, que poseen los ámbitos de conocimiento indicados.

La sección I referida a “Aportes a la Educación en Ingeniería” agrupa siete capítulos referidos a fundamentos, conceptos y prácticas en las ciencias de la ingeniería. El primer capítulo apunta a caracterizar las prácticas de enseñanza que promuevan la comprensión lectora en matemática y física en alumnos que transitan los primeros pasos en las carreras de Ingeniería de la FRM, UTN, considerando que la comprensión lectora es una de las competencias de acceso y permanencia en la universidad. El capítulo segundo indaga sobre las modificaciones de las prácticas de enseñanza que los docentes debieron introducir por la pandemia de Covid19. El estudio abarca: la modalidad del dictado de clases, el nivel de conectividad de estudiantes y docentes, actividades realizadas en el taller, tipos de exámenes y sus resultados. El tercer capítulo analiza el reajuste de la planificación de Álgebra en Ingeniería Industrial, considerando la formación por competencias con el aprendizaje centrado en el estudiante de ingeniería, de acuerdo con los Estándares de Segunda Generación de CONFEDI, lo que implica intervenir en dos planos al menos: el espacio curricular y su diseño.

El capítulo cuarto informa sobre la realidad virtual y sus niveles de inmersión, proponiendo un estudio de casos sobre implementaciones de la misma en procesos de enseñanza-

aprendizaje en ingeniería. Para ello se enfatizan aquellas situaciones que propician un nivel mayor de inmersión, evaluando las posibilidades de aplicación en ambientes universitarios para aquellos casos donde las cátedras hacen uso de prácticas de taller. El capítulo quinto presenta una experiencia de enseñanza y aprendizaje en tiempos de pandemia realizada en la facultad de Ciencias Agrarias. El mismo contiene: una reseña de planteos de diversos autores sobre educación a distancia y una descripción de la experiencia en Matemática en tiempos de pandemia, revisando metodologías, contenidos, evaluaciones y promociones. Luego se analizan encuestas de cursado hechas a estudiantes del periodo considerado y se sacan conclusiones de la experiencia.

Mientras que el sexto capítulo propone el desarrollo de una App móvil que integra computación móvil, entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje y realidad aumentada. Todo eso con metodologías de enseñanza orientadas a la formación de competencias, usando la resolución de problemas relacionados con el modelo de cloud computing, servicios de geolocalización y realidad aumentada. El capítulo séptimo entrega un modelo didáctico para una mejor comprensión de la Transformada de Hilbert-Huang, propiciando un ambiente de aprendizaje y experimentación de la misma a partir de recursos en la Web sobre los conceptos fundamentales, con escasos formalismos matemáticos y el uso del software Matlab.

La sección II de “Aplicaciones e Investigaciones en Ciencia y Tecnología” contiene once capítulos relacionados con las Ciencias de la Ingeniería, cuya diversidad de temas es consistente con los distintos campos de conocimiento que abarca. El octavo capítulo se refiere a las pruebas de caracterización realizadas en un teléfono smartphone. Estos dispositivos se utilizaron como fuentes de disturbio y verificación de las características funcionales en un equipo electromédico cardio-desfibrilador, evaluando luego el comportamiento del equipo expuesto a los campos radioeléctricos, medidos pre-

viamente y supervisados por un simulador de paciente (anali- zador de electrocardiógrafo desfibrilador). Los resultados de las pruebas realizadas permitirían desarrollar un Protocolo de estudio experimental a diferentes distancias de las alteracio- nes funcionales y niveles de severidad del entorno de los equipos restantes. El capítulo noveno propone conceptos orientadores para elaborar estrategias que promuevan inves- tigaciones y publicaciones en Facultades, en particular aque- llas muy orientadas a la salida profesional donde esas activi- dades son escasas o no existen. Se encontró que las finalida- des de los géneros científicos pueden sugerir actividades que promueven la investigación, aspecto articulador del proceso de integrar la investigación en los currículos de las carreras, involucrando a docentes y alumnos.

El capítulo décimo analiza los factores culturales, que fa- vorecen o se oponen al desarrollo del proceso de mejora con- tinua, en Japón y en Argentina. Para ello se analizó el concep- to de kaizen (cambio y bondad, o mejora) desde la perspecti- va de autores japoneses y occidentales en el período 1934- 2010. Los datos de productividad se extrajeron de bases de datos longitudinales internacionales y nacionales. Se encontró que existe cierta similitud entre las dimensiones culturales de Japón y Argentina, sin embargo la adopción de las herramien- tas y principios de calidad en las organizaciones argentinas es baja. Siempre en el ámbito organizacional, el décimo primer capítulo sostiene que la Trilogía de Juran permite construir un modelo de análisis para identificar factores para implementar iniciativas de calidad y mejora continua en pequeñas y media- nas empresas en Argentina. La Trilogía se contrastó con otros modelos, el de Kurt Lewin, el de Lippitt, Watson y Westley y el de Kotler. Se encontró que implementar un cambio organiza- cional basado en la Trilogía es similar a uno fundado en la perspectiva del Desarrollo Organizacional.

El capítulo décimo segundo presenta el problema de las vibraciones no controladas que producen la rotura temprana de mecanismos afectados. El trabajo informa los logros en la

obtención de parámetros característicos y de criterios de diseño de un amortiguador torsional viscoso, que se adecua para absorber las vibraciones torsionales del cigüeñal de un motor de combustión interna. El coeficiente de amortiguación del mismo se obtuvo con un modelado clásico analítico, mientras que la validación de los resultados se obtuvo mediante elementos finitos con el programa SolidWorks. Mientras que el décimo tercero inspecciona la epistemología del valor  $p$ , que diferencia los resultados estadísticamente significativos de los que son producto del azar del muestreo, determinando así su importancia en la metodología de la investigación en ingeniería desde dos teorías clásicas que han contribuido al desarrollo de la estadística inferencial. Se encontró que el diseño de las pruebas de hipótesis es muy adecuado en actividades que requieren un muestreo continuo, como son los procesos de aseguramiento y control de la calidad.

El décimo cuarto capítulo analiza el rol de la estadística en el desarrollo de las tecnologías de la cuarta revolución industrial, como las redes neuronales bayesianas y las tecnologías de la información y la telecomunicación, conducidas por algoritmos que intervienen en la transformación de los procesos productivos, generando nuevas realidades industriales e instrumentos tecnológicos, medios de producción urbanos y rurales, que exigen nuevos actores para un funcionamiento exitoso y eficiente. A su vez, el décimo quinto establece una metodología alternativa y a su vez, complementaria de las tradicionales, para medir el color de los alimentos con técnicas de procesamiento de imágenes digitales, combinando un escáner para la captura, edición de imágenes y aplicaciones de exploración de datos. En la misma línea, el décimo sexto presenta un caso de medición y evaluación del color de calidad sensorial de alimentos de origen vegetal. La precisión en la determinación del color se obtuvo mediante un escáner, comparando sus resultados con una guía de colores identificados con un código (Pantone), utilizando el análisis de componentes principales y un análisis de correspondencia simple. La correlación con las pruebas sensoriales en jugo de za-

nahoria y uva muestra que se puede obtener un índice de color más objetivo, utilizando los recursos más accesibles y económicos.

Para finalizar la sección II, el décimo séptimo capítulo presenta el proceso de construcción del modelo dinámico de un robot manipulador, en base a la formulación de las ecuaciones de Lagrange, las cuales describen la dinámica del mismo mediante el balance de la energía cinética y potencial de sus eslabones. En este modelo se analizan los fenómenos físicos denominados: 'efectos inerciales', 'fuerzas centrípetas y de coriolis', 'par gravitacional' y 'fricción'. El proceso tiene como insumos de entrada los parámetros dinámicos (masas, longitudes y momentos de inercia de los eslabones), como matriz de transformación homogénea suministrada por el modelo cinemático directo y como productos de salida las fuerzas y pares de torsión que se deben aplicar en cada articulación. Mientras que el décimo octavo capítulo se ocupa de la cavitación en los inyectores/atomizadores de presión y el comportamiento del chorro de líquido/spray en su salida. El trabajo plantea el estudio numérico de boquillas con asimetría en la dirección de avance del flujo y secciones rectangulares, tanto en la entrada como en la salida, para casos en los que aparece el estado de cavitación completamente desarrollado. El estudio concluye que una calibración cuidadosa de los modelos de viscosidad turbulenta seleccionados se convierte en una tarea importante para obtener predicciones de flujo precisas.

La sección III de "Fundamentos Epistemológicos de la Tecnología" tiene únicamente cuatro capítulos sobre temas que fundamentan las Ciencias de la Ingeniería. El capítulo décimo noveno propone un enfoque no representacionalista de la práctica de modelización, el cual afirma que los modelos son herramientas que permiten generar hipótesis plausibles sobre las parcelas de realidad representada o sistemas-objetivo (target systems). Las hipótesis inferidas son siempre acciones de un agente y, a través de ellas, los científicos



construyen hipótesis, partiendo de la información fiable que involucran los modelos acerca de los fenómenos. El vigésimo capítulo sostiene que la pandemia es un factor disruptivo en todas las actividades humanas, como relaciones humanas, mundo del trabajo y medios de producción. Todas ellas han cambiado o han acelerado las transformaciones que se esperaban. Dentro de este abanico se focalizan la ciencia, la educación y la ciudadanía, para pensar en una salida superadora de la humanidad, la cual debe basarse en la formación del llamando 'espíritu científico'.

El vigésimo primer capítulo considera el fenómeno de la ciencia como un hecho connatural a la sociedad, en su dimensión productiva y en su carácter constitutivo. En ese sentido, la conciencia formada y la ética determinan el ámbito de posibilidad del conocimiento científico, ya que sus desarrollos y sus implementaciones prácticas dependen de la integración del hombre en sociedad. A su vez, el vigésimo segundo capítulo expone en forma ordenada y coherente algunos conocimientos lógicos básicos sobre la disyunción en las tres estructuras de la lógica clásica, que facilitan su comprensión y la aplicación de los mismos en la resolución de problemas. Se presentan también algunos errores comunes en los planteos disyuntivos.

La sección IV "Foro Jurídico" tiene tres capítulos. El vigésimo tercero expone los aspectos fundamentales que regulan las relaciones laborales del trabajo fuera del establecimiento conocido como "home office". El régimen jurídico sancionado en la ley 27555 regula los sistemas actuales de desempeño laboral, con el uso de tecnologías y el conocimiento que interviene en el universo laboral. Lo que se regula es una situación de trabajo fuera del establecimiento, con determinadas características, ya que se trata de un trabajo que normalmente puede hacerse dentro del establecimiento. Sin embargo, se opta por hacerlo desde el domicilio del trabajador u otro lugar que determina el trabajador, haciendo la salvedad que también podría pactarse o ser propuesto por el empleador.

El vigésimo cuarto capítulo se centra en el conflicto y analiza el fenómeno conflictual enfatizando la relación social. Se presenta la relevancia en el Derecho de esta última, así como el interés reciente en su estudio, análisis y sistematización con la finalidad de que pueda ser comprendido globalmente. Para ello se incluye la génesis del conflicto ampliada al contexto argentino donde se está desarrollando la crisis judicial y el exceso de judicialización para resolver conflictos, advirtiendo su carácter violento. También, se muestra la faz positiva del conflicto, sus causas y origen. Para finalizar, el vigésimo quinto capítulo informa sobre el “principio protectorio o tuitivo”, para proteger los derechos de la sociedad, evitando abusos y la existencia de sujetos vulnerables a las denominadas “relaciones de consumo”. El principio indicado es fundamental en el derecho del consumo, por ello se analizan sus implicancias, particularmente desde la perspectiva de consumidores y usuarios. Estos últimos son “las personas físicas o jurídicas que adquieren o utilizan, en forma gratuita u onerosa, bienes o servicios como destinatarios finales, en beneficio propio o de su grupo familiar o social”.

En las cuatro secciones declaradas, el lector encontrará enfoques novedosos de los temas tratados, que revelan el interés de los autores por los problemas que surgen de las ciencias de la ingeniería, así como el esfuerzo realizado para resolverlos adecuadamente. Y para concluir, es importante destacar que el VI Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería. ECEFI 2020 se pudo realizar en plena pandemia de Covid 19 gracias al esfuerzo realizado por la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, que lo organizó y realizó y además, hizo posible esta publicación.

Mendoza, agosto de 2021

\* \* \*

## **Autores y Filiación**

López Orellana, Rodrigo; Universidad de Salamanca, España  
Redmond, Juan; Universidad de Valparaíso, Chile  
Alveal, Maximiliano; Universidad Tecnológica Nacional  
Anzoise, Esteban: Universidad Tecnológica Nacional  
Azor Montoya, Jesús Rubén. Universidad de Mendoza  
Balacco, José; Universidad Tecnológica Nacional  
Bello, Carlos; Universidad Tecnológica Nacional  
Brachetta, Mariana; Universidad Tecnológica Nacional  
Calderón , Juan Ernesto; Universidad Tecnológica Nacional  
Carabajal, Roberto; Universidad Tecnológica Nacional  
Carbonari, Daniela B. ; Universidad Tecnológica Nacional  
Césari. Matilde; Universidad Tecnológica Nacional  
Césari. Ricardo; Universidad Tecnológica Nacional  
Coussirat, Miguel G. ; Universidad Tecnológica Nacional  
Cuadrado, Guillermo; Universidad Tecnológica Nacional  
Cuenca, Julio Héctor; Universidad Tecnológica Nacional  
Difonso, Bruno Damián; Universidad Tecnológica Nacional  
Echeverría, César; Universidad Tecnológica Nacional  
Garriga, Marcela Laura; Universidad Nacional de Cuyo  
Giménez, Alberto; Universidad Tecnológica Nacional  
Giner, Cristian; Universidad Tecnológica Nacional  
Gómez, Luis; Universidad Tecnológica Nacional  
Herrero, Julieta; Universidad de Mendoza  
Hossian, Alejandro; Universidad Tecnológica Nacional

León, Oscar; Universidad Tecnológica Nacional  
Machuca, Jazmín; Universidad Tecnológica Nacional  
Moll, Flavio H.; Universidad Tecnológica Nacional  
Monetti, Julio; Universidad Tecnológica Nacional  
Mouliné, María Clara. Universidad Tecnológica Nacional  
Muñoz García, Ana; Universidad Tecnológica Nacional  
Narvaez, Ana María; Univ. Tecnológica Nacional, Univ. Nac. Cuyo  
Nodaro, Verónica Noemí; Universidad Nacional de Cuyo  
Ortigala, Julio; Universidad Tecnológica Nacional  
Pérez , Santiago Cristóbal; Universidad Tecnológica Nacional  
Restiffo, Claudia; Universidad Tecnológica Nacional  
Santilli, Oscar Enrique; Universidad Nacional de Cuyo  
Scaraffia, Cristina; Universidad Tecnológica Nacional  
Segura, Sandra; Universidad Tecnológica Nacional  
Simó, Valeria; Universidad Tecnológica Nacional  
Sirmovitsch, Norma; Universidad Tecnológica Nacional  
Sottano, María Elena; Universidad Tecnológica Nacional  
Stefanoni, María Eugenia; Universidad Tecnológica Nacional  
Tirador, Marta Eugenia; Universidad Nacional de Cuyo  
Todaro, Alejandra; Universidad Tecnológica Nacional

\* \* \*



1

APORTES A LA EDUCACIÓN  
EN INGENIERÍA



# 1

## Comprensión lectora en Matemática y Física en alumnos de primer año de Ingeniería

*Sandra Segura, Alejandra Todaro; Julieta Herrero*

**Resumen:** Las dificultades en la comprensión lectora en matemática y física en los alumnos ingresantes de ingeniería es una realidad desde hace varios años a esta parte. A partir de esta inquietud se propone un proyecto de investigación que apunta a caracterizar las prácticas de enseñanza que promuevan la comprensión lectora en matemática y física en alumnos que transitan los primeros pasos en las carreras de Ingeniería de la FRM-UTN. Teniendo como hecho, que una de las metas esenciales de la formación universitaria debería ser hacer a los alumnos capaces de gestionar la información que reciben para convertirla en verdadero conocimiento, es que consideramos que una de las competencias de acceso y permanencia en la universidad es la comprensión lectora. Como diagnósticos, propios y de otras universidades, se han detectado dificultades y carencias en relación a la lecto-escritura y a la interpretación de textos en los alumnos ingresantes universitarios, por lo cual se propone en este proyecto analizar qué comprenden los alumnos cuando leen textos de semi-divulgación científica en ciencias básicas en las área de matemática y física, para que una vez diagnosticadas las dificultades y analizadas las causas, se puedan caracterizar prácticas educativas que faciliten la comprensión lectora y así diseñar actividades que promuevan progresivamente al logro de esta capacidad. Este proyecto ha sido aprobado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

**Palabras claves:** comprensión, competencias, matemática, física, ingeniería.

### Introducción

Las dificultades en la comprensión lectora en matemática y física en los alumnos de las carreras de ingeniería es una debilidad encontrada en los diversos estudios realizados por

las universidades de todo el país, en particular en nuestra Facultad Regional Mendoza. A partir de esta inquietud se propone un proyecto de investigación que apunta a caracterizar las prácticas de enseñanza que promuevan la comprensión lectora en matemática y física en alumnos que transitan los primeros pasos en las carreras de Ingeniería de la FRM-UTN.

## **Desarrollo**

Los docentes que trabajamos en las cátedras de primer año de la FRM-UTN nos encontramos con el problema que alrededor del 50% de los alumnos no logra la regularidad en las cátedras de materias básicas como Álgebra y Geometría Analítica, Análisis Matemático I y Física I.

Si buscamos los motivos de este fracaso, podríamos pensar que uno de ellos podría deberse a los contenidos disciplinares de matemática y física, la primera por su carácter abstracto y ambas por su aparente complejidad, sin embargo podemos ir más allá y pensar que no es el único motivo.

Se han realizado estudios que muestran que entre otros factores de fracaso está la deficiencia en la comprensión lectora de los alumnos ingresantes a las carreras de ingeniería.

En cuanto a los antecedentes, se pueden encontrar diversos artículos que tratan sobre la comprensión lectora en diversos niveles educativos. Si bien nosotros nos concentraremos en aquellos relacionados a los últimos años del nivel medio y los primeros de la universidad, hay estudios de nivel primario que nos dan indicios de metodologías de investigación que adaptadas pueden ser apropiadas para este proyecto.

Como en todos los campos del pensamiento, las ciencias básicas requieren de un lenguaje científico o específico, (Santos Barón, 2015) por lo que se requiere de ciertas habilidades y competencias para poder dominar o por lo menos lograr comprender ciertos aspectos de este lenguaje que si bien se correlaciona con la comprensión lectora en general, es específica en el campo del pensamiento



matemático y físico. La matemática y la física necesitan del lenguaje natural para comunicar sus resultados, pero además le añaden símbolos, fórmulas y vocabulario específico que son necesarios para comprenderlas. La lectura en ciencias requiere además de comprender las palabras del lenguaje natural, entender el sentido, el significado de los símbolos, las fórmulas, los términos específicos, entre otros.

La comprensión lectora, en cualquier nivel escolar, es un proceso complejo que implica la orquestación de diversas habilidades y procesos cognitivos, que van desde la decodificación y reconocimiento de palabras hasta procesos de alto nivel, como la integración del significado de las distintas partes del material leído, con el objetivo de construir un modelo mental coherente del texto (Vernuchi, Canet, Andrés, Burin, 2017). Constituye el medio básico por el que se adquiere información en nuestra sociedad. La comprensión de textos implica la formación de una representación del sentido de lo leído, que toma la forma de un modelo mental o de situación, integrado y coherente. Para lograrlo es necesario que operen los procesos de integración e inferencia. La integración entre palabras y oraciones es necesaria para poder establecer la coherencia local, y las inferencias acerca de diferentes eventos, acciones y estados son necesarias para que el texto forme una totalidad coherente. Además, estos procesos requieren que la información relevante, tanto del texto como del conocimiento del mundo que tiene el lector, estén disponibles y en un estado accesible. La comprensión lectora en matemática y física supone un concepto amplio, ya que implica la evaluación de propiedades y relaciones expresadas en textos, números, símbolos, gráficos, entre otros.

García Olivera (2014) explica que la comprensión lectora es la capacidad que tiene el ser humano de representar mentalmente un texto, de decodificar, analizar e inferir sobre lo que se lee, por lo que este proceso tan complejo es la base del aprendizaje que no sólo le permite al estudiante aprender sino aprender a partir de lo que lee y construir conceptos nuevos. Si bien hace referencia a estudiantes universitarios

de una licenciatura, concluye que la lectura y la comprensión es parte fundamental para ampliar el conocimiento, teniendo en cuenta que la mayoría de los textos con los cuales se trabajan en la universidad son del tipo científico, la comprensión de los estudiantes no es la adecuada para este nivel. Otra conclusión es que la competencia lectora es una tarea que se debe reforzar en cada nivel educativo, sin olvidar que el estudiante necesita conocer estrategias de aprendizaje además de estar motivado para poder aprender de manera significativa. También hace referencia a que pocas veces se hacen investigaciones sobre la comprensión lectora en universitarios, sobre las dificultades que presenta el estudiante y los factores que intervienen en dicho proceso. Concluye que la comprensión lectora es una tarea importante en este nivel educativo, ya que los profesores esperan que sus estudiantes comprendan y argumenten los textos que revisan, debido a que en su mayoría son artículos especializados. Se recalca también que la lectura es un proceso interactivo de comunicación en el que se establece una relación entre el texto y el lector, quien al procesarlo en lenguaje e interiorizarlo construye su propio significado. La lectura es un proceso constructivo al reconocer que el significado no es una propiedad del texto, sino que el lector lo construye mediante un proceso ya que conforme va leyendo y según sus conocimientos previos y experiencias en un determinado contexto, lo lleva a una nueva situación cognoscitiva.

La comprensión lectora es una competencia que desarrollarla no implica sólo una tarea de los profesores encargados de los primeros años de escolarización, es un proceso que se va construyendo a lo largo de los diferentes niveles educativos con una visión e intención diferentes que le permite al estudiante desarrollar habilidades y emplear estrategias como herramientas para comprender un texto las cuales deberán ser empleadas y aprendidas según su nivel educativo.

González Moreyra (1998) explora la comprensión lectora inferencial en estudiantes universitarios, identificando las dificultades que ofrecen textos de corte científico para la

comprensión lectora. Encuentra que entre los alumnos universitarios prevalecen aquellos dependientes en textos básicos informativos, documentales y numéricos y también lectores con grandes déficits en la lectura de textos científicos. Indicando la responsabilidad de la educación secundaria en las carencias lectoras del recién egresado pero haciendo énfasis en la responsabilidad de la universidad para desarrollar programas de apoyo y consolidación de las competencias comunicativas.

Uno de los instrumentos que utilizó para determinar los niveles de comprensión lectora fue el cloze estándar, es decir, elaborar un texto al que se le ha suprimido una palabra cada cinco, con excepción de las diez primeras y las diez últimas que se mantienen intactas. La tarea de los alumnos es completar el texto, identificando las palabras que han sido suprimidas. Uno de los objetivos de este trabajo es crear un instrumento de tipo cloze pero con textos de semi-divulgación científica propios de las áreas de matemática y física de primer año de ingeniería.

Por otro lado, y analizando los diagnósticos realizados por diferentes Unidades Académicas, coinciden en que los alumnos aspirantes y que ingresan a las carreras universitarias poseen, entre otros "Dificultades y carencias en relación a la lectoescritura y a la interpretación de textos, fundamental para un eficiente abordaje del aprendizaje universitario". Si bien podríamos decir que la problemática proviene de la Escuela Secundaria, los alumnos ya ingresantes a las carreras de ingeniería trasladan estos problemas a la vida universitaria y nosotros, como docentes de los primeros años, tenemos que poder ayudar a los alumnos a lograr un mejor nivel en la lectura comprensiva y sobre todo orientada a la lectura comprensiva en matemática y física.

El nuevo enfoque de la enseñanza universitaria posee dos rasgos esenciales, uno que apunta a orientar el aprendizaje hacia la comprensión y otro que ayuda a promover un uso estratégico de los conocimientos adquiridos que permitan

afrontar la solución de problemas nuevos. Estos rasgos no podrían desarrollarse si los alumnos no poseen las competencias básicas de ingreso a la universidad.

Las competencias básicas, necesarias para el ingreso a la universidad, están referidas a los conocimientos, procedimientos, destrezas y actitudes fundamentales para el desarrollo de otros aprendizajes, considerando, entre otras “Comprender e interpretar un texto, elaborar síntesis, capacidad oral y escrita de transferirlo” (CONFEDI, 2016).

Para analizar si un individuo ha logrado una capacidad, se deben tener en cuenta los indicadores de logro como señales que ponen en evidencia un aprendizaje acreditable. Los indicadores facilitan el diseño de tareas o actividades que permiten observar, medir y constatar si el indicador de logro se va alcanzando o no, o en qué medida. A través de dichas tareas el docente podrá evaluar si se satisface o no el aprendizaje a acreditar. En este proyecto se definirán indicadores de logro para determinar la comprensión lectora en matemática y física en los alumnos de primer año de ingeniería.

Teniendo en cuenta que una competencia básica alude a capacidades complejas y generales necesarias para cualquier tipo de actividad intelectual, es decir hace referencia a las competencias básicas, conocimientos, destrezas y actitudes fundamentales para el desarrollo de otros aprendizajes. En el marco de las competencias básicas esperadas para el ingreso a la universidad está incorporada aquella que apunta a “comprender e interpretar un texto, elaborar síntesis, capacidad oral y escrita de transferirlo”.

Según la “Declaración de Valparaíso” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, se denomina “Comprensión Lectora” a la competencia que desarrollan los sujetos en relación con las buenas prácticas de lectura. La comprensión lectora, por lo tanto, no es una técnica sino un proceso transaccional entre el texto y el lector, que involucra operaciones cognitivas y un complejo conjunto de conocimientos. Podemos afirmar que aprendemos a

interpretar textos pertenecientes a un determinado discurso, organizados según un género y formateados en un tipo de soporte. Por lo tanto, la comprensión lectora supone un conjunto de saberes y saber hacer, es decir, procedimientos que implican operaciones cognitivas de diferente nivel de complejidad, fuertemente vinculadas con la elaboración de inferencias.

El nivel esperado en los ingresantes a la universidad y en particular en los ingresantes a ingeniería es el nivel intermedio. Ello supone que deben ser capaces de cumplir con los indicadores de logro relacionados con esta competencia y correspondientes a textos de semi-divulgación, es decir por ejemplo, manuales destinados al aprendizaje específico de una disciplina.

Es por ello que las preguntas orientadoras de nuestra investigación son:

Utilizando los estándares propuestos por el CONFEDI, ¿qué nivel de desarrollo de la competencia comunicativa tienen los alumnos de primer año de ingeniería?

¿Cuáles son las experiencias educativas que promueven la comprensión lectora en ciencias básicas de la ingeniería?

¿Qué características tienen estas experiencias educativas y qué estrategias didácticas utilizan los docentes para lograr que sus alumnos alcancen mayores niveles de desarrollo de la competencia?

Por ello el objetivo de este trabajo es caracterizar este tipo de prácticas educativas, primero analizando el nivel de Comprensión Lectora que poseen los alumnos que están transitando primer año de las carreras de ingeniería y en virtud de los resultados poder proponer acciones para elevar dicho nivel.

Se incorporan como investigadores de apoyo a docentes de otras universidades, que poseen carreras de ingeniería, para poder validarlos instrumentos y en un futuro analizar si las

problemáticas y propuestas de mejora son transferibles a otras instituciones.

## **Objetivos de la investigación**

### Objetivo general

“Caracterizar las experiencias educativas que promueven el desarrollo de la comprensión lectora en matemática y física en alumnos de primer año de ingeniería de la FRM-UTN”

### Objetivos específicos

Diagnosticar el nivel de comprensión lectora en textos de semi-divulgación científica en matemática y física de los alumnos de primer año de ingeniería.

Clasificar los problemas esenciales que tienen los alumnos en la comprensión lectora de asignaturas específicas de matemática y física.

Identificar prácticas de enseñanza que promuevan el avance del grado de comprensión lectora de los alumnos.

Diseñar experiencias de enseñanza que contengan prácticas que promuevan al menos un nivel intermedio de comprensión lectora en textos de semi-divulgación científica en matemática y física.

Validar e implementar experiencias de enseñanza que promuevan la comprensión lectora en las áreas de ciencias básicas.

Evaluar los resultados de las prácticas de enseñanza diseñadas.

## **Descripción de la metodología**

El trabajo de investigación será descriptivo y explicativo. En el primer tipo (descriptivo) se reseñarán características de la población objeto de estudio y en el segundo, (explicativo), se darán razones del porqué de los fenómenos. En esta investigación se intentará conocer y describir los logros y dificultades de los alumnos de primer año de ingeniería, en

relación con la comprensión lectora en el área de matemática y física. También se intentarán proponer acciones y experiencias de enseñanza con base en las fuentes teóricas consultadas, así como en los resultados encontrados en la población seleccionada, con la finalidad de promover el desarrollo de la comprensión lectora en los estudiantes. La investigación se realizará desde el aula, implicando necesariamente la participación de los alumnos.

Para determinar las dificultades y el nivel de comprensión lectora de los alumnos, se generarán tests del tipo cloze con textos de semi-divulgación científica en matemática y física.

Para relevar estrategias de enseñanza que promuevan la comprensión lectora, se realizarán entrevistas abiertas a alumnos y docentes, junto a la técnica de la práctica interpretativa, así como las técnicas de observación estructurada y no estructurada de los grupos de trabajo y de los individuos.

Luego, para proponer y validar experiencias de enseñanza en matemática y física que promuevan la comprensión lectora, se utilizará la metodología llamada en Educación Matemática, Ingeniería Didáctica.

Como metodología de investigación, la Ingeniería Didáctica se caracteriza por un esquema experimental basado en las realizaciones didácticas en clase, es decir sobre la concepción, realización, observación y análisis de experiencias de enseñanza.

Esta metodología de investigación se diferencia de otras que también recurren a la experimentación en clase, por su forma de validación. Estas últimas recurren a la validación externa, comparando estadísticamente el grupo en estudio con el cual se ha realizado una experiencia, con un grupo testigo; en cambio la Ingeniería Didáctica recurre a la validación interna, basada en la confrontación entre el análisis a priori y a posteriori de las experiencias llevadas al aula. Es decir, desde la misma fase de concepción de la experiencia se empieza el proceso de validación, por medio del análisis a priori de la misma.

Con relación a la bibliografía se indagarán las publicaciones más recientes de los referentes nacionales, iberoamericanos y europeos en el ámbito de la formación por competencias.

### **Contribuciones del Proyecto**

El presente proyecto pretende contribuir a poner a disposición del medio universitario y no universitario, instrumentos que permitan medir el nivel de comprensión lectora en matemática y física en alumnos que transitan los primeros años de la universidad, y plantear posibles estrategias para elevar ese nivel, con el fin de disminuir la deserción y el fracaso en los primeros años de las carreras de ingeniería.

Esta contribución está enmarcada dentro de las corrientes actuales del desarrollo de competencias planteadas por el CONFEDI y por toda la comunidad universitaria.

### **Bibliografía**

- CONFEDI. (2014). "Competencias en Ingeniería. Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano". Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería. Universidad FASTA Ediciones.
- CONFEDI. CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA DE ARGENTINA. (2016). "Competencias y perfil del ingeniero Iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación". (Documentos Plan Estratégico ASIBEI). Larena, R. (Compilador). ISBN: 978-958-99255-8-4. Editor: ASIBEI.
- García Olvera, B.E.; Nájera Martínez, N.A.; Téllez Hernández, M.G. (2014). "Comprensión Lectora en Estudiantes Universitarios". Tesis de Licenciatura en Psicología Educativa. Universidad Pedagógica Nacional Ajusco. México DF.
- González Moreyra, R. (1998). "Comprensión lectora en estudiantes universitarios iniciales". Persona 1, 1998, 43-65. Universidad de Lima. Perú.
- Injoke-Ricle, I., Barreyro, J. P., Formoso, J., & Burín, D. I. (2015). Estructura de la memoria de trabajo en jóvenes adultos y su relación con "g". PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica, 7, 406-417. doi:10.5872/psiencia/7.3.22
- Muñoz Santonja, J.; Fernández, A.; Redondo, A. (2011). "Leer en Matemáticas". Clave XXI. Reflexiones y Experiencias en Educación.



Nº 4. CEP de Villamartín. ISSN: 19899564. Depósito Legal: CA 4632010.

- Pozo, J.; Puy Pérez Echeverría, M. (2009) "Psicología del aprendizaje universitario: la formación competencias". Ediciones Morata.
- Sandoval Rubilar, P.; Frit Carrillo, M.; Maldonado Fuentes; A.; Rodríguez Alveal, F. (2010). "Evaluación de habilidades en matemática y comprensión lectora en estudiantes que ingresan a pedagogía en educación básica: un estudio comparativo en dos universidades del Consejo de Rectores". Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. especial 2, p. 73-102, 2010. Editora UFPR
- Santos Baron, E. (2015). "Propuesta metodológica de lectura en clase de matemáticas a través de textos de divulgación científica". Revista UNION. Revista Iberoamericana de Educación Matemática. ISSN: 1815-0640 Número 43. Diciembre 2015 Páginas 49-69.
- Urrigaza Chávez, N. (2006). "La comprensión lectora inferencial de textos especializados y el rendimiento académico de los estudiantes universitarios del primer ciclo". Persona 9, 2006, 31-75.
- Vernucci, S; Canet-Juric; L.; Andrés, M.; Burin, D. (2017). "Comprensión Lectora y Cálculo Matemático: El Rol de la Memoria de Trabajo en Niños de Edad Escolar". Psykhe vol.26 no.2 Santiago nov. 2017. Versión On-line ISSN 0718- 2228. <http://dx.doi.org/10.7764/psykhe.26.2.1047>.

\* \* \*



## 2

### ¿Cómo aprenden los que enseñan?

*Norma Sirmovitsch; Claudia Restiffo*

**Resumen:** El propósito de este trabajo es indagar sobre cómo los docentes han tenido que modificar sus prácticas de enseñanza a partir de un nuevo escenario educativo que se manifiesta con la pandemia por COVID19. La metodología utilizada para obtener la información es cuali-cuantitativa y las variables del estudio surgen del análisis del Seminario de Ingreso 2021 (denominados así por el año en que, quienes lo aprueben, ingresarán a la Facultad). Las variables que se tienen en cuenta fueron: 1) modalidad de dictado, 2) nivel de conectividad de los estudiantes y docentes, 3) actividades realizadas durante el taller, 4) tipo de exámenes tomados y los resultados parciales y finales obtenidos.

**Palabras claves:** seminario de ingreso, aprendizaje, formación continua, educación a distancia, trabajo colaborativo.

El Seminario de Ingreso de la Universidad Tecnológica Nacional por resolución N°1639/2016, establece que “todos los aspirantes al ingreso a una carrera de grado deberán cursar un Seminario de Ingreso” cuyo principal objetivo es “facilitar la inserción del aspirante a la vida universitaria, nivelando sus capacidades y propiciando su mejor adecuación desde el primer año de la carrera”. En consonancia con esa resolución, la Facultad Regional Mendoza ofrece todos los años un Seminario. En la edición 2021 ha sido íntegramente *a distancia*. Está compuesto por dos talleres: 1) Matemática y sus aplicaciones y 2) Taller de ambientación e Introducción a la Universidad (TAIU) a partir del cual se ha realizado el presente trabajo.

Para llevar adelante el TAIU se organizaron 24 comisiones con dos Coordinadores Generales, cada una de las cuales estaba a cargo de un docente. Cada comisión tenía un aula virtual alojada en el *campusingresantes.frm.utn.edu.ar*. La

extensión fue de 80 horas. La organización comenzó en marzo/2020 y el desarrollo se extendió de agosto a noviembre y posteriormente se tomaron las evaluaciones formales resultado de las cuales se determinan las habilidades y conocimientos de los aspirantes a ingresar a la Universidad.

El programa analítico era común pero cada profesor tuvo la libertad de sumarle actividades o variar algunas prácticas.

Para llevar a cabo el presente estudio, se ha partido de dos premisas: 1) el aprendizaje es un proceso autogestionado en docentes adultos y 2) el contexto de pandemia por COVID 19 impulso el uso de recursos propios de la educación a distancia.

Se ha tenido en cuenta que en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto docentes como estudiantes, **aprenden**. Siguiendo a Tejada, “nos encontramos ante un cambio de paradigma educativo, en donde la atención en la enseñanza pasa a centrarse, en el aprendizaje”. (Tejada, 2007, p. 97).

En este nuevo contexto se ha revalorizado el concepto, dándole una nueva perspectiva, operante en ambos sentidos, cruzada por los recursos tecnológicos y exigidos por los imperativos de tiempo y disponibilidad y/o acceso a dispositivos y aplicaciones tecnológicas especiales. Era imperiosa la necesidad de que los docentes comprendieran la esencia de ese cambio paradigmático mencionado para que los estudiantes, en lugar de utilizar los recursos digitales preponderantemente como herramientas de búsqueda de información, satisfacción lúdica y como ecosistema de relaciones sociales a través de las redes, puedan desarrollar procedimientos para el procesamiento y apropiación de contenidos académicos.

El grupo objeto de análisis, está formado por profesionales universitarios cuyas edades oscilan entre 32 y 63 años. En ese sentido, el estudio parte de criterios de la educación de adultos. La andragogía o educación del adulto es una disciplina cuestionada pero que ofrece aportes teóricos en numerosas instancias formales e informales. Los debates de la déca-

da de los 90 contribuyeron con perspectivas novedosas y tuvieron el mérito de explicitar la necesidad del replanteo de la *pedagogía* (disciplina que estudia los procesos educativos en niños), como alternativa a la educación. Las Conferencias de la UNESCO sobre Educación de Adultos continúan profundizando esta disciplina y proporcionando nuevos enfoques, particularmente desde el desarrollo de las investigaciones en neurociencia.

Afirmaba Knowles que *“mi propia convicción es que a final de este siglo (XX) la mayoría de los servicios educativos serán proporcionados electrónicamente a los alumnos (adultos) según su propia conveniencia en términos de tiempo, lugar y ritmo”* (1996; pág. 262). Él expuso su idea de los cambios que sobrevendrían en la educación de los adultos apoyados en las ciencias biológicas y la tecnología. Anticipaba nuevos escenarios en el universo educativo.

No es objeto de este trabajo profundizar en la andragogía, sus alcances y consideraciones generales pero sirve de soporte teórico condicionado por las circunstancias especiales a partir de las cuales se ha visibilizado la necesidad de formación, actualización y/o profundización de contenidos conceptuales y procedimentales en adultos y adultos-mayores que ejercen la docencia con jóvenes cuyo objetivo es ingresar en el mundo de la formación profesional y del cual son “nativos digitales” (Prensky).

Lo que se desea rescatar es la idea de que la fuerza impulsora del aprendizaje para los adultos es la necesidad de dar una respuesta inmediata a necesidades de la vida personal y/o profesional/laboral y el aprendizaje está configurado por su rol social, cuya modificación –tal como se le está exigiendo- provoca una movilización desde lo emocional y psicológico pero constituye un desafío a partir del cual, en caso de superarlo satisfactoriamente, se produce un crecimiento y la afirmación la autoestima.

Por otra parte es necesario poner sobre la mesa de discusión las nuevas competencias de una cultura tecnológica. Como dice Perrenoud (2004) “Se trata de pasar de una escuela centrada en la enseñanza (sus finalidades, contenidos, su evaluación, planificación, su aplicación bajo la forma de cursos y ejercicios) a una escuela centrada no en el alumno, sino en los aprendizajes. El oficio de profesor se redefine: más que enseñar, se trata de hacer aprender” (p.112).

A lo dicho, incorporamos necesariamente, con estrategias de educación a distancia. Si bien no pueden equipararse las prácticas utilizadas a una educación formal a distancia propiamente dicha, han tenido aspectos en común. La lógica de la planificación, la interacción de los agentes involucrados y la consolidación en el tiempo no estaban previstas en marzo de 2020 cuando se tomó la decisión de ofrecer el Seminario de Ingreso con modalidad virtual.

El escenario está situado en un contexto de pandemia, que no requiere, para quienes lo están transitando, mayor explicación. Es necesario resaltar que en 2020 hubo que redefinir y asumir nuevos roles. En el caso de los docentes: actuar como tutor de los alumnos, incorporando el uso de recursos y herramientas virtuales para explorar y elaborar nuevos conocimientos y habilidades, a la vez que iba logrando una autogestión de los propios aprendizajes. En otro sentido, actuar como gestor del grupo de recursos de aprendizaje y acentuar su papel orientador y mediador en esta nueva sociedad elaborando propuestas de calidad para la presencialidad y la no presencialidad.

Las competencias tecno-pedagógicas son esenciales en este proceso y son reivindicadas como pocas veces hasta este momento. Por tal motivo, se ha promovido su incorporación en el equipo docente a partir del uso de prácticas para fomentar el aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta tanto el horizonte de formación personal como profesional y la urgencia de su desarrollo. Quienes lideraban el proceso entendieron la vital importancia del soporte pedagógico (o andragógico),

para que no quedarse en meras tácticas sino que contribuyan a construir aprendizajes. Por ejemplo, el reciclado del *Zoom*, aplicación propia del mundo empresarial, ha sido utilizado para lograr el contacto entre docentes y estudiantes. Estudiantes y docentes han tenido que aprender a utilizar intensivamente los dispositivos digitales para participar de clases, resolver prácticos y evaluar/ser evaluados, y se han resignificado las experiencias docentes a partir de las cuales, cada uno de los integrantes del proceso de enseñanza-aprendizaje ha realizado un proceso intra e interpersonal.

En el análisis del proceso nos hemos detenido en dos percepciones que hemos dado en llamar “escalones”.

### **1- ¿Cómo perciben los estudiantes su ingreso a la universidad?**

El contexto en el que se encuentran está caracterizado por:

- Instantaneidad en los resultados, en las búsquedas de información, en la obtención de gratificaciones, etc. Por ejemplo: si alguien busca un dato en Internet y no lo encuentra en los primeros 3 minutos, pierde interés y abandona la búsqueda o cambia de lugar.
- Sincronicidad: por ejemplo: jugar en red con alguien de otro país tiene como único requisito el acuerdo de partes; asistir a un evento internacional requiere el manejo de un idioma común pero, con la virtualidad, ni siquiera es necesario desplazarse geográficamente.
- Horizontes difusos: la “sociedad líquida” de la que habla Bauman no permite la proyección a largo plazo. Los valores y conceptos sobre los que se asentaron los esquemas sociales en general y educativos en particular, ya no existen.
- Crisis socio-económica: Ulrich Beck denomina "sociedad de riesgo" a esta sociedad amenazada por los peligros originados por las fuerzas destructivas de las guerras, el terrorismo, las crisis financieras y la catástrofe climática. Cualquier otro panorama anteriormente descrito, toma un

nuevo sentido en 2020, año en el que la pandemia-cuarentena y todas sus consecuencias, han hecho que el mundo realice un curso de inmersión en el desastre y la desconfianza, en los temores apocalípticos y, a la vez, en alternativas de soluciones y nuevas miradas.

- Recursos limitados, en sentido amplio: naturales, sociales, tecnológicos, tiempo.

## **2- ¿Cómo perciben los docentes su tarea?**

Las características descritas para los estudiantes alcanzan al universo de los docentes. A lo que se incorporan características propias. Algunas de las cuales han sido relevadas por entrevistas realizadas:

- Formación heterogénea: diferente formación académica y trayectoria (Ingenieros, Licenciados en Psicopedagogía, Profesores universitarios en Letras e Historia; profesionales con formación de Posgrado y Especialistas en entornos digitales a la par de principiantes en entornos virtuales. A su vez, el dominio de los contenidos conceptuales y procedimentales es diverso y las capacidades para transferirlo al proceso del Seminario es variado. Se puede inferir que es enriquecedor en su conjunto pero de disímil implementación en cada comisión.
- Transferencia del nivel teórico al trabajo del aula con distinto grado de éxito. Se ha observado que el enfoque didáctico ha experimentado transformaciones tanto en las explicaciones que van ofreciendo los docentes como las ejemplificaciones y actividades que se proponen para la adquisición de contenidos. Las tradicionales “Técnicas de estudio” han ido migrando al proceso de comprensión lectora que se instrumentó en esta edición del TAIU en la que se esperaba la Interpelación del texto -que el lector se apropie del mensaje, lo decodifique, ubicando en tiempo y entorno al autor y se involucre en sus conocimientos-.



- Las expectativas de los docentes incluyen la incorporación de nuevos procesos y el natural temor de no poder ser quien los lidere.
- Los contenidos y las estrategias para apropiarse de ellos requieren la mediatización de los textos a partir de los cuales los aspirantes pueden conceptualizar, adaptarse, vivenciar, reflexionar y que resignificar su aprendizaje. En ese sentido las contribuciones han sido desiguales.

La metodología utilizada para realizar el análisis en este trabajo, es una **observación participante**. Se llevó adelante mediante registro de seguimiento del trabajo en las aulas virtuales.

Se acompañó el desarrollo de las actividades particulares que variaron entre las propuestas generales y las personales ofrecidas por los docentes y los resultados parciales y generales del Seminario.

En el Taller se incorporaron herramientas digitales, materiales multimediados, videoconferencias, clases invertidas, uso de *apps* (aplicaciones digitales para presentarse personal y grupalmente, para exponer contenidos, para monitorear la comprensión). Existieron controles de lectura. La evaluación final fue global y tuvo dos instancias recuperatorias. En todos los casos fueron escritas; las dos primeras, virtuales y la última, presencial.

Los docentes tuvieron un acompañamiento personalizado se aplicaron los principios del *aprendizaje colaborativo* y los de la educación de adultos mencionada más arriba.

Para determinar el grado de conectividad y manejo de la virtualidad de los aspirantes a ingresar, se realizó una encuesta diagnóstica en agosto de 2020. La misma fue resuelta por 866 estudiantes y los 24 profesores. Constaba de seis preguntas de las cuales se han seleccionado dos para presentar algunos datos.

<b>¿Por qué medios te conectas al campus y/o aula virtual?</b>	
Computadora (portátil o de escritorio) COMPARTIDA	298 (33.49 %)
Computadora (portátil o de escritorio) PROPIA	451 (50.69 %)
Celular	130 (14,55 %)
Tablet	11 (1.27 %)
Otro:.	0

Tabla 1

<b>¿Qué conexión a Internet dispones?</b>	
Internet domiciliario (fibra, aire, cable, etc.)	748 (84.11 %)
Internet de espacios públicos	7 (0.81 %)
Datos de celular de alta velocidad (4G)	65 (7, 23 %)
Datos de celular (Sólo 3G o H)	69 (7.85 %)

Tabla 2

Se observó que el 99% tenía Internet domiciliaria en la computadora o teléfono celular sólo la mitad tenía computadora propia y quienes utilizaban el teléfono celular para conectarse a las actividades del aula virtual (con la incomodidad que esto supone) en cuyo caso sólo el 7,23% disponía de conexión 4G.

Las cifras son significativas si se comparan con una encuesta que se aplicó en el Departamento de Materias Básicas FRM-UTN en mayo de 2020 en la que se observaba que la conectividad apenas llegaba al 80%.

El crecimiento del porcentaje podría deberse a la necesidad planteada en nuestro país de adquirir computadoras y/o suscribirse a algún servicio de Internet, dado que la única alternativa que se visualizó como posible para continuar los procesos educativos, era virtual. También podría responder a un cambio de actitud hacia las nuevas exigencias. Además la Facultad Regional Mendoza pertenece a un entorno urbano.

Por otra parte, a comienzos de la pandemia y la cuarentena con aislamiento social obligatorio, existía la expectativa del regreso a la presencialidad. Hubo escepticismo por la modalidad virtual generalizada y desconfianza en los instrumentos de evaluación. Sin embargo, dado que se continuó consolidando la oferta educativa, los profesores de todas las asignaturas van tomando conciencia de la necesidad de capacitarse para desarrollar prácticas con suficiente solidez y calidad a partir del uso de nuevas herramientas digitales.

En cuanto a los resultados finales del TAIU, resultaron:

Inscriptos totales: 1505	
Rindieron 1344	
Ausentes:161	
Aprobaron: 982	
Desaprobaron: 362	

Tabla 3

## Conclusiones

Una característica esencial de la educación que se está imponiendo como valor indiscutible es la *adaptabilidad*. “Según Morán, no sólo los docentes, sino también los estudiantes, deberían estar dispuestos a cambiar los modelos tradicionales y encontrar roles más participativos, para que esta situación que se dio en la emergencia se traduzca en un cambio a nivel educativo que perdure” (CONICET, 2020).

El contexto de emergencia sanitaria permitió observar algunos elementos a partir de los cuales hay que consolidar una cultura educativa en la cual no se sobrevalore ni se desacredite la modalidad virtual, sino que se encuentre la forma de complementarse con la presencialidad, ya que hay habilidades que se pueden trabajar a distancia involucrando a los protagonistas en el proceso cognitivo a partir de los sentidos y emociones.

La educación a distancia “ha llegado para quedarse” y ha resultado potenciada por el contexto sanitario, social, económico, institucional, político, Es necesario reconocer, por una parte, las características de cada región y por otra, de cada institución, como así también del contexto familiar y comunitario, para no acrecentar una brecha de acceso y de apropiación de los recursos, donde el aprendizaje deje la primera posición en el ámbito académico para pasar a segundo plano y sólo se busquen reportes de resultados en cifras que muestren logros en *el hacer* y no logros en *el aprender*.

Se ha realizado de mayo de 2020 a febrero de 2021 una observación del proceso de adquisición y dominio de habilidades y competencias genéricas y transversales que permiten “aprender a aprender en docentes y estudiantes”. En este último caso se han evaluado por ejercitaciones especiales. De los datos, se desprende que la falta de conocimiento del uso de herramientas digitales y la falta de competencia lectora en pantalla, ha hecho que, algunos aspirantes no alcancen los estándares mínimos o que la dedicación en tiempo y concentración permitan sólo obtener calificaciones mínimamente aprobadas. Se estima que para un aspirante a ingreso a Ingeniería, el valor asignado al TAIU, en su representación mental, es inferior al

Taller de Matemática y es una razón más para no dedicar tanto esfuerzo.

En los docentes, la evaluación fue personalizada: se aplicaron entrevistas y llevaron registros de seguimiento en las videoconferencias y prácticas especiales; se les pidió que colaboraran en la construcción de herramientas de evaluación y se observó el grado de innovación y capacidad de transferencia y aplicación de los nuevos conocimientos.

Luego de la experiencia del año 2020 en lo referido a las nuevas prácticas, llegamos a la conclusión que se hace necesario preparar a los profesores para tener un manejo eficiente en el uso de las TICs, incluyendo algunas de las cualidades del modelo abierto, éstos estarán entrenados de una mejor manera para adoptar los cambios que se están produciendo y que estimamos van a continuar.

Los docentes necesitarán asistencia profesional, tecnológica y pedagógico (andragógico)-didáctica para futuras tomas de decisiones en diferentes contextos. Llevar adelante prácticas más flexibles y con un alto grado de creatividad, exigen esfuerzos personales en los que la imaginación tanto como la formación resultan indispensables. La “soledad del aula” (Prieto Castillo) puede ser muy riesgosa al momento de diseñar aulas virtuales.

Para que los procesos se consoliden y sostengan en el tiempo, la propia institución, debe replantearse su rol y el propio sistema educativo nacional tendrá que adaptar normativas y ofrecer herramientas legales.

## Referencias

- Cobo, C. y Moravec, J. (2011). *Aprendizaje invisible. Hacia una nueva ecología de la educación*. Universe, Barcelona.
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (2020). *Educación en tiempos de pandemia: consejos de especialistas para enriquecer las aulas virtuales*. Argentina: CONICET. Recuperado de <https://www.conicet.gov.ar/educacion-en->

tiempos-de-pandemia-consejos-de-especialistas-para-enriquecer-las-aulas-virtuales/ .

Knowles, M.S. (1996); Adult learning. En *America society for training and developement and handbook advisory board*. New York, Mc Graw Hill.

Tejada, J; Navío, Ay Ruíz, C. (2007). *La didáctica en un entorno virtual interuniversitario: Experimentación de ECTS apoyados en TIC. Pixel-Bit*. Revista de Medios y Educación, número 30, 95-118. Disponible en <https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/61306/37320>.

Villafuerte, P. (2020). *Educación en tiempos de pandemia: COVID-19 y equidad en el aprendizaje. Observatorio de Innovación Educativa, Tecnológico de Monterrey*. Recuperado de <https://observatorio.tec.mx/edu-news/educacion-en-tiempos-de-pandemia-covid19>.

\* \* \*

### 3

## Rediseño de la planificación de Álgebra orientada a un enfoque basado en competencias.

### Parte I

*Ana María Narvaez*

**Resumen:** El propósito del trabajo es rediseñar la planificación de Álgebra de primer año de Ingeniería Industrial, UNCuyo, teniendo como ejes la Formación por Competencias con el Aprendizaje Centrado en el Estudiante de Ingeniería según los Estándares de Segunda Generación de CONFEDI. Los marcos teóricos privilegiados son la Teoría de Transposición Didáctica y, el conceptual para trabajar en el espacio curricular se apoya sobre tres pilares: la formulación de competencias; la mediación pedagógica y el sistema de evaluación de competencias; aquí se trata el primer pilar. El método usado es una microingeniería didáctica. Se analizaron saberes (*conocer, hacer y ser*) para diseñar las Matrices de Tributación y se muestra un resultado de aprendizaje con el análisis de la elección de sus componentes. Entre las conclusiones obtenidas, se cita que dominar recursos o saberes, es una condición necesaria pero no suficiente para formar Ingenieros competentes, puesto que si no se enseña de forma planificada a movilizar y a articular dichos recursos, en pos de lograr las competencias requeridas, no se completa el esquema conceptual de la Formación por Competencias y es esto, justamente lo que debe plasmarse en la planificación. La Gestión por Competencias de una terminal de Ingeniería implica, al menos, el trabajo en dos planos: en el espacio curricular y en el diseño curricular.

**Palabras claves:** formación por competencias, álgebra, resultado de aprendizaje.

Una vez que la Formación por Competencias, FPC, ha sido entendida como un camino y, no como un fin; que la metodología por excelencia, en Ingeniería, es el diseño; que el trabajo áulico de enseñanza debe ser con la participación lo más activa posible del estudiante, y que en Argentina hay un

proceso de acreditación de las Ingenierías en marcha, tiene sentido investigar sobre la FPC con el Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) de Ingeniería, según los Estándares de Segunda Generación para Ingeniería de CONFEDI, con el objetivo de rediseñar la planificación de Álgebra, UNCuyo.

Luego de analizar el Programa en relación con los documentos institucionales, las competencias consensuadas por CONDEDI y las actividades que se realizan, se propone una investigación para rediseñar la planificación y orientarla hacia un enfoque basado en el modelo de FPC, teniendo en cuenta que el rol docente también involucra su capacitación continua, desde el lugar correspondiente en el desarrollo del Plan de Estudios, y teniendo en cuenta el Perfil de Egreso del estudiante, futuro Ingeniero Industrial.

### **Marcos conceptuales**

Esta investigación–acción en Didáctica de la Matemática, considerada como disciplina experimental, utiliza la Teoría de la Transposición Didáctica (Chevallard, 1991) que está inserta en el sistema didáctico, con sus tres polos interrelacionados: *Saber, Profesor y Alumno*, rodeados por la *noósfera*, término irónicamente usado por Theilhard de Chardin para referirse al entorno del sistema didáctico que influye sobre él (comisiones de reflexión sobre la enseñanza, etc.), que permite considerar el funcionamiento real de la enseñanza.

El modelo conceptual para trabajar dentro del espacio se apoya sobre tres pilares: i) la formulación de competencias; ii) la mediación pedagógica; iii) el sistema de evaluación de competencias. Estos pilares constructivamente alineados tienen como eje el ACE y la Evaluación Centrada en el Estudiante de Ingeniería (Kowalski et al, 2019). En esta Parte I se analiza la opción i) y, para realizar la formulación de competencias en la asignatura, se comienza con el polo *Saber* (contenido, conocimiento o recurso disciplinar) que es lo que el Profesor quiere o debe enseñar y, a su vez espera que el estudiante aprenda. Existen varias formas de clasificarlos, se propone hablar de *saberes conocer, hacer y ser*, para no poner el foco en lo que el docente daría en clase,



sino en lo que el alumno sería capaz de hacer con ellos (Roegiers, 2007). Se muestra una clasificación ejemplificada de Saberes disciplinares, que ayudan a organizar la práctica docente y a orientarla de manera adecuada y posible de planificarse.

### ***I Saber Conocer***

**Conceptos:** Proposición lógica. Matriz. Autovectores.

*Concepto clasificatorio:* matriz simétrica, dentro de la clase de matrices cuadradas en "Tipos de matrices".

*Concepto comparativo:* matrices inversibles y no inversibles.

*Concepto métrico:* norma de un vector en un espacio vectorial con producto interior.

**Hechos o Datos:** La información para definir matrices; por ejemplo, precios de productos básicos de alimentación, para ejemplificar el álgebra matricial y los Sistemas de Ecuaciones Lineales (datos revisados periódicamente).

**Teorías:** Teoría de conjuntos: no está explícitamente declarada en el programa, pero sí utilizada.

Teoría de Espacios Vectoriales o Lineales: permite relacionar distintas ramas de la matemática con otras ciencias: Matemática y Física, Matemática y Química, Matemática y Economía, etc. Es un contenido de Geometría de innegable uso en Álgebra Lineal.

Teoría de grafos: se utilizan grafos para modelar problemas y facilitar su tratamiento (matricial, etc.)

**Principios:** Leyes lógicas, entre ellas la "Negación de la implicación", muy utilizada en ciencias para justificar proposiciones falsas; "Leyes de De Morgan" (usadas en circuitos lógicos); condiciones necesarias y suficientes.

### ***II Saber Hacer***

- *Procedimientos*

a) Cognitivos: obtención de la representación matricial de una Transformación Lineal, TL, en bases cualesquiera. Por ejemplo, obtener la matriz de rotación de ángulo positivo  $\alpha$  en el espacio real de 2 dimensiones.

Cognitivo-Motrices: realizar gráficos (a mano y/o con softwares) de TL geométricas en el plano y en el espacio real 3-dimensional y comprobar resultados algebraicamente. Por ejemplo, dar triángulos y solicitar que la figura primero se dilate en un sentido y luego se rote o, realizar un deslizamiento cortante, verificando los resultados matricialmente.

Realizar el gráfico de una cónica rotada con MatLab. La rototraslación de cónicas y cuádricas se da en Geometría, pero los conceptos previos se dan en Álgebra.

b) Algorítmicos: b1) Regla de Chío para obtener determinantes de orden  $n$ . b2) Método de Gauss- Jordan con pivote para obtener la inversa de una matriz o el conjunto solución de un sistema de ecuaciones.

c) Heurísticos: Resolución de problemas de Combinatoria.

- *Técnicas*

Confección de tablas de valores de verdad para la obtención de proposiciones equivalentes e interpretar los correspondientes circuitos lógicos.

- *Métodos*

Método de Eliminación de Gauss o de Gauss-Jordan para escalonar matrices. Método de Cramer.

### **III Saber Ser**

*Valores*

La responsabilidad y el respeto de alumnos y profesores para presentarse en las fechas y horarios planificados de evaluaciones, cada uno cumpliendo su rol de forma correcta.

*Actitudes*

No conformarse con la obtención de una respuesta de una actividad, sin interpretarla y/o verificarla, y, en lo posible, por más de un método. Esto es tenido en cuenta en los criterios de evaluación colocados en el programa y en la práctica docente.

### *Normas*

Los criterios escritos en la planificación son considerados en el diseño de las evaluaciones. Toda evaluación se corrige con puntaje del 1 al 100% y en cada uno de sus ítems aparece un puntaje ponderado según los criterios establecidos. Por ejemplo, dar una definición en forma correcta vale 5%.

En resumen, lo primero es tomar conciencia del Saber que se pretende enseñar para luego ver cómo aprende el estudiante y, en función de ello ver qué estrategias de enseñanza se emplearán (mediación pedagógica), así cómo precisar qué y cómo se evaluará (sistema de evaluación).

### **¿Qué es una competencia?**

*“Es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.”* (CONFEDI, 2006)

Una de las características más importantes de este concepto es que en la actuación se movilizan y articulan saberes y, de esto se deriva la lógica para abordar un Plan de Estudios a través de un modelo de FPC. Así, los saberes, considerados como recursos o herramientas, carecen de valor si el profesional no puede movilizarlos y articularlos para resolver un problema.

CONFEDI fijó las Competencias Específicas de Egreso como las comunes a los ingenieros de una misma terminal y las Competencias Genéricas de Egreso como las comunes a todos los ingenieros, en todo el territorio nacional.

Algunas de las Competencias Específicas son: 1.1 Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios); 1.2 Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para los procesos de producción, distribución y comercialización de productos; 1.3 Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo; 2.1 y 2.2 están relacionadas con la Actividad Reservada: *Dirigir y/o controlar las operaciones y el mantenimiento de operaciones, procesos e instalaciones*; 3.1, 4.1 y 4.2 están relacionadas con las Actividades Reservadas: *Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente y Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional*. (Anexo I – 14.- INGENIERO INDUSTRIAL. Libro Rojo, CONFEDI, 2018)

Las Competencias Genéricas de Egreso son:

- Competencias Tecnológicas: 1) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería. 3) Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería. 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. 5) Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones.

- Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales: 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. 7) Comunicarse con efectividad. 8) Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. 9) Aprender en forma continua y autónoma. 10) Actuar con espíritu emprendedor.

**Matrices de Tributación** Permiten observar el aporte de los saberes disciplinares a las competencias específicas y genéricas. La asignatura tributa a las competencias, según la siguiente escala, como se indica en las Figuras 1 y 2.

### *Escala de valoración o tributación*

Grado Alto (A): los saberes de la Asignatura tributan directamente a la Competencia. Grado Medio (M): los saberes tributan o sirven de medio o fundamento o relación próxima a la Competencia. Grado Bajo (B): los saberes tributan o dan cuenta de alguna parte de la Competencia. Grado Nulo (N): no se evidencia tributación de los saberes de la Asignatura.

1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	4.1	4.2
A	A	M	M	M	M	B	B

Fig. 1 Matriz de Tributación: Competencias Específicas para Ingeniería Industrial

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	M	M	M	M	B	A	B	A	A

Fig. 2 Matriz de Tributación: Competencias Genéricas de Egreso

**Diseño de las matrices de tributación** Ponderan el aporte de los saberes a las Competencias de Egreso, según el Plan de Estudios y las características de la Asignatura. En el programa, la mayoría de las unidades temáticas son de Álgebra Lineal, más una de Lógica Simbólica (primera unidad), otra de Números Complejos y una de Álgebra Combinatoria. En consecuencia, son las características propias de estas áreas disciplinares, las que aportan a las competencias específicas, en mayor grado, y a las genéricas de egreso en menor medida y/o de manera indirecta.

Algunas características del espacio en relación al aporte a las competencias, se señalan a continuación.

\* Lenguaje compacto de comunicación científica para almacenar información y describir relaciones complicadas, utilizado actualmente en todas las ciencias ingenieriles, mediante el recurso: álgebra matricial. Las matrices son herramientas muy útiles para la sistematización de cálculos.

\* Cambios de registros de representación semiótica con el correspondiente tratamiento en cada uno de ellos; por ejemplo, tratar sistemas de ecuaciones lineales en forma escalar, matricial, vectorial, gráfica, como productos escalares, como transformaciones lineales, etc.

\* Pensamiento lógico (inductivo, deductivo y abductivo), pues en la enseñanza de todos los temas se trata de conjeturar, argumentar, establecer condiciones necesarias y/o suficientes, demostrar (utilizando los métodos dados en Lógica: reducción al absurdo, contrarrecíproco, etc.); en otras palabras, se trata de justificar las respuestas con distintos métodos de razonamiento, dependiendo de la complejidad del tema.

\* Integración de *saberes conocer* y *hacer* con los restantes espacios curriculares horizontales (Cálculo de una variable y Geometría Analítica) y transversales (Cálculo de varias variables, Física, Química, Probabilidades y Estadística, Cálculo Numérico, etc.) vía las unidades de “Transformaciones Lineales” y “Matriz Asociada a una Transformación Lineal”, pues se dan ejemplos en los marcos geométricos, del cálculo, físico, etc.

\* Articulación de *saberes conocer* y *hacer* con los restantes espacios curriculares que estudian fenómenos dinámicos, mediante el recurso “Eigensistemas”.

\* Movilización de *saberes conocer* y *hacer* con los restantes espacios curriculares que estudian fenómenos que se describen en el campo complejo, mediante el recurso “Sistema de Números complejos.”

\* Análisis, discusión, planteo y resolución de problemas de conteo, usando el recurso Álgebra Combinatoria.

\* Precisión, rigurosidad e interpretación de todas las respuestas, sean únicas, finitas, infinitas o sin existencia.

\* Modelización de problemas lineales, vía SEL.

Cabe destacar que las características expresadas de la asignatura, tributan a las competencias en un grado razonable

(alto o medio) si, y sólo si, su enseñanza es absolutamente consciente; en otras palabras, de forma planificada, gradual y progresiva. Esta enseñanza no es espontánea; se debe poner especial atención en enseñar los *saberes ser* (respeto en el aula, puntualidad en los exámenes, compromiso con el aprendizaje, estudio continuo y autónomo, predisposición a la innovación, actitud resiliente, etc.) pues no somos, en general, formadores docentes de ingenieros competentes *per sé*.

Es conocido el hecho, que los docentes en general, aún no tenemos el grado de consciencia desarrollado para formar por competencias espontáneamente; sobre todo, para formar las Competencias Genéricas Sociales, Políticas y Actitudinales asociadas a las terminales de Ingeniería. En esta asignatura, las mencionadas competencias, nunca han sido evaluadas de manera formal.

La relación de los Saberes disciplinares con las Competencias Específicas y Genéricas de Egreso es coherente con el Plan de Estudios, pues el Perfil del Graduado de la Carrera expresa que, entre los conocimientos que requiere el graduado para el ejercicio de su profesión *“debe poseer una buena formación en:*

- *Ciencias básicas de la ingeniería (Matemática, Física, Química, Informática)...*”

Agregando más abajo, en el apartado *“Especificación de aptitudes, hábitos, destrezas y habilidades que se requieren para el ejercicio de la profesión”*, que

*“El interesado debe poseer intereses científicos y sociales.*

*Aptitudes tales como habilidad lógico-matemática, capacidad de análisis, talento para establecer relaciones interpersonales y vocación para aceptar el desafío de afrontar problemas y situaciones nuevas en los sistemas productivos, estableciendo las alternativas de solución.*

*Hay consenso en los centros más importantes del mundo que, dada la aceleración en el cambio y transformaciones tecnológicas, los docentes deben poner más énfasis en que*

*los alumnos aprendan a aprender, incorporen formación para su desarrollo futuro y comprendan las técnicas que están aprendiendo, en vez de sólo saber aplicarlas y conocer los detalles tecnológicos, la mera información tecnológica y las reglas prácticas. Se enseña a aprender a buscarlas y aplicarlas, pero no a memorizarlas". (Anexo I- Ord. N° 02, Ord. N° 110, p. 6)*

Asimismo, los objetivos particulares del Área de Ciencias Básicas redactados en el documento son los siguientes:

- *“Adquirir los pre-requisitos cognoscitivos, habilidades y actitudes necesarios para poder iniciar los estudios de las ciencias de la Ingeniería.*
- *Manejar algunos contenidos de iniciación en el área problemática de Ingeniería.*
- *Lograr el uso más racional y eficiente del tiempo y de las capacidades del alumno por el desarrollo de un disciplinado esfuerzo homogéneo y persistente.”*

Finalmente, en el punto 1.3 PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE – DESARROLLO FUTURO, dice

*“El crecimiento de la información disponible al alcance del profesional es tal, que resulta inadmisibles pretender incluir, en un plan de estudios, todo el conocimiento disponible en la actualidad relativo a cualquier área del conocimiento.*

*Por tal motivo, el proceso de capacitación incluye el abordaje de los temas formadores de criterio, la orientación hacia la investigación y el desarrollo de habilidades que permitan al futuro profesional, profundizar y avanzar en la actualización de los tópicos que necesite en su desempeño futuro.*

*El objetivo de los estudios en matemáticas es contribuir a la formación lógico - deductiva del estudiante, proporcionar una herramienta heurística y un lenguaje que permita modelar los fenómenos de la naturaleza. Estos estudios estarán orientados a poner énfasis en los conceptos y principios matemáticos a la vez que a los aspectos prácticos y operativos.” (Anexo I – Ord. N° 02 Ord. N°110, p. 9)*

Por lo expuesto, se considera que los Saberes del espacio contribuyen adecuadamente a las competencias en las dos



matrices de tributación. El tema es que se deberían enseñar recursos, esto es *saberes conocer, hacer y ser* más enseñar a articular, movilizar e integrar dichos recursos, de manera reflexiva; caso contrario, no se lograría una FPC con el ACE según Los Estándares de Segunda Generación para Ingeniería, como es requerido.

### **Resultado de Aprendizaje**

Los grandes objetos de conocimiento del programa analítico son: Lógica Simbólica. Sistemas de Ecuaciones Lineales (SEL). Transformación Lineal (TL). Matriz Asociada a una Transformación Lineal (MATL). Valores y vectores propios. Diagonalización. Números Complejos. Álgebra Combinatoria.

Para continuar el rediseño de la planificación se propone un RA relevante en el tratamiento áulico para lograr la generación de competencias profesionales. Se entiende que un RA *“describe lo que se espera que sepan los estudiantes y sean capaces de hacer al final de un cierto período de aprendizaje (Ciclo, módulo, unidad, etc.) o cuando se gradúan. Se relaciona con las habilidades, conocimientos y conductas que los estudiantes adquieren a medida que avanzan en su carrera”* (CONFEDI, 2017).

En un programa, conviene tener entre 4 y 6 Resultados de Aprendizaje (RA), considerados como unidades operativas menores de competencias para que sea razonable el diseño del sistema de evaluación, sobretodo, en relación al tiempo. La estructura o redacción de una Competencia o, como se acostumbra expresar, redacción de un RA, involucra los cuatro posibles componentes siguientes:

**[Verbo de Desempeño] + [Objeto de Conocimiento] +  
+ [Finalidad(es)] + [Condición(es) de Referencia]**

Un ejemplo de redacción de un RA en relación al objeto MATL es:

*[Utiliza] [Matriz Asociada a una Transformación Lineal] [para modelar simetrías de una figura (reflexiones, cortes, rotaciones), aproximar localmente funciones y representar SEL] [movilizando conceptos de geometría, cálculo de una variable y álgebra lineal]*

## **Elección de los componentes del RA**

La explicación de la elección de cada uno de los componentes, se argumenta sobre la pertinencia del RA con el Plan de Estudios de Ingeniería Industrial a la cual pertenece la Asignatura (Álgebra), a su relación con las Competencias de Egreso (CONFEDI, 2018) y a la coherencia con las Asignaturas correlativas anteriores y posteriores del Plan.

**1** La elección del primer componente, verbo de acción “utilizar” corresponde a la Taxonomía Cognoscitiva de Bloom, revisada por Anderson y Krathwohl (2001) en la categoría “Aplicar”. Esta elección se fundamenta en los siguientes aspectos.

1.1 El significado de “utilizar” según la RAE en la primera acepción expresa:

*1. tr. Hacer que algo sirva para un fin.*

1.2 La complejidad de “utilizar” tiene que ver con los procesos cognitivos puestos en marcha en el nivel “Aplicar” de la Taxonomía, que son: ejecutar e implementar. Ejecutar se refiere a que la tarea tiene una parte de características similares a otras realizadas previamente; por ejemplo, realizar los pasos para verificar las condiciones de linealidad de una transformación lineal (es un proceso de menor complejidad que implementar). Implementar, se refiere a que la tarea es un problema desconocido y para resolverlo se requieren *saberes hacer*, por ejemplo, encontrar la representación matricial de una transformación lineal dada, graficar una simetría, corte, rotación o derivar funciones.

1.3 Desde la disciplina, “utilizar” se refiere al buen uso del objeto de conocimiento (MATL) para generar otros objetos

como por ejemplo matriz de rotación o representar de formas alternativas objetos conocidos, por ejemplo SEL o diferenciales, y, en definitiva, expandir y/o lograr más conocimiento sobre el objeto primitivo. Es bien sabido el hecho que en matemática anclar nuevos conocimientos a los anteriores es una vía de aprendizaje.

1.4 El contexto formativo donde se desarrollan estos procesos de enseñanza y aprendizaje, involucra a alumnos de primer año en la octava semana, aproximadamente, de iniciado el cursado, junto con las asignaturas geometría, cálculo de una variable y la materia integradora en paralelo; en consecuencia, se espera, razonablemente, que puedan “utilizar” el objeto de conocimiento mencionado, pues en la unidad 1 de geometría se da el concepto de espacio vectorial y derivadas se da aproximadamente en la cuarta semana en cálculo.

**2** La elección del segundo componente, que es el objeto de conocimiento “Matriz asociada a una Transformación Lineal” se debe a su principal característica como concepto matemático integrador con las ciencias ingenieriles en general y, en particular, con:

a) Los contenidos del propio espacio curricular Álgebra: matrices, determinantes, sistemas de ecuaciones lineales, transformaciones lineales, transformación de semejanza, diagonalización de operadores, sistema de números complejos (isomorfismo de números reales con números complejos de segunda componente nula; multiplicación de complejos por la unidad imaginaria; conjugación de complejos con escalares reales, etc.) y álgebra combinatoria si se la presentara mediante funciones.

b) Los espacios curriculares Geometría Analítica (espacios vectoriales, subespacios, bases y dimensión, rotación de cónicas y cuádricas) y Análisis Matemático I (diferenciales, integrales, función longitud de arco de curva) en la transversalidad (materias de primer semestre de primer año).

c) Materias correlativas anteriores, en este caso corresponde con el curso de ingreso preuniversitario en el que se da el concepto de función con las condiciones de existencia y unicidad y SEL en el plano y en el espacio.

d) Materias correlativas posteriores como Análisis Matemático II, Física, Cálculo Numérico, Probabilidades y Estadística, de manera directa y otras asignaturas de manera indirecta, según el Plan de Estudios de la Carrera.

El objeto MATL es integrador de saberes, pues responde a qué debe *saber conocer*, *hacer* y *ser* el estudiante.

*Saber conocer*: TL, TL matricial, simetrías (geométricas) en el plano, diferenciales, SEL.

*Saber hacer*: trabajar correctamente con combinaciones lineales en espacios vectoriales y, consecuentemente con condiciones de linealidad.

*Saber ser*: tener buena disposición para aprender puesto que probablemente deba resolver más de una vez cada situación de aprendizaje propuesta, hasta entenderla y expresarla correctamente; debe lograr hábitos de orden para expresar idóneamente los modelos y debe ir verificando continuamente sus producciones; además debería experimentar el buen ánimo al ir superando dificultades.

Por otro lado, la idea de transformación tiene implícita la idea de “movimiento” que aparece en muchas ramas de la Ingeniería y el hecho que el origen de un sistema de referencia no varía con estas “transformaciones” hace que la utilización de TL sea una herramienta sencilla en varias situaciones como por ejemplo en las gráficas de cuádricas rotadas.

La elección de este objeto de conocimiento es pertinente porque aparece en los contenidos mínimos de Álgebra del Plan de Estudios: *Números complejos. Álgebra combinatoria. Polinomios y expresiones fraccionarias. Ecuaciones e inecuaciones. Matrices. Determinantes. Sistemas de ecuaciones lineales. Transformaciones lineales. Matriz*

*asociada. Valores y vectores propios. Diagonalización de matrices. Aplicaciones en Ingeniería.* (Anexo I – Ord. N° 02, Ord. N° 110, p.17)

Álgebra está dentro de las Ciencias Básicas de la Ingeniería colocadas al comienzo de los restantes bloques que forman el Plan de Estudio y, en el primer semestre de primer año. El Plan de Estudios, en Perfil del Graduado, en conocimientos que requiere el graduado para el ejercicio de su profesión, dice

***Debe poseer una buena formación en:***

- *“Ciencias básicas de la ingeniería (Matemática, Física, Química, Informática).*
- *Tecnologías básicas: Mecánica, Química, Civil y Electrónica.*
- *Tecnologías Aplicadas propias de especialidad como son: Investigación Operativa, Economía, Finanzas de Empresas, Ingeniería Legal, Comercialización, Organización de la Producción, Sistemas de Información, Administración de Personal.*
- *Todos los conocimientos integrados con los de Industrias, Proyectos, Prácticas de Fábricas.*
- *La complementación de los estudios específicos de la Ingeniería apuntando a formar un Ingeniero Ético, comprometido con la sociedad a la que pertenece, desempeñándose como un referente dentro del ámbito que le toque compartir.”* (Anexo I – Ord. N°02, Ord. N°110, p. 8)

Además, MATL es un eje del Álgebra lineal, y, esta disciplina es uno de los Descriptores de Conocimiento correlativo de varios de los restantes Descriptores relacionados con las Competencias Específicas. El objeto en cuestión, tributa, de manera indirecta a las Competencias Específicas 1.1, 1.2 y 1.3 del Anexo I – 14.- INGENIERO INDUSTRIAL. Y como en los cursos básicos comienza a realizarse la formación integral del estudiante, futuro ingeniero, este objeto también tributa a las Competencias Generales de Egreso: 1, 7 y 9.

**3** La elección del tercer componente “finalidad/es” se debe a la necesidad que el estudiante entienda para qué debe

aprender MATL en *este momento*. Si entiende que varios conceptos dados en las otras ramas de la matemática que está cursando son ejemplos de TL y los puede modelar matricialmente, habrá logrado articular conceptos básicos de matemática correspondientes al momento del cursado.

De esta forma, se aprecia que la condición “Finalidad” tiene carácter finalizado (se dice aquí y ahora para qué sirve el objeto de conocimiento) y un nexo con una familia de situaciones (simetrías, diferenciales, SEL), según propone Roegiers (Kowalski, Morano et al, 2019).

**4** La elección del cuarto componente “condición” se refiere a una Condición de Entorno o Contexto que especifica desde qué contexto se movilizará o ejecutará el aprendizaje y siendo la condición en general, un parámetro de la condición de desempeño, permite ver si los estudiantes movilizan los conceptos dados en Álgebra, Geometría Analítica y Cálculo.

La pregunta ¿qué debe movilizar el estudiante?, se responde con: a) la definición de diferencial con las propiedades de linealidad que la ejemplifican como un operador lineal; b) las simetrías de una figura que preservan la linealidad para entenderlas como ejemplos de TL; c) concepto de SEL. Esta condición es posible pues en Geometría se dan base y dimensión y, en Análisis Matemático se da cálculo infinitesimal, previamente al objeto MATL del RA establecido.

## **Conclusiones**

Se han identificado saberes del espacio relevantes en el Modelo de FPC con ACE de Ingeniería según Los Estándares de Segunda Generación para obtener un RA con su mediación pedagógica y sistema de evaluación de competencias (las últimas dos instancias no abordadas en el presente trabajo).

Formar una Competencia en Álgebra implica enseñarla, desarrollarla y evaluarla y, no es un trabajo espontáneo ni aislado del resto del bloque de Ciencias Básicas que está inmerso en el Plan de Estudios. De acuerdo con Kowalski *et al* (2019), dominar los recursos es una condición necesaria

pero no suficiente para formar Ingenieros competentes, puesto que si no se enseña a movilizarlos y articularlos no se lograrán las competencias requeridas en el Perfil profesional. De acá se deriva la lógica para abordar un Plan de Estudios a través de un modelo de FPC y adquiere relevancia la planificación del espacio curricular bajo este enfoque.

### **Referencias:**

- CONFEDI. (2006). *Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina*. San Juan. Universidad Nacional de San Juan.
- CONFEDI. (2018). *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina: Libro Rojo de CONFEDI*. Rosario. CONFEDI.
- Resolución 1254/2018. Ministerio de Educación. (2018). *Alcances del Título-Determinación*. Buenos Aires: Boletín Oficial del 18 de mayo de 2018.
- Kowalski, V. A., Morano, d. E., Erck, I. M., Enriquez, H. D., Cirimelo, S.D. (2019). *Formación por Competencias, Aprendizaje Centrado en el Estudiante y Estándares de Acreditación de Segunda Generación para Ingeniería*. Misiones. Universidad nacional de Misiones.
- Chevallard, I. (1991). *La Transposición Didáctica. Del Saber Sabio al saber enseñado*. Buenos Aires. Argentina. Aique Grupo Editor S.A.
- Ordenanza N°2/2004-C.D. Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Industrial.
- Programa y Planificación de Álgebra 2019. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo.





## 4

### **Aprendizaje inmersivo y realidad virtual: Casos de estudio en ingeniería**

*María Eugenia Stefanoni; Santiago C. Pérez; Daniela B. Carbonari; Ana Muñoz García*

**Resumen:** La realidad virtual es una experiencia simulada, similar, o completamente diferente, al mundo real. Puede usarse en aplicaciones de entretenimiento, educativos, u operativos. En este trabajo se presenta una introducción a la realidad virtual, y sus niveles de inmersión, para luego presentar un estudio de casos de implementación de la realidad virtual en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, con énfasis en aquellos que propician un mayor nivel de inmersión. Como resultado de la compilación y estudio sobre la temática, se pudo verificar que son relativamente pocos los casos de estudio documentados de aplicación de la realidad virtual inmersiva en carreras de ingeniería. Sin embargo, se considera que hay muchas posibilidades de aplicación de la misma, en ambientes universitarios, especialmente en el caso de las cátedras que hacen uso de prácticas de taller.

**Palabras claves:** realidad virtual, inmersión, enseñanza de la ingeniería

El avance en las tecnologías de la información, y el uso que de ellas se hace en el aula, han impactado en las formas de aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, hay muchos avances que ya se han incorporado en el mundo laboral, y por qué no, poco a poco en la vida diaria, pero que aún se acercan tímidamente a las aulas de los estudiantes de ingeniería: estamos hablando particularmente de la realidad virtual inmersiva.

Primeramente se avanzará en los conceptos relacionados a la realidad virtual inmersiva, para luego reflexionar sobre su aplicación en educación superior, más precisamente en la enseñanza de la ingeniería.

## **Introducción**

Se llama Realidad Virtual (VR, Virtual Reality) al uso del modelado y la simulación por computadora, que permite a una persona interactuar con un entorno visual o sensorial tridimensional artificial (3-D). Las aplicaciones de realidad virtual sumergen al usuario en un entorno que simula la realidad mediante el uso de dispositivos interactivos, que envían y reciben información (como gafas protectoras, auriculares, guantes o trajes colocados en el cuerpo).

En un formato típico de realidad virtual, un usuario que lleva un casco con una pantalla estereoscópica ve imágenes animadas de un entorno simulado. La ilusión de "estar allí" (telepresencia) se realiza mediante sensores de movimiento, que captan los movimientos del usuario y ajustan la vista en la pantalla en consecuencia, generalmente, en tiempo real (el instante en que el usuario tiene lugar el movimiento). Un usuario puede recorrer un conjunto simulado de habitaciones, experimentando puntos de vista y perspectivas cambiantes, que están convincentemente relacionados con sus propios giros y pasos de cabeza. El usuario puede incluso tomar y manipular objetos que ve en el entorno virtual.

El término realidad virtual fue acuñado en 1987 por Jaron Lanier (EEUU), cuya investigación e ingeniería contribuyó con varios productos a la naciente industria de la realidad virtual. Un hilo conductor que une las primeras investigaciones de la realidad virtual y al desarrollo de esta tecnología en los Estados Unidos fue el papel del gobierno federal, que financió proyectos de investigación universitarios. Estos esfuerzos produjeron un amplio grupo de personal talentoso en campos como gráficos por computadora, simulación y entornos en red y enlaces establecidos, entre trabajos académicos, militares y comerciales.

### **La evolución de la realidad virtual**

Se pueden mencionar numerosos antecedentes de la suspensión de la incredulidad, en un mundo artificial en los medios artísticos y de entretenimiento, que precedió a la

realidad virtual, como por ejemplo en los espacios ilusorios creados por pinturas en la Panoramic Painting vigente en Europa en el siglo XIX.(1)

Avanzando en el tiempo, y ya durante los años 50 del siglo XX, surgió el Cinerama, que fue inventado por Fred Waller, y que consistía en la proyección de las películas de manera sincronizada, sobre tres pantallas que se curvaban hacia adentro creando una ilusión de presencia.

Fascinado con las posibilidades del Cinerama, Morton Heiling avanzó un poco más allá desarrollando Sensorama, que puede considerarse un antecedente de la realidad virtual, al intentar integrar diversos estímulos en un único sistema. Esta propuesta consistía en una cabina unipersonal, donde se proyectaban películas estereoscópicas en color, que además contaban con banda sonora, efectos de viento, movimiento o vibración del asiento del espectador y olores. Se lo considera un antecedente, ya que era totalmente mecánico, y no contaba con interactividad.(2)

Paralelamente, las semillas de la realidad virtual también se plantaron en varios campos de la computación, durante las décadas de 1950 y 1960, especialmente en gráficos 3-D con computadora interactivos, y simulación de vehículos/vuelos. En particular, en 1966 la Fuerza aérea de Estados Unidos desarrolla el primer simulador de vuelo de aviones asistido por computadora para el entrenamiento de sus pilotos.(3)

En 1965 Ivan Sutherland, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, crea “La espada de Damocles”, que es un auténtico predecesor de las gafas de realidad virtual. (4)

### **La inmersión y la realidad virtual**

Retomando las características básicas de la realidad virtual, podemos decir que “el concepto de inmersión consiste en lograr la percepción de estar físicamente presente en un mundo no físico, ya sea que se trate de la réplica de un contexto realista (como visitar una plataforma petrolera), o bien una experiencia que rompe las reglas o estructuras cotidianas de la realidad física (volar en un entorno

fantasioso)” (Crespo, Riestra, Gánem, Cárdenas; 2013). Mientras que interactividad “se puede describir como el grado en el cual el usuario puede modificar el entorno de realidad virtual en tiempo real” (Ratianti, et al.; 2020), y presencia se “considera como la experiencia subjetiva de estar en un lugar o entorno, cuando uno se encuentra físicamente situado en otro” (Ratianti, et al.; 2020).

Si bien el término “realidad virtual” está cada vez más presente en nuestro vocabulario, no es raro que naturalmente lo asociemos a ciencia ficción, y algo lejano de nuestro día a día. Sin embargo, muchos de nosotros hemos tenido alguna relación con ella, ya sea viendo una película 3D en el cine, a través de simuladores, por ejemplo, en un parque de ciencia, o algún videojuego de consola que incluya gafas de realidad virtual. Sin embargo, cada una de estas experiencias presentan distintos niveles de involucramiento dentro de esta realidad virtual, y es por ello que “se identifican tres tipos de realidad virtual dependiendo del nivel de inmersión y consciencia del usuario: de baja inmersión, semiinmersiva y altamente inmersiva” (Toca, Carrillo; 2019).

La *realidad virtual con bajo nivel de inmersión* es cuando se presenta un entorno virtual en tercera dimensión, a través de un monitor de computadora y la interacción de los usuarios es a través de dispositivos como el teclado, el mouse o un joystick. Mientras que es *semiinmersiva*, si el entorno virtual 3D se despliega en una gran pantalla, y el usuario puede visualizar el entorno a través de lentes 3D. También se suele hablar de sistemas semi-inmersivos o inmersivos de proyección caracterizados por ser 4 pantallas en forma de cubo, las cuales rodean al observador, el usuario usa lentes y un dispositivo de seguimiento de movimientos de la cabeza. Este tipo de sistemas son usados principalmente para visualizaciones, donde se requiere que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real. Finalmente, se habla de *realidad virtual altamente inmersiva*, si el usuario interactúa con el entorno virtual a través dispositivos especiales, que le permiten experimentar esa realidad virtual: guantes, lentes o cascos, botas, y todo tipo de

sensores que permiten que el usuario perciba “estar” en esa realidad virtual.

### **Educación y entrenamiento**

Un área importante de aplicación para los sistemas de realidad virtual siempre ha sido la capacitación para actividades de la vida real. El atractivo de simulaciones es que pueden proporcionar una formación igual o casi igual a la práctica con sistemas reales, pero a un costo reducido y con mayor seguridad. Este es particularmente el caso del entrenamiento militar y la primera aplicación significativa de Simuladores fue la formación de pilotos durante la Segunda Guerra Mundial. Los simuladores de vuelo se basan en la retroalimentación visual y de movimiento, para aumentar la sensación de volar sentado en un sistema mecánico cerrado en el suelo.

Durante la década de 1990, el laboratorio Brooks extendió el uso de la realidad virtual a la radiología y la ecografía. La realidad virtual se extendió a la cirugía, a través de la tecnología de telepresencia, el uso de dispositivos robóticos controlados de forma remota, a través de retroalimentación sensorial mediada para realizar una tarea. La base de la cirugía virtual fue la expansión durante las décadas de 1970 y 1980 de la microcirugía y otras formas de cirugía menos invasivas.

A medida que los mundos virtuales se volvieron más detallados e inmersivos, la gente comenzó a pasar tiempo en estos espacios para entretenerse, y socializar.

A partir de 1969, Myron Krueger de la Universidad de Wisconsin creó una serie de proyectos sobre la naturaleza de la creatividad humana en entornos virtuales, que más tarde denominó realidad artificial. En 1975 crea Videoplace, “un entorno conceptual sin existencia”, donde los participantes podían interactuar con otros gracias a técnicas de procesamiento de imágenes que determinaban sus posiciones en el espacio de las pantallas 2D (Mazuryk, T; Gervautz, M.; 2015).

Con el auge de Internet, la atención se centró en la aplicación de la tecnología de redes a estos proyectos, lo que aporta una dimensión social vital a los mundos virtuales. La gente estaba aprendiendo a vivir en espacios virtuales

La otra fuente importante de mundos virtuales poblados fueron los juegos de computadora. Los juegos competitivos en red también proporcionaron espacios virtuales para la interacción entre jugadores. Los juegos tácticos basados en escuadrones y los juegos de estrategia en tiempo real ahora se desarrollan rutinariamente en versiones militares y comerciales paralelas. En estos juegos inmersivos, las simulaciones de entrenamiento interactivas en tiempo real se han convertido en una forma de entretenimiento convencional.

### **La realidad virtual en educación**

Desde sus comienzos en el entretenimiento y entrenamiento, la realidad virtual, ha ido avanzando y abarcando distintos aspectos de nuestra vida cotidiana. ¿Qué pasa entonces en cuanto a la educación?

En lo que hace a educación, como se ha mencionado anteriormente, la realidad virtual ha tenido aplicación especialmente en el ámbito del entrenamiento y capacitación en ambientes empresariales. Sin embargo, nuestra inquietud está orientada hacia la posibilidad de implementación de la realidad virtual en las aulas de enseñanza de la ingeniería. En este sentido, si bien no es extensa la aplicación de la realidad virtual en nuestro ámbito, hemos podido recuperar experiencias exitosas que quisiéramos transmitir en esta presentación.

### **Caso 1: Uso de la RV en Mecatrónica**

Este caso de estudio explica e ilustra la aplicación en la vida real de la herramienta de formación virtual para la educación en ingeniería eléctrica. La herramienta brinda a los usuarios la oportunidad de interactuar con, y manipular, modelos 3D de dispositivos auténticos. Los usuarios tienen la posibilidad de comparar diferencias estructurales entre dispositivos, montar y desmontar las máquinas y probar en condiciones extremas,

todo lo cual no sería posible mientras se trabaja con un dispositivo real. Los dispositivos 3D están en pleno funcionamiento permitiendo a los usuarios interactuar con ellos en todos los niveles, incluido el análisis del impacto de las condiciones de suministro, es decir, modificar el voltaje y frecuencia de un motor en particular y monitorear los cambios en el rendimiento mientras aún está en funcionamiento.

Se trata del proyecto de Laboratorio de Mecatrónica Virtual (ViMeLa), para facilitar el estudio mediante el uso de una aplicación basada en realidad virtual de última generación, desarrollada específicamente con el objetivo de la enseñanza y el aprendizaje de la mecatrónica. Está siendo desarrollado en cooperación entre la Universidad Tecnológica de Lodz (Polonia), la Universidad Santos Cirilo y Metodio Skopje (Macedonia), la Universidad de Tartu (Estonia) y la Universidad de Pavía (Italia).

El ejercicio consta de dos partes: construcción de varios tipos predefinidos de máquinas eléctricas, y demostrar principios de funcionamiento y rendimiento de motores de imanes permanentes. La primera parte está dedicada a presentar el proceso constructivo, y las diferencias estructurales de varias máquinas eléctricas, como el motor síncrono de imanes permanentes, el motor de inducción, el motor de reluctancia conmutada, generador de imán permanente, entre otros. El objetivo de la segunda parte es familiarizar al alumno con las características operativas y rendimiento de los motores eléctricos antes mencionados. Los modelos 3D se diseñan en base a dispositivos auténticos, según su documentación técnica. La aplicación habilita montaje y desmontaje virtual de elementos individuales de un motor (es decir, imanes permanentes, bobinados, núcleo del estator, núcleo del rotor, eje, cojinetes, carcasas, etc.). El módulo de simulación presenta los principios de las máquinas utilizadas en los sistemas mecatrónicos. Los modelos virtuales permiten analizar el impacto de las condiciones de suministro (es decir, valores de voltaje y frecuencia) en el trabajo de un motor en particular.

El entorno virtual y los efectos de sonido de tercer plano garantizan una gran separación de la realidad. Esto hace que los estudiantes se sientan como si estuvieran en uno de los departamentos de una gran fábrica, donde se representa la etapa final del proceso de producción y distribución de motores eléctricos.

Todas las piezas para motores individuales se colocan en los estantes, pero el número y tipo de piezas necesarias para ensamblar un tipo específico de motor suele ser diferente y depende de la máquina en particular. Todos los elementos tienen una posición correcta específica dependiendo de la máquina.

A los sujetos sin experiencia previa con la RV se les presenta una introducción a la simulación de realidad virtual antes de la prueba. Cada prueba se realiza individualmente, durante una única sesión en una sala separada.

El sujeto se coloca en el centro de la habitación, y se le pide que se ponga el visor de realidad virtual. Cuando el sujeto se siente cómodo con el entorno, se inicia la sesión.

Durante una sesión, se supone que el sujeto puede usar todas las funciones disponibles, y realizar cada uno de los ejercicios disponibles. Luego, el sujeto es dirigido a otra habitación, para una entrevista donde se les pide a los participantes que puntúen 10 ítems, con una de cinco respuestas que van desde “Muy de acuerdo” a “Muy en desacuerdo”.

Los comentarios de los estudiantes contienen información, que permite percibir que la actividad realizada les facilitó la comprensión de los fundamentos de la construcción de máquinas eléctricas.

La mayoría de ellos evaluó que esta solución constituye un valor adicional a las clases tradicionales, y que les gustaría utilizarlo durante otros cursos. De manera similar, el peor punto evaluado fue el realismo de la actividad, aunque eso era lo esperado.

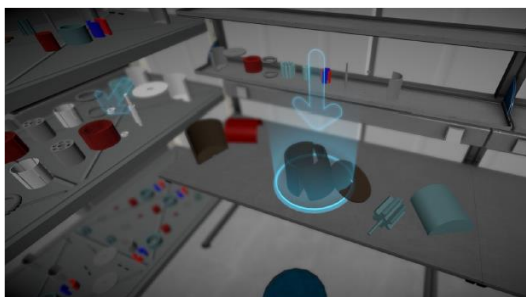


Durante la realización del proyecto, se realizaron consultas con equipos didácticos de máquinas eléctricas en universidades asociadas. Se remarcó que, según su experiencia, se logran mejores efectos educativos cuando los componentes de la máquina eléctrica están claramente resaltados con colores no naturales.

Es por eso que el fotorrealismo de las máquinas de realidad virtual se distorsionaron a propósito.



Vista del entorno virtual como lo perciben los estudiantes



Mesa de trabajo



## **Caso 2: Diseño y desarrollo de un entorno virtual inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos a estudiantes de Física I en Ingeniería.**

En este proyecto, desarrollado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Bogotá, Colombia, se trabajó sobre uno de los conceptos claves de la Física mecánica, que presenta dificultades, y apropiado para los estudiantes: el Principio de Superposición de Movimientos (PSM). Este principio implica la habilidad de componer movimientos de partículas, y constituye una competencia cognitiva relevante. El PSM es una herramienta conceptual, que sirve para describir el movimiento de partículas en 2D y 3D, y según estudios realizados por la asociación americana de profesores de Física, este principio no logra aprenderse cuando se enseña usando la metodología tradicional. Para lograr que los estudiantes apropien el PSM no es suficiente que el profesor enuncie el postulado, se necesita que tengan mucha experiencia de hechos, para que puedan anclar su conocimiento, y debido a que el movimiento de objetos lanzados al aire sucede tan rápidamente, el estudiante no tiene suficiente experiencia para fijar y construir este concepto.

Para lograr una mejor comprensión del concepto, se diseñó y construyó un entorno de realidad virtual inmersiva, con una

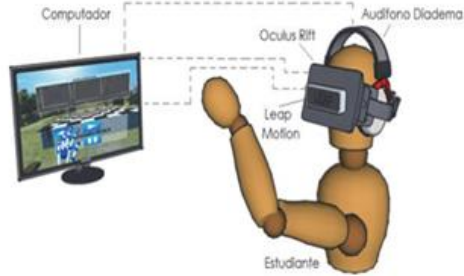
secuencia de escenas interactivas, que recrean la composición de movimientos de una partícula, para instruir el principio de superposición de movimientos (PSM). Se interactúa con objetos propios del entorno inmersivo, dentro de un ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante.

Se utilizó el software de descarga gratuita Unity, por su versatilidad para la creación de entornos virtuales. Se seleccionó porque posee un motor de Física integrado, que proporciona componentes que manejan la simulación de eventos físicos muy reales con solo ajustar unos cuantos parámetros con instrucciones de código.



Prueba de funcionamiento de los dispositivos. Imagen de lo que observa el estudiante cuando entra al ambiente virtual

El hardware empleado fue una computadora con procesador Intel core i7-4790 CPU 3.6 GHz, 16 GB DDR-4 de memoria RAM y una tarjeta de video NVIDIA GeForce GTX-970. Un kit de desarrollo Oculus Rift DK2, con gafas de realidad virtual con resolución de 960x1080 por ojo, campo de visión de 100°, que permiten el seguimiento de la cabeza del usuario y su posición. Un control Leap Motion es capaz de captar el movimiento de las manos y los dedos. Este periférico USB se monta sobre las gafas de RV. También se utilizó unos audífonos diadema.



Se destacan dos características que tiene el ambiente virtual propuesto: la primera, permite al estudiante interactuar constantemente con el entorno, y la segunda, da el mayor grado de inmersión posible.

El ambiente virtual, tiene en cuenta: 1) Permitir al usuario interactuar con el movimiento del cuerpo; 2) Contar con un menú de opciones: repetir el movimiento, pausar el movimiento, regresar y continuar de escena y ejecutar movimiento; 3) Presentar información gráfica sobre el comportamiento del movimiento de la partícula en tiempo real, a partir de gráficas de posición, velocidad y aceleración; 4) Abarcar los conceptos asociados a: movimiento uniforme rectilíneo (mur), movimiento uniformemente acelerado (mua), suma y resta de movimientos (superposición y descomposición); 5) Seguir una secuencia lógica; 6) Hacer síntesis de cada escenario; 7) Tener un cronómetro para dar cuenta del tiempo; 8) Dar instrucciones por medio de grabaciones de audio; 9) Tener marcas de posición para dar cuenta del movimiento de la partícula; 10) Sonidos del ambiente; 11) Ser llamativo y realista; 12) Estimular la vista y el oído; y finalmente, 13) Tiempo estimado total entre 10 y 20 minutos.

## Conclusiones

La realidad virtual, entendida como las aplicaciones que sumergen al usuario en un entorno que simula la realidad mediante el uso de dispositivos interactivos, que envían y reciben información, han tenido un gran desarrollo con los

modernos dispositivos que hacen uso de las capacidades de cómputo actuales.

La realidad virtual inmersiva, aquella que permite que el usuario perciba estar dentro de ella sin la interrupción de los estímulos externos, ha demostrado ser una potente herramienta para las capacitaciones laborales, especialmente en entornos riesgosos, como por ejemplo la fuerza aérea donde se entrena a los pilotos, o en medicina donde los médicos pueden practicar operaciones complicadas para poder prever posibles complicaciones, que de otro modo se verían en el momento de la cirugía.

Estas situaciones, unido a nuestro conocimiento de la aplicación de realidad virtual en niveles previos al universitario, nos hicieron comenzar una compilación y revisión de bibliografía, en busca de casos de implementación de la realidad virtual altamente inmersiva en carreras de ingeniería. Este estudio nos ha mostrado un aspecto no esperado: no son tan numerosas las implementaciones en carreras de ingeniería, aunque los casos que hemos analizado han sido enriquecedoras, potenciando el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de ingeniería.

## Notas

- (1) <https://xperimentacultura.com/historia-de-la-realidad-virtual/>.
- (2) <https://blog.rtve.es/webdocs/page/44/>.
- (3) <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/222/entre-la-ilusion-y-la-realidad-virtual>.
- (4) <https://xperimentacultura.com/historia-de-la-realidad-virtual/>.

## Referencias:

- Ayala, R., Laurente, C., Escuza, C., Núñez, L., & Díaz, J. (2020). Mundos virtuales y el aprendizaje inmersivo en educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 8(1), e430. DOI: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.430>
- Castro-González, D., Barbosa, L. H., Prada-Jiménez, V. & Conde-Méndez, G. (2017) Diseño y desarrollo de un entorno virtual inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos a estudiantes de ingeniería. Bogotá. Disponible en: <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/759>

- Crespo, R.; Riestra, E.; Gánem, R.; Cárdenas, D. (2013). "Realidad Virtual como herramienta para aprendizaje inmersivo en ingeniería". Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/621360>
- <https://blog.rtve.es/webdocs/page/44/>
- <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/222/entre-la-ilusion-y-la-realidad-virtual>
- <https://xperimentacultura.com/historia-de-la-realidad-virtual/>
- Kamińska, D., Zwoliński, G., Wiak, S. et al. (2020) Virtual Reality-Based Training: Case Study in Mechatronics. Tech Know Learn. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09469-z>
- Marks, S., Estevez, J.E. & Connor, A.M. (2014) Towards the Holodeck: Fully Immersive Virtual Reality Visualisation of Scientific and Engineering Data. DOI: 10.1145/2683405.2683424
- Mazuryk, T.; Gervautz, M. (2014). Virtual Reality. History, Applications, Technology and Future. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/2617390\\_Virtual\\_Reality\\_-\\_History\\_Applications\\_Technology\\_and\\_Future](https://www.researchgate.net/publication/2617390_Virtual_Reality_-_History_Applications_Technology_and_Future)
- Radianti, J.; Majchrzak, T.; Fromm J.; Wohlgenannt, I. (2020). "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda" en Computers & Education N° 147. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276?via%3Dihub>
- Toca Torres, C. y Carrillo Rodríguez, J. (2019). Los entornos de aprendizaje inmersivo y la enseñanza a ciber-generaciones. Educação e Pesquisa v. 45. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Brasil.

\* \* \*

## 5

### **La enseñanza-aprendizaje en tiempos de pandemia: una experiencia en la FCA-UNCUYO**

*Marcela Garriga; Verónica Nodaro; Marta Tirador*

**Resumen:** El presente trabajo tiene el fin de compartir la experiencia llevada a cabo por la cátedra de Matemática en la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNCuyo durante la primera etapa del año 2020. Consta de cuatro partes. 1) Breve reseña de lo que plantean diversos autores respecto de cómo conciben la educación a distancia y cómo, en esta modalidad, se da el aprendizaje autodirigido, autónomo y autorregulado. 2) Exposición de la experiencia vivida en la cátedra en relación con la enseñanza-aprendizaje de la Matemática en tiempos de pandemia, a través de líneas de acción bien definidas en cuanto a la metodología, los contenidos, las evaluaciones y la regularidad y promoción. 3) Análisis de las encuestas realizadas a los estudiantes que cursaron durante el periodo considerado. 4) Conclusiones a las que se arribaron luego de la experiencia compartida.

**Palabras claves:** educación a distancia, enseñanza-aprendizaje, pandemia.

#### **1) Introducción**

¿A qué llamamos educación a distancia? Lorenzo García Aretio (2001) establece que buscar una definición a esta expresión es una tarea ardua, debido a una serie de factores que van desde la variedad de significados que contiene el término “distancia” a la concreción que adquiere en función de diferentes factores: la teoría de la educación a distancia de la que partamos, los apoyos políticos y sociales con los que se cuenten, las necesidades educativas que pueda tener la población, el grupo de destinatarios, entre otros.

Julio Cabero Almenara (2015) presenta algunas de las características distintivas de la “educación a distancia”, y entre estas se encuentran las siguientes:

- Separación espacial y temporal entre profesor y estudiante.
- Formación mediada y, por tanto, apoyada en diferentes tecnologías que condicionan y matizan la relación que el profesor y el estudiante establece con los contenidos.
- Comunicación mediada entre el estudiante y el profesor.
- Posibilidad de que la comunicación entre los participantes en la acción formativa sea sincrónica (teléfono, chat, videoconferencia, entre otros) y/o asincrónica (foros, listas de distribución, correo electrónico, cartas, entre otros).
- Existencia de una institución que organiza la estructura educativa y la certificación académica. Fuerte apoyo en una estructura organizativa.
- Formación fuertemente tutorizada.
- Comunicación bidireccional, multicódigo y multipersonal.
- Presencia cada vez más significativa de las tecnologías telemáticas y multimedia.

Por otro lado, Andrea Imaginario (2019) plantea que la educación a distancia es un sistema de enseñanza-aprendizaje que se desarrolla parcial o totalmente a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), bajo un esquema bidireccional entre profesor y alumnos. Este sistema sustituye el modelo de interacción personal en el aula por uno de tutoría que responsabiliza al estudiante de su propia formación. Heedy y Uribe (2008), establecen que la educación a distancia es una modalidad educativa que puede considerarse como una estrategia educativa que permite que los factores de espacio y tiempo, ocupación o nivel de los participantes no condicionen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los conceptos empleados demuestran que, en la educación a distancia, la mediación tecnológica es de suma importancia, puesto que hace posible la comunicación a través del uso multimedia, lo que permite compartir, no sólo conocimientos sino aprendizajes. Además, el centro de las actividades es el



alumno y no el profesor y su fundamento es el autoaprendizaje.

El autoaprendizaje si bien supone que el aprendizaje se da por cuenta propia y que depende de la persona que aprende, permite entender que, en esta modalidad, se da el aprendizaje autodirigido, autónomo y autorregulado (Valenzuela 2000).

Para que se produzca interactividad en la educación a distancia Fainholc (1999) establece que es necesario que existan contenidos procesados didácticamente con los que el estudiante interactúa, acciones tutoriales y trabajo didáctico personal y colaborativo. En la interactividad se considera a la retroalimentación (feedback) como un elemento indispensable.

## **2) Experiencia en la Cátedra de Matemática en la FCA durante la pandemia**

La cátedra de Matemática de la FCA de la UNCuyo dicta la materia “Matemática” para los alumnos de primer año de todas las carreras de dicha facultad: Ingeniería Agronómica, Ingeniería en Recursos Naturales y Renovables, Bromatología y Licenciatura en Bromatología

La primera clase del año 2020 se dictó el 12 de marzo en forma presencial para 335 alumnos de primer año de la FCA. Teniendo en cuenta que se suponía por ese entonces una posible suspensión de actividades por la pandemia, se elaboró una lista con los números telefónicos y los correos de los estudiantes para su posterior contacto. El 16 de marzo se suspendieron las actividades en forma presencial en todas las Universidades del país. A raíz de esta situación, se comenzó a pensar qué estrategias de enseñanza eran las más favorables para el trabajo a distancia, qué contenidos priorizar y cómo evaluar en esa circunstancia.

A- En cuanto a la metodología de enseñanza.

La Cátedra de Matemática de la FCA está compuesta por siete miembros. Cada uno de ellos se hizo cargo de un grupo de aproximadamente 48 alumnos. La primera acción que se

tomó fue armar grupos de Whatsapp para tener contacto con los estudiantes. También se utilizó el correo electrónico y el campus de la Facultad para contactar a los alumnos de los cuales no se disponía su número telefónico.

Las primeras clases se dictaron exclusivamente a través de Whatsapp en forma sincrónica con los estudiantes, los jueves de 14:00 a 19:00. Para cada tema teórico se armaron guías de estudio especialmente pensadas para afrontar el trabajo a distancia. Por lo tanto, el trabajo consistió en ir leyendo y completando dicha guía en forma conjunta con los alumnos. Además, para cada tema teórico se propuso el desarrollo de trabajos prácticos, que tenían por objetivo poner en práctica todo lo aprendido en las guías. Los alumnos a medida que iban resolviéndolos, enviaban fotos de sus resoluciones al Whatsapp para su corrección en forma instantánea. Cabe destacar que las consultas de los estudiantes no sólo eran respondidas exclusivamente durante las horas de clase, sino que se mantuvo un contacto permanente con los alumnos durante todos los días de la semana.

Luego de dos meses de haber iniciado el trabajo a distancia, se contó con un día extra a la semana para Matemática. Fue así como tres miembros de la Cátedra comenzaron a dictar clases teóricas para todos los alumnos en forma sincrónica a través de la plataforma Meet los lunes de 14:00 a 17:00. Por lo tanto, los jueves se retomaba lo visto el lunes, se completaba la guía correspondiente, se solucionaban dudas y se resolvían los trabajos prácticos a través de Whatsapp. Habitualmente se grababan videos con resúmenes de la teoría vista el lunes para dar comienzo a las actividades de los días jueves. Cabe destacar que los videos elaborados fueron un buen insumo para el estudio de los temas propuestos, dado que estos permitían retroceder y repasar tantas veces como fuese necesario.

B- En cuanto a los contenidos.

Muchos temas tuvieron que ser adaptados para ser dados con esta nueva metodología de enseñanza. Se priorizó el planteo y la resolución de situaciones problemáticas y la búsqueda,

selección y valoración de información y recursos con sentido crítico. Es así como la calculatoria quedó en un segundo plano y por ello se hizo mucho uso de las calculadoras online y también se trabajó con programas como, por ejemplo, Geogebra. Además, se decidió priorizar temas teóricos teniendo en cuenta la importancia de éstos en la trayectoria de la carrera.

C- En cuanto a las evaluaciones propuestas.

A la hora de valorar el rendimiento académico de los estudiantes, se propuso lo siguiente:

1) Actividades de práctica en el campus de la FCA.

Las actividades de práctica consistieron en ejercicios propuestos en el campus de la Facultad. Contaban con tres intentos para realizarlos y la nota obtenida era la de mayor puntaje. Generalmente se proponían al finalizar el tema y el plazo para su realización era hasta el día del parcial.

2) Post-clases en el campus de la FCA.

Habitualmente los lunes, los alumnos tenían que rendir un postclase de los temas vistos la semana anterior a través del campus de la Facultad. Disponían de 40 minutos para su resolución y de un solo intento para completarlo.

3) Parciales.

Se tomaron tres parciales en total. Cada uno de ellos consistía en dos partes: la primera una evaluación en forma escrita y la otra, un examen en el campus. Para la primera parte se elaboraron aproximadamente 50 exámenes diferentes en cada ocasión, de manera tal que el estudiante tenía prácticamente una evaluación distinta a sus compañeros. Los exámenes fueron enviados a los alumnos a través de Whatsapp. Contaban con una hora y media aproximadamente para su resolución y para generar un archivo en formato PDF con la resolución, que luego mandarían al docente a cargo por el mismo medio que lo recibieron. Una vez terminada la primera parte del examen,

debían comenzar con la segunda, que consistía en rendir 10 ejercicios en el campus. Para aprobar cada parcial, el promedio de las dos partes debía ser de 60% o más.

#### 4) Instancias de recuperación

Los estudiantes contaron con una instancia de recuperación al finalizar el cursado. Sólo se pudo recuperar una sola evaluación parcial y fue aquella en la que obtuvo menor puntaje. La nueva nota obtenida sustituyó a la nota de la evaluación parcial original.

D- En cuanto a la regularidad y promoción

Como resultado del proceso de evaluación, el estudiante obtuvo tres notas:  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$ . Cada nota se calculó en forma ponderada teniendo en cuenta las evaluaciones de las actividades de práctica, las evaluaciones post-clase y el resultado de la evaluación parcial de la siguiente manera:

$$\text{Nota } i = 0,20 A_i + 0,20 PC_i + 0,60 EP_i, \quad i=1,2,3.$$

Donde

- $A_i$  representa el promedio de las calificaciones obtenidas por el estudiante en actividades del campus, para la nota  $i$ -ésima.
- $PC_i$  representa el promedio de las calificaciones obtenidas por el estudiante en los exámenes post-clases, para la nota  $i$ -ésima.
- $E_i$  representa el promedio de las calificaciones obtenidas por el estudiante en la evaluación parcial, para la nota  $i$ -ésima.

El alumno que obtuvo un porcentaje no menor a 60% como promedio de las notas  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$ , quedó en condición de “regular” en Matemática. Mientras que, de lo contrario, quedó como “libre”. El estudiante que obtuvo no menos de 60% en cada una de las notas y un 70% de promedio en las mismas, automáticamente promocionó, aprobando, por lo tanto, el espacio curricular. Cabe destacar que este año, casi el 60% de los estudiantes inscriptos promocionaron la materia, lo cual es totalmente inusual. Además, el porcentaje de estudiantes

libres disminuyó notoriamente en relación con años anteriores.

### **3) Encuestas**

En la última semana del cuatrimestre, se les solicitó a los alumnos que completaran una encuesta de opinión sobre el curso de Matemática. La misma fue respondida por 124 alumnos, de los cuales el 84% corresponde a una franja etaria de entre 18 y 20 años; el 61% pertenece al sexo femenino y el 52% son estudiantes provenientes de la escuela pública. Con intenciones de conocer más sobre su situación socio-económica se consultó si los alumnos trabajaban al momento de comenzar el cursado de la materia, sólo el 25% respondió afirmativamente. Además, con el objetivo de conocer la dedicación puesta de manifiesto en la materia, se les consultó a los alumnos sobre la cantidad de horas semanales que le dedicaban, sin considerar las horas de cursado. Las respuestas varían ampliamente, hay alumnos que le dedicaron sólo 1 hora más al estudio de Matemática, mientras que otros estimaron haber estudiado hasta 72 horas semanales. El 52% de los estudiantes declararon haber dedicado entre 5 y 10 horas semanales.

Además, se les consultó por:

#### **A- Las guías de estudio y el material bibliográfico**

El 91% de los encuestados indicaron que les resultaron fáciles de entender y el mismo porcentaje respondió que le fueron útiles para estudiar para las evaluaciones. El 94% dijo que le permitieron resolver los trabajos prácticos, mientras que el 86% advirtió que le posibilitaron hacer los post clases y el 90% afirmó que le sirvieron de entrenamiento para los parciales.

Entre los comentarios opcionales, los alumnos manifestaron lo siguiente:

- “Muy completas las guías y estaba bueno que nosotros tuviéramos que completar con las definiciones porque así se nos quedaba más grabada la información”

- “Muy buena propuesta”
- “Los libros fueron de ayuda y tenían más ejercicios para practicar”
- “Me resultaron muy útiles para entender los temas cuando por alguna razón no podía presenciar la clase. Sin explicación de un profesor, se entendían los conceptos y procedimientos”
- “Excelente la idea de que cada tema tenga una guía de estudio para completar y su respectivo trabajo práctico, es muy organizado. 100% efectivos para aprender Matemática”
- “Las guías ayudaron a organizar mi carpeta y a la hora de estudiar los temas”
- “Me costó lo de completar las definiciones a veces no estaba segura pero después con los vídeos y ejemplos se me facilitó bastante, las explicaciones con ejemplos cotidianos o simplemente un ejercicio ayudan mucho”.

#### B- Las clases

El 92% de los encuestados indicaron que les resultaron fáciles de entender y el 93% respondió que le fueron útiles para estudiar para las evaluaciones. El 98% dijo que le permitieron resolver los trabajos prácticos, mientras que el 92% advirtió que le posibilitaron hacer los post clases y el 92% afirmó que le sirvieron como entrenamiento para los parciales.

Entre los comentarios opcionales, los estudiantes afirmaron lo siguiente:

- “El uso del WhatsApp me pareció muy bueno, no solo fortalece la interacción de alumnos y docentes, sino que si no puedes formar parte de la clase en ese horario la puedes realizar en cualquier momento que desees ya que queda todo Guardado en el grupo de WhatsApp”.

- “El grupo de WhatsApp fue sin duda una gran ayuda y nos permitieron resolver dudas al instante con imágenes y videos de los profes, sobre todo porque quedan registrados y uno los puede ver en su tiempo de estudio que no es el mismo para todos. Fue sin duda la materia que mejor utilizó esta herramienta”

- “Las clases de consulta online fueron claves para terminar de entender conceptos o temas”.

- “Creo que como alumno y frente a la relación alumno-profesor fue muy bueno ya sea de parte de los profes que daban las clases virtuales por meets o por grupo de whatsapp. fue muy bueno, siempre manteniendo el orden, parando las veces necesarias para que todos entendiéramos el tema y siempre con la mejor onda. La verdad que lo veía imposible al principio esto de cursar virtual pero ahora cerrando el semestre lo veo muy positivo y que se puede aprender”.

- “Las clases tan largas son un poco agotadoras, por lo que llegaba a las 19 y no quería saber más nada. pero el ir intercalando práctica con explicación y con ejercicios hizo más llevadero todo”

#### C- Los trabajos prácticos

El 94% de los encuestados respondió que la cantidad de ejercicios es adecuada. El 89% dijo que pudo resolverlos en su mayoría, mientras que el 98% advirtió que le sirvieron como entrenamiento para las evaluaciones.

Entre los comentarios opcionales, los alumnos afirmaron lo siguiente:

- “Con la cantidad de ejercicios llegué bien a la hora de rendir ya que eran similares a los que ya había hecho”.

- “Muy bien organizado los t.p, de verdad ayudan a uno a estudiar tema por tema y los ejemplos dados a organizar los datos de cada problema para su resolución”.

- “Me gustó que el nivel de dificultad de los tp fuera igual al de los parciales”.
- “Me hubiera gustado que nos dieran más ejercitación”.
- “Agregaría algunos más complicados o que sean modelo de parcial”.
- “Solo 3 ejercicios más sobre temas de aplicaciones. Lo demás todo genial”

#### D- Los parciales

El 85% de los encuestados respondió que la cantidad de tiempo de duración de los exámenes fue adecuada. El 77% dijo que la nota que obtuvo en cada uno de los parciales es la que esperaba, mientras que el 16% opinó lo contrario. El 77% afirmó que se sintió capaz de resolver los parciales.

Entre los comentarios opcionales, los estudiantes afirmaron lo siguiente:

- “En la resolución de los exámenes, me pareció correcto el tiempo para realizarlos, pero la complicación para entregarlos requería mucho tiempo y en muchos casos (dialogados entre compañeros) y me incluyo en ellos, no pude entregar en el tiempo determinado sino 10 o 15 minutos después”.
- “Esta bueno que las evaluaciones sean en dos partes, una escrita y otra por el campus, porque entre prueba y prueba nos da un espacio para respirar y rever algunas cosas. por otro lado que nos den tanto tiempo en la parte del campus esta bueno porque no se colapsa como con otras materias”.
- “Quedé muy sorprendido con mis notas porque nunca pensé que me iba a ir tan bien y menos con esta situación que estamos viviendo todos”.
- “Creo que el tiempo dado para cada parcial y actividad a realizar fue muy adecuado”



- “Tuve dificultades en lo personal para resolver las partes escritas, pero me pareció excelente la modalidad y el tiempo que nos dieron para resolver los exámenes”.

#### E- Los post clases

El 80% respondió que pudo resolverlos a todos y sólo el 19% no los pudo realizar a todos, pero sí a más de la mitad. El 90% expresó que le permitieron llegar mejor preparados a los parciales, mientras que el 22% dijo que le resultaron indiferentes para la preparación para rendir un parcial.

Entre los comentarios opcionales, los estudiantes afirmaron lo siguiente:

- “Fueron de mucha ayuda en mi caso porque en lo que me equivocaba después pude verlo con más atención y me ayudó a entender el tema”
- “La verdad que hacer los post clases ayudan muchísimo porque uno estudia como si tuviera que rendir un parcial, por lo que uno saca dudas en ese momento, también porque uno piensa que sabe el tema pero en el post clase hay un ejercicio que le cuesta o no lo entiende, entonces uno sabe que tiene que estudiar más esos ejercicios. También porque los ejercicios de los post clase tenían casi la misma complejidad que en el parcial, eso a mí me ayudó mucho”.
- “Me han sido de ayuda para la parte teórica de los parciales y comprender los temas”
- “Bien claros y buena determinación del tiempo”.
- “Estaban buenos, habían algunos más complicados que otros pero en fin servían para practicar para el parcial”
- “En los últimos hubo pocos ejercicios con elevado puntaje, por lo que 1(un) solo ejercicio afectaba mucho sobre el puntaje global obtenido”.

#### F- Las actividades de prácticas

El 83% respondió que pudo resolverlos a todos y sólo el 16% no los pudo realizar a todos, pero sí a más de la mitad. El

98% expresó que le permitieron llegar mejor preparados a los parciales, mientras que el 23% dijo que le resultaron indiferentes para la preparación para rendir un parcial.

Entre los comentarios opcionales de los alumnos, destacamos los siguientes:

- “Buenísimos para practicar”.
- “Igual que los post clases son buenos para tener más ejercicios y también para hacer más ejercicios, que nos dejen hacerlos 3 veces también está bueno porque podemos esforzarnos para conseguir una mejor nota”.

#### **4) Conclusiones**

A partir de la experiencia llevada a cabo en la Cátedra de Matemática de la FCA de la UNCuyo y de las encuestas realizadas a los estudiantes durante la primera etapa del año 2020, se puede concluir lo siguiente:

Aspectos positivos

- Se mantuvo un contacto permanente con los estudiantes a través de Whatsapp, lo cual permitió tener un seguimiento más continuo y eficaz del aprendizaje de cada uno de ellos.
- El trabajo en el campus posibilitó al alumno gestionar mejor sus tiempos.
- El material interactivo enriqueció las guías de estudio propuestas permitiendo que los estudiantes profundizaran sus aprendizajes.
- Se obtuvo un altísimo porcentaje de estudiantes promocionados en relación con años anteriores.
- Las encuestas realizadas arrojaron comentarios muy positivos en cuanto a la metodología utilizada.
- Al buscar nuevas alternativas de enseñanza para obtener un buen aprendizaje, se elaboraron videos que fueron muy bien recibidos por los estudiantes, ya que ese material les permitió reverlos una y otra vez para lograr comprender mejor los temas.

### Aspectos negativos

- La elaboración y corrección de los parciales demandó mucho tiempo, dado que cada uno de ellos era distinto.
- No todos los estudiantes tuvieron la posibilidad de conectarse a una plataforma de videoconferencia por problemas de conectividad o por no contar con el dispositivo adecuado para hacerlo.
- Al no contar con la presencialidad, faltó el contacto estudiante-profesor, lo cual es imprescindible para lograr un buen aprendizaje.
- En las encuestas, los estudiantes observaron que los trabajos prácticos fueron breves y que hubiese sido necesario más ejercicios para practicar.

### Referencias:

Cabero Almenara, J. (2015). *La investigación en la educación a distancia en los nuevos entornos de comunicación telemáticos*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Fainholc, B. (1999). *La interactividad en la educación a distancia*. Buenos Aires: Paidós.

García Aretio, L. (2001). *La educación a distancia*. Barcelona: Ediciones Universidad de Salamanca.

Heedy, C. (2008) *La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual*. Educación Vol. XVII, N° 33, 2008 / ISSN 1019-9403.

\* \* \*



## 6

### Entorno ubicuo para la enseñanza

*Oscar León; Mariana Brachetta ; Julio Monetti*

**Resumen:** Las prácticas educativas basadas en la resolución de problemas utilizando tecnología móvil, e implementadas con el objeto de facilitar el aprendizaje de los estudiantes en carreras de ingeniería, pueden sustentarse en estrategias de aprendizaje ubicuo. De este modo se puede apoyar procesos de aprendizaje, que posibiliten a los estudiantes construir su conocimiento resolviendo problemas presentados a través de actividades ubicuas. El trabajo es un resultado parcial del proyecto denominado “Desarrollo de un entorno basado en cloud computing para aprendizaje ubicuo” (PID 4741), con el cual se busca hacer un aporte a la innovación educativa, en particular con referencia a la integración de tecnologías para aplicarlas en procesos educativos; siendo uno de los objetivos indagar y sistematizar la información obtenida que resulte de la experiencia. El proyecto implica el desarrollo de una App móvil que integra computación móvil, entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje, realidad aumentada, con metodologías de enseñanza orientadas a la formación de competencias, a través de la resolución de problemas. En el artículo se hace una breve introducción al modelo de cloud computing, los servicios de geolocalización y el concepto de realidad aumentada. También se introducen algunos aspectos sobre aprendizaje ubicuo.

**Palabras claves:** aprendizaje ubicuo, cloud computing, realidad aumentada.

#### Introducción

La amplia difusión del modelo de “computación en la nube” (cloud computing), la cual ha tenido un rápido desarrollo y logrado un alto grado de confiabilidad (Mohindra, 2015) (Jaokar, 2010), hace que la misma se haya convertido en una tecnología viable de ser aplicada en diversos tipos de proyectos, entre ellos los educativos.

El presente artículo describe un proyecto cuyo objetivo es implementar un entorno de enseñanza, basado en el modelo ubicuo (Richards M, 2009) (Bravo C., 2002) y en el cual se utilizan herramientas de geo-referencia y realidad aumentada (De Miguel, 2018), para lograr dos objetivos:

- Implementar un ambiente virtual de aprendizaje disponible en cualquier momento y lugar.
- Aportar una herramienta para la enseñanza virtual.

Otros objetivos que se pretenden alcanzar con el proyecto son proveer un entorno de aprendizaje de u-learning para implementar procesos de enseñanza en cátedras de carreras de ingeniería; adquirir experiencia en el uso e integración de recursos disponibles en la nube y obtener datos que permitan valorar la efectividad de un entorno de este tipo. Para lograr las metas propuestas la herramienta debe permitir definir:

1. Una red de puntos geo-referenciados en un mapa, que posibiliten la geo-localización y la detección del estudiante dentro de un perímetro determinado.
2. Gestionar objetos físicos relacionados a conceptos que se pretendan enseñar y que puedan ser procesados mediante realidad aumentada.
3. Definir y gestionar los objetos de aprendizaje a utilizar, dentro del ambiente de aprendizaje.

El modo de operar propuesto para el sistema, es mediante identificación de la localización de un estudiante dentro de un polígono de interés definido en torno a un punto geo-referenciado, para entonces activar los objetos de aprendizaje vinculados a la temática a enseñar y suministrar información adicional mediante realidad aumentada.

### **Modelo aplicado**

Desde el punto de vista tecnológico, el desarrollo se sustenta en el modelo de “cloud computing”, el cual provee facilidades para gestionar una variedad de actividades humanas que requieren servicios de computación. La infraestructura de

servicios disponibles en “la nube”, ha evolucionado hacia un contexto donde se ejecutan aplicaciones de forma confiable y segura, con capacidad de respuesta elástica para atender los cambios en la demanda. Lo anterior conforma una capa de tecnologías y servicios, que ha sido abordada en múltiples informes (Nidal M. Turab, 2013), y sobre la cual se monta aquella que se ocupa de integrarlos para poner a disposición de los usuarios finales las aplicaciones de computación.

Así Mobile Cloud Computing se refiere más bien a una forma de trabajo, donde las aplicaciones móviles al no almacenar datos en el dispositivo y descargar parte del procesamiento en “la nube”, se ven potenciadas. De esta forma se ha simplificado el trabajo de desarrollo de aplicaciones, su utilización y atención, trasladando el problema a la integración de los servicios disponibles (Oracle, 2016).

La arquitectura general de Mobile Cloud Computing (MCC) se puede dividir en tres partes: una son los dispositivos móviles, otra los proveedores de servicios, y la última el medio por el cual se conectan (Internet). Los dispositivos móviles se conectan a las redes móviles a través de estaciones base que establecen y controlan las conexiones mediante interfaces entre las redes y los dispositivos. Las solicitudes y datos de los usuarios móviles se transmiten a servidores que proporcionan los servicios de red móvil (autenticación, autorización, contabilidad de datos, persistencia, geo-referencia, etc.).

Una de las áreas que se puede beneficiar de “la nube”, es la educación, ya que rompe con algunas de las limitaciones presentes en las aplicaciones de e-learning (Chen, 2002) (Gao H, 2010) (Li, 2010), superando aspectos como la capacidad de almacenamiento y de procesamiento. Las aplicaciones pueden ofrecer a los estudiantes servicios más potentes, sin consumir recursos propios del dispositivo móvil.

Existen antecedentes sobre los beneficios de combinar m-learning y cloud computing (Zhao W, 2010). Se puede mejorar

la comunicación entre estudiantes y profesores, del software para dispositivos móviles con Google Apps Engine, o por la incorporación de prestaciones de “Realidad Aumentada” en el contexto del ambiente donde se mueve el estudiante en su vida cotidiana. También pueden potenciar la aplicación de tecnologías móviles, las iniciativas que ofrecen espacios de movilidad para alumnos y docentes, como EDUROAM.

### **La implementación**

El concepto de aprendizaje ubicuo apunta a proveer medios de enseñanza en cualquier lugar y momento, trabajando bajo el supuesto que el aprendizaje ocurre en el contexto de las actividades habituales de una persona, en contraste con el sistema tradicional que tiene lugar en las aulas (Durán, 2014) (Möller, 2013).

En los últimos años la tecnología para sustentar el aprendizaje ubicuo, basada fundamentalmente en el uso de dispositivos y aplicaciones móviles, se ha visto potenciada con los servicios provistos en la nube.

Desde el enfoque del u-learning, se requiere que la metodología de enseñanza y las herramientas aplicadas soporten características como:

1. Permanencia: los materiales de aprendizaje están siempre disponibles.
2. Accesibilidad: acceso disponible en cualquier lugar con conectividad.
3. Inmediatez: disponibilidad de los materiales de aprendizaje “just-in-time”.
4. Actividades educativas situadas: aprendizaje en contexto.
5. Adaptabilidad: poder obtener información confiable, en el lugar correcto, para el estudiante adecuado.



La aplicación desarrollada utiliza servicios de la “nube” para implementar el siguiente modelo (Ilustración 1) de un ambiente ubicuo para el aprendizaje, al tiempo que se intenta recrear un entorno lúdico semejante a un juego de búsqueda del tesoro, en el cual se suman puntos a medida que se avanza por un mapa. Los principales componentes del desarrollo son:

- El teléfono celular del estudiante donde debe instalar la App móvil, la que mediante el uso de servicios de la nube, identifica su localización en el ámbito geográfico donde desarrolla sus actividades cotidianas.
- En la base de datos se almacena la estructura de un grafo (en rojo) que representa un mapa virtual de puntos geográficos y las actividades vinculadas al mismo. Cuando el estudiante durante el desarrollo de sus actividades diarias pasa por uno de esos puntos, se le activa un mensaje de alerta que le notifica que tiene una tarea para resolver. También se almacenan los datos vinculados al desarrollo de las actividades.
- Las tareas se encuentran definidas en la plataforma Moodle, desde la cual la App las recupera para presentarlas al estudiante, el que una vez finalizada la actividad da un aviso. Entonces se le activa desde Moodle una evaluación, para determinar el nivel de aprendizaje alcanzado.
- En caso de superar la instancia de evaluación, el punto se deshabilita y se activa el próximo en el grafo. De no superar la evaluación, se le activa un “pista” que lo oriente para resolver la tarea asignada. Para esto último se le indica que debe buscar en el ámbito donde se desenvuelve, un determinado objeto o imagen y enfocarlo con la cámara del dispositivo móvil, entonces la imagen que visualiza “se enriquece” con información adicional, la cual le sirva de orientación para resolver la tarea.

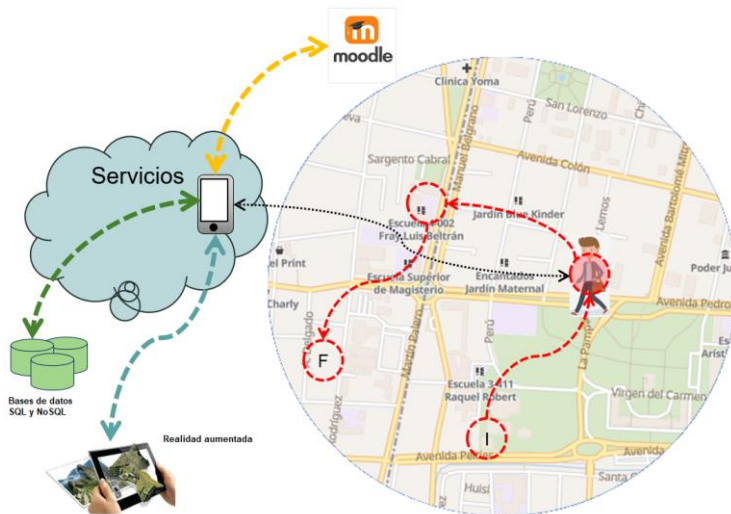


Ilustración 1: Modelo de trabajo

La siguiente etapa a realizar una experiencia de campo para probar el desarrollo en una situación real de uso. Para esto se parte del supuesto que las personas recordamos mejor aquello que “podemos hacer”, frente a sí sólo leemos sobre ello, por lo tanto, se quiere motivar a los estudiantes a involucrarse en una actividad de resolución de problemas, a través de “hacer algo”. Para esto se busca aplicar una metáfora de juego que pueda mejorar la experiencia de aprendizaje y que ofrezca una retroalimentación inmediata. Se busca es sólo crear un ambiente lúdico, aplicando conceptos que aparecen en los juegos y así valernos del sistema de “puntuación-recompensa-objetivo”.

En el modelo a implementar se siguen las recomendaciones de diversos autores que han abordado los principales aspectos a tener en cuenta en la estrategia para implementar la “gamificación” en un entorno de e-learning (Hsin-Yuan Huang, 2018) (Deterding, 2011) (Gallego, Molina, & Llorens, 2014), los que se pueden resumir en:

- Conocer el perfil de los estudiantes para determinar si la herramienta de enseñanza es aceptada, para interactuar con el contenido y participar del proceso de aprendizaje.
- Tener en cuenta las habilidades que se requieren para lograr los objetivos, ya que una excesiva dificultad de las tareas, puede desmotivar al estudiante.
- Definir claramente los objetivos de aprendizaje, como también las actividades incluidas en el proceso de aprendizaje así el estudiante percibe la utilidad de la actividad.
- Diseñar el contenido para que sea interactivo, atractivo y basado en elementos multimedia.
- Permitir que las actividades se puedan repetir en caso de fallar, a fin tener posibilitar alcanzar los objetivos previstos.
- Implementar niveles de dificultad creciente a medida que se avanza.
- Ofrecer diferentes caminos para alcanzar los objetivos, de modo tal que cada uno pueda aplicar sus habilidades personales.
- Incluir el elemento clave de cualquier juego, la obtención de recompensas.

Como ya mencionó, también se utiliza la plataforma Moodle, que ofrece herramientas aplicables a la “gamificación” de actividades, por ejemplo:

- Vinculación al perfil de usuario, de foto o imagen de avatar de presentación.
- Barra de progreso, ofrece un medio para que el participante visualice su evolución en las actividades.
- Se pueden ver los resultados de los test, y conocer el “ranking” de los más altos puntajes para incentivar la competitividad.
- Posibilidad de mostrar el nivel alcanzado dentro de una jerarquía, en la que cada nivel requiere obtener una cierta cantidad de puntos.

- Se puede proveer una realimentación inmediata del resultado de los tests a medida que el usuario avanza.
- Los participantes pueden obtener “insignias” con relación a sus logros, y usarlas como forma de recompensa.
- En base a los puntos obtenidos, la herramienta de tabla de clasificación permite mostrar un “ranking”.
- Se pueden establecer condiciones para la habilitación de actividades previas a otras.

## **Conclusiones**

El proyecto busca promover en los estudiantes una actitud de control sobre su propia producción y una construcción de autonomía intelectual, de una forma innovadora, dándole utilidad a un dispositivo que utilizan en su vida cotidiana. La introducción de la tecnología en el proceso de aprendizaje pretende ir más allá del simple uso del móvil. Busca promover el aprendizaje autónomo y colaborativo, incentivar el aprendizaje continuo y significativo en un entorno virtual novedoso y permanentemente accesible para el alumno.

La aplicación involucra la explotación de diversos servicios, con el objetivo de proporcionar un ambiente lúdico de aprendizaje, utilizando geo-referencia, realidad aumentada y entornos virtuales de enseñanza.

El principal desafío será pensar cómo integrar la tecnología “al aula” de una forma constructiva, a fin de que no resulte un distractor para los alumnos. Por eso se ha buscado cómo agregar valor, para que resulte productivo el trabajo en el ambiente de enseñanza propuesto.

Existen aspectos complejos de resolver respecto del diseño de las actividades, como por ejemplo el planteo de una tarea que involucre la resolución de un problema, en el cual se apliquen conceptos que luego se pretende evaluar; requiere de un proceso de diseño de la actividad a través de objetos de aprendizaje, que según el caso pueden ser laboriosos de desarrollar.

La aplicación del concepto de realidad aumentada puede resultar compleja de implementar. Por un lado hay que identificar objetos que se usarán como “pistas”, los cuales serán enfocados con la cámara del dispositivo móvil; y esto requiere que tengan significado dentro del tema en tratamiento, lo cual puede resultar difícil. Un segundo aspecto es el diseño de la imagen de “enriquecimiento” del objeto, para que resulte efectiva la orientación que se pretende dar al estudiante en la resolución de un problema.

Finalmente, respecto del entorno de aprendizaje ubicuo, pueden presentarse temáticas en las que no sea viable respetar la idea de “actividades educativas situadas en contexto”, de modo tal que una tarea se habilite cuando el estudiante se encuentre ubicado geográficamente en un lugar relacionado al tema que se intenta abordar.

### **Referencias:**

- Bravo C., R. M. (2002). Evolución de un Entorno Colaborativo de Enseñanza Basado en Escritorio hacia la Computación Ubicua. Workshop de Investigación sobre nuevos paradigmas de interacción en entornos colaborativos aplicados a la gestión y difusión del Patrimonio cultural. Granada.
- Chen, Y. K. (2002). A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird. Watching Learning System, Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02), (págs. 15-22).
- De Miguel, R. (26 de 09 de 2018). EDUCACIÓN 3.0. Obtenido de <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/usos-realidad-aumentada-aulas/>
- Deterding, S. K. (2011). Gamification: Toward a definition. CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings, (págs. 12-15). ACM Press.
- Durán, B. Á. (2014). Ontological model-driven architecture for ubiquitous learning applications. In Proceedings of the 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (pág. 14). ACM.
- Gao H, Z. Y. (2010). System design of cloud computing based on mobile learning. In Proceedings of the 3rd International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), (págs. 292-293).

- Historia de la realidad aumentada. (s.f.). Recuperado el 10 de 2017, de <http://realidadaugmentada.info/realidad-aumentada/RealidadAumentada>
- Hsin-Yuan Huang, W. S. (1 de 10 de 2018). Gamification of Education. Obtenido de Toronto: University of Toronto: <http://inside.rotman.utoronto.ca/behaviouraleconomicsinaction/files/2013/09/GuideGamificationEducationDec2013.pdf>
- Jaokar, A. (marzo de 2010). Mobile Cloud Computing: Issues and Risks from a Security Privacy Perspective. Secure Cloud 2010, págs. 16-17.
- Li, J. (2010). Study on the development of mobile learning promoted by cloud computing. In Proceedings of the 2nd International Conference on Information Engineering and Computer Science (ICIECS), (pág. 1).
- Mohindra, A. (2015). ACM Tech Pack on Cloud Computing. Recuperado el 14 de noviembre de 2018, de <https://techpack.acm.org/cloud/cloudcomputing.pdf>
- Möller, P. H. (2013). Ubiquitous Learning: Teaching Modeling and. In Proceedings of the 2013 Grand Challenges on Modeling and Simulation Conference (pág. 24). Society International for Modeling & Simulation .
- Nidal M. Turab, A. A. (2013). Cloud Computing Challenges and Solutions. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), Vol.5, Nro.5.
- Oracle. (2016). Five Ways to Simplify Cloud Integration - Oracle Integration Cloud Service. Recuperado el 15 de diciembre de 2018
- Richards M, W. J. (2009). Introducing TU100 "My Digital Life": Ubiquitous computing in a distance learning environment. Ubicomp.
- Zhao W, S. Y. (2010). Improving computer basis teaching through mobile communication and cloud computing technology. In Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE, (págs. 452-454).

\* \* \*

# 7

## Modelo didáctico para la comprensión de la Transformada de Hilbert-Huang

*Jesús Rubén Azor Montoya*

**Resumen:** En el tratamiento de señales no estacionarias, la Transformada Wavelet (WT) ha tenido un largo reinado con aplicaciones múltiples en diversos campos de la ciencia. Esa herramienta describe en general, cambios espectrales en la potencia a lo largo del tiempo. Con la aparición de la Transformada de Hilbert-Huang (HHT), desarrollada por investigadores de la NASA, se han logrado aplicaciones que superan a la utilización de los wavelets. El presente trabajo pretende generar un ambiente de aprendizaje y experimentación de la HHT mediante la utilización de recursos en la Web que permiten internalizar los conceptos fundamentales, sin una gran complicación de formalismos matemáticos. El software utilizado por estos recursos es Matlab (MathWorks ®) que es prácticamente un estándar en investigación científica.

**Palabras claves:** Transformada Wavelet, Transformada de Hilbert-Huang, estacionariedad, EMD, espectro de Hilbert.

### Introducción

La Transformada de Hilbert-Huang (HHT) ha ganado una importancia creciente en el área del Análisis de Señales por su comportamiento adecuado en el tratamiento de señales no lineales y no estacionarias. Este procedimiento es el resultado de la *Descomposición de Modo Empírico* (EMD) y el *Análisis Espectral de Hilbert* (HSA).

Los métodos tradicionales de análisis se basaban en supuestos lineales y estacionarios. El más difundido y aplicado de los mismos fue la Transformada de Fourier, que sigue siendo muy eficiente cuando se cumplen los citados supuestos.

Este tipo de transformación sólo permite obtener información frecuencial, pero no temporal. Es decir si una señal es suma de dos senoides de distinta frecuencia, por ejemplo, y una segunda está compuesta de las mismas dos senoides pero aplicadas en tiempos distintos, la Transformada de Fourier define el mismo espectro.

Esto es, porque el *kernel* (núcleo) de transformación utilizado ( $e^{-j\omega t}$ ) tiene duración infinita.

Para paliar el problema cuando se trata con procesos no estacionarios, hace su irrupción la *Transformada de Fourier de Corto Tiempo* (STFT) que pasa a considerar la señal como estacionaria por partes y que mediante una ventana, de ancho fijo, deslizante permite calcular la Transformada de Fourier de cada sección. Esta solución permite una representación tiempo-frecuencia que sirve para muchos usos prácticos.

A posteriori, surge la *Transformada Wavelet* en sus versiones continua y discreta (CWT y DWT) mediante la cual la señal se convoluciona con un “*wavelet madre*” que posee la característica de tener una duración limitada y con estructura oscilante. A diferencia de la STFT, otorga una ventana de observación de ancho variable.

Existe una gran variedad de wavelets madre, pudiéndose además crear otros siempre y cuando se cumplan con las condiciones para considerarlos como tales.

La Transformada Wavelet es ideal para encontrar un buen equilibrio entre la resolución temporal y frecuencial.

### **Descomposición de Modo Empírico (EMD)**

La técnica EMD extrae componentes simples y componentes simétricos de señales no lineales y no estacionarias eliminando la información de frecuencias más bajas hasta que sólo quede la frecuencia más alta. Con esta operación se separan en una señal las llamadas IMF's (*Funciones de Modo Intrínseco*), que son componentes mono frecuenciales o una banda estrecha de frecuencias.



Huang definió una onda oscilante como un IMF si y solo si cumple las dos condiciones siguientes:

1. Para un conjunto de datos, el número de extremos y el número de puntos de cruce por cero deben ser iguales o diferir como máximo en uno.
2. El valor medio de la envolvente definida por los máximos locales y los mínimos locales debe ser cero en cualquier punto.

El algoritmo para extraer un IMF se describe a continuación:

Paso 1: Las envueltas superiores e inferiores se construyen conectando todos los máximos y todos los mínimos con splines cúbicos.

Paso 2: Se toma la media de las dos envolturas  $m(t)$  y se restan de la señal original  $x(t)$  para obtener un componente  $h_1(t)$  como:

$$h_1(t) = x(t) - m(t) \quad (1)$$

Paso 3: Si  $h_1(t)$  cumple con las dos condiciones anteriores para ser clasificada como un IMF; entonces,  $h_1(t)$  es el primer IMF; de lo contrario,  $h_1(t)$  se trata como la función original y los pasos 1 a 3 se repiten para obtener el componente  $h_{11}(t)$  como:

$$h_{11}(t) = h_1(t) - m(t) \quad (2)$$

Paso 4: El proceso de clasificación anterior se repite  $k$  veces para cumplir con las dos condiciones anteriores para el IMF; entonces,  $h_{1k}(t)$  se convierte en el primer IMF y se conoce como  $IMF_1$ . Luego se separa  $IMF_1$  de  $x(t)$  y se deja que sea  $r_1(t)$  como:

$$r_1(t) = x(t) - h_{1k}(t) \quad (3)$$

Paso 5: La señal  $r_1(t)$  ahora se toma como la señal original, y los pasos 1 a 4 se repiten para obtener el segundo IMF ( $IMF_2$ ).

El procedimiento anterior se repite  $n$  veces para obtener  $n$  IMFs. El criterio de parada para el proceso de descomposición es cuando  $rn(t)$  se convierte en una función monotónica de la que ya no se pueden extraer más IMFs.

### **Transformada de Hilbert-Huang (HHT)**

Después de la descomposición de modo empírico (EMD), la HHT se aplica a los IMFs para determinar amplitud instantánea, fase instantánea y frecuencia instantánea.

La transformada de Hilbert de una señal  $x(t)$  es  $Y(t)$ , tal que

$$Y(t) = H[x(t)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau \quad (4)$$

$X(t)$  e  $Y(t)$  forman la señal analítica  $Z(t)$

$$Z(t) = X(t) + Y(t) = A(t)e^{j\theta(t)} \quad (5)$$

Siendo

$$A(t) = \sqrt{X^2(t) + Y^2(t)} \quad (6)$$

$$\theta(t) = \text{atan}\left(\frac{Y(t)}{X(t)}\right) \quad (7)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (8)$$

donde  $A(t)$  y  $\theta(t)$  son amplitud instantánea e frecuencia instantánea respectivamente.

Una de las ventajas de HHT es que el paso que requiere más cálculos, la operación EMD, no implica la convolución y otras operaciones que consumen mucho tiempo, por lo que la HHT puede manejar eficientemente señales de gran tamaño.

Además, la WT requiere una función de base predefinida o wavelet madre, en cambio el proceso de descomposición se basa totalmente en datos. Por otro lado, el espectro de Hilbert-Huang no implica el concepto de resolución de frecuencia y resolución de tiempo, sino la frecuencia instantánea.

## Espectro de Hilbert

Se trabajará con un método general que requiere dos pasos para analizar los datos de la siguiente manera.

El primer paso es preprocesar los datos mediante el método de descomposición de modo empírico (EMD), con el cual los datos se descomponen en varios componentes de función de modo intrínseco (IMFs). Por lo tanto, se expandirán los datos en una base derivada de los mismos.

El segundo paso es aplicar la transformada de Hilbert a los IMFs descompuestos y construir la distribución de tiempo-frecuencia-energía, designada como Espectro de Hilbert, a partir de la cual se preservarán las ubicaciones temporales de los eventos.

En otras palabras, se necesitarán la frecuencia y energía instantáneas en lugar de la frecuencia y energía globales definidas por el análisis espectral de Fourier.

Luego, la señal se puede expresar mediante  $a_k(t)$  y  $w_k(t)$  que son, respectivamente, la amplitud instantánea y la frecuencia correspondientes a cada  $IMF_{ik}(t)$ . Por lo tanto

$$X(t) = Re(\sum_{k=1}^n a_k(t) \cdot e^{j \int w_k(t) dt}) \quad (9)$$

La ecuación (9) permite la representación de la amplitud y frecuencia instantáneas como funciones de  $t$  en una gráfica o mapa 3D.

La representación de tiempo-frecuencia de la amplitud se denomina *Espectro de Hilbert*,  $H(w, t)$ .

## Software en Internet

Una fuente amplia de recursos de segmentos de programas disponibles para experimentar, se encuentran en Internet para uso académico.

Para esta temática en particular, se ha recurrido al sitio [https://github.com/kulia/Hilbert-uang\\_transform/blob/master/lib/](https://github.com/kulia/Hilbert-uang_transform/blob/master/lib/) donde hay una librería de

programas en Matlab (MathWorks®) que se habrán de usar para poner énfasis didáctico en las técnicas descritas.

Es de destacar que en la carpeta que contiene los programas falta la función *findpeaks* que debe agregarse para el correcto funcionamiento de los códigos que se verán a posteriori, ver Apéndice A.

En la primera acción a desarrollar, se considerará el clásico ejemplo que justifica la utilización del Transformada Wavelet sobre la de Fourier.

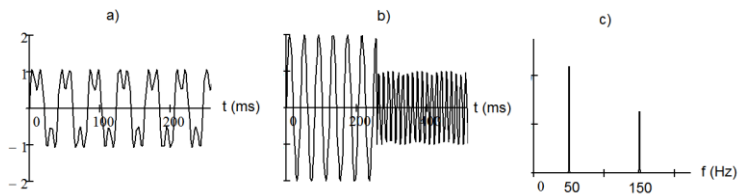


Fig. 1 – a) Suma de senoides ( $\sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + 0.5 \sin(2\pi \cdot 150 \cdot t)$ ), b) las mismas senoides, pero en tiempos distintos y c) Espectro de Fourier

Como se puede ver en Fig. 1 c), el Espectro de Fourier no distingue ambas situaciones, que pueden ser procesadas por las Transformadas Wavelet y Hilbert-Huang. En este trabajo se pondrá énfasis en esta última herramienta.

### Ejemplo 1

En la codificación del Apéndice B, primero se genera un vector  $X$  que contiene las muestras a cada 1 ms ( $F_s=1000$  Hz) de la suma de senos (de frecuencia 50 y 150 Hz y amplitudes 5 y 1, respectivamente) para a posteriori realizar la Descomposición en Modo Empírico (EMD).

Esta última operación da sólo dos Funciones de Modo Intrínseco (IMFs) que alimentan a la función *hilbertSpectrum* previo filtrado de mediana, utilizado para eliminar artefactos. En este ejemplo, la longitud del filtro es el 2% de la frecuencia de muestreo.

En la Fig. 2 a) se aprecia la descomposición EMD, que sólo produce dos IMFs (ya que hay sólo dos frecuencias presentes en la señal). En la parte b), el Espectro de Hilbert indica que

las frecuencias (50 y 150 Hz) permanecen todo el tiempo en el que transcurre la señal.

También se aprecia un coloreo distinto que informa que la componente de 50 Hz (amplitud 5) tiene mayor potencia que la de 150 Hz (amplitud 1) conforme a la codificación de color a la derecha.

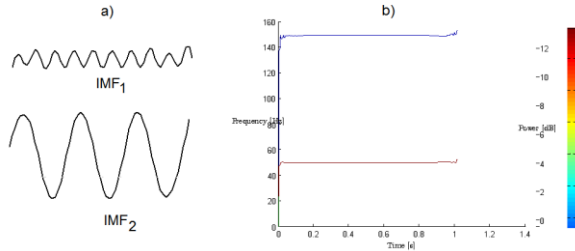


Fig. 2 – a) Resultado de la descomposición EMD, b) Espectro de Hilbert.

## Ejemplo 2

Ahora la función a analizar está compuesta por una senoide de 50 Hz (amplitud 5) en la primera mitad de muestras (como en la Fig.1 b) y la segunda mitad por una senoide de 150 Hz (amplitud 1).

Procediendo como en el Ejemplo 1, se obtiene un Espectro de Hilbert como el de la Fig. 3.

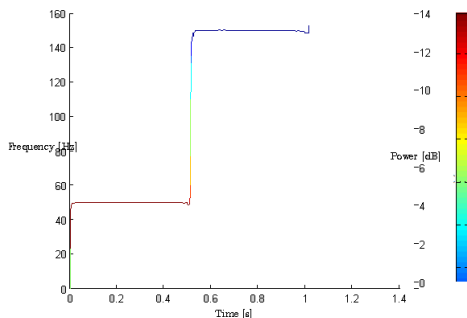


Fig. 3 – Espectro de Hilbert de dos senoideas (amplitud 5 y 50 Hz, amplitud 1 y 150 Hz, respectivamente) ocurriendo en tiempos distintos.

Ahora, de la observación de la Fig. 3, se nota nítidamente la ubicación temporal de ambas senoides y con el seudo coloreo, la potencia diferente de ambas. El código correspondiente se puede ver en el Apéndice C.

### Ejemplo 3

Un caso interesante se da cuando se trabaja con *chirps*, señales en las que la frecuencia aumenta o disminuye con el tiempo.

Matlab posee una función que genera muestras de una señal coseno con una frecuencia que aumenta y disminuye linealmente conforme sea definida en sus parámetros.

Su sintaxis es  $chirp(T,F0,T1,F1)$ . Las muestras se generan en instancias de tiempo definidas en el arreglo T. La frecuencia instantánea en  $t=0$  es de F0 Hz. La frecuencia instantánea alcanzada de  $t=T1$  es de F1 Hz.

Con este recurso y los anteriormente vistos, se va a crear una señal que concatena dos chirps (uno decreciente en frecuencia, desde 30 a 1 Hz y otro creciente, desde 30 a 1 Hz) más una senoide de amplitud 1 y frecuencia única de 100 Hz.

La Fig. 4 a) muestra la señal compuesta y la parte b) el Espectro de Hilbert.

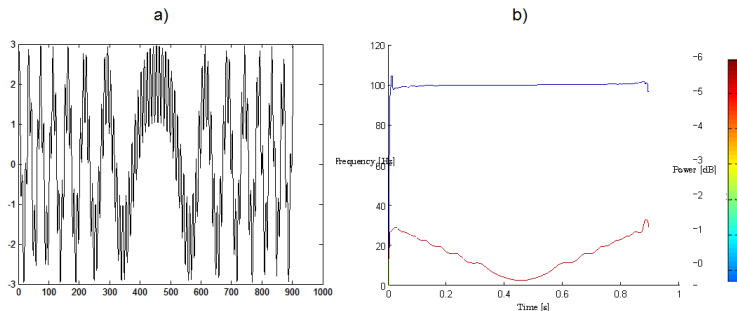


Fig. 4 – a) Señal compuesta por dos chirps y una senoide. b) Espectro de Hilbert donde se visualizan las tres características frecuenciales.

En el mismo se destaca la señal senoidal como una casi constante en 100 Hz y el chirp de frecuencia decreciente como una recta de pendiente negativa entre 30 y 1 Hz y el

chirp de frecuencia creciente como una recta de pendiente positiva entre 1 y 30 Hz.

La codificación correspondiente al ejemplo 3 se encuentra en el Apéndice D.

### **Conclusiones**

Se ha desarrollado la aplicación didáctica de un nuevo método para analizar datos no lineales y no estacionarios. La clave del mismo es la "descomposición de modo empírico" con el que cualquier conjunto de datos complicado puede descomponerse en un número finito y, a menudo, pequeño de "funciones de modo intrínseco" que admiten transformaciones de Hilbert con buen comportamiento tiempo-frecuencia.

Este método de descomposición es adaptativo y, por tanto, muy eficaz. Dado que la descomposición se basa en la escala de tiempo característica local de los datos, es aplicable a procesos no lineales y no estacionarios.

Con la transformada de Hilbert, las "funciones de modo intrínseco" producen frecuencias instantáneas como funciones del tiempo que dan identificaciones precisas de estructuras incrustadas.

La presentación final de los resultados es una distribución de energía-frecuencia-tiempo, designada como el espectro de Hilbert.

A partir del procedimiento plenamente replicable de este trabajo, lo hace adecuado para complementar el desarrollo teórico que implica la enseñanza de esta transformada en un curso de Análisis de Señales avanzado.

### **Referencias:**

- Addison, P. (2002). "*The Illustrated Wavelet Transform Handbook*". Institute of Physics Publishing.
- Daubechies, I. (1992). "*Ten Lectures on Wavelets*". Philadelphia, PA: SIAM.
- Huang, N. E; Shen, H: (2005). "*Hilbert-Huang Transform and its Applications*". World Scientific Publishing,

- Huang, N., Attoh-Okine, N. (2005). "*The Hilbert-Huang Transform in Engineering*". CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Huang, N., E., Shen, Z. (1999). "*The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis*". The Royal Society.
- Hwang, J., Rao, K. (2010) "*Fast Fourier Transform - Algorithms and Applications*". Springer.
- Mertins, A. (1999). "*Signal Analysis: Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications*". John Wiley & Sons Ltd
- Peng, Z.K.; Tse, P.W.; Chu, F.L. (2005). "*A Comparison Study of Improved Hilbert-Huang Transform and Wavelet Transform: Application to Fault Diagnosis for Rolling Bearing*", Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 19,, pp. 974-988.
- Stein, E., Shakarchi, R. (2003). "*Fourier Analysis: An Introduction*". Princeton University Press,

## Aplicaciones

- Andrade, A. Kyberd, P. (2008). "*The application of the Hilbert spectrum to the analysis of electromyographic signals*". Elsevier. Information Sciences. Volume 178, Issue 9, 1.
- Huang, N., Wu, Z. (2008). "*A review on Hilbert-Huang transform: Method and its applications to geophysical studies*". Reviews of Geophysics. Volume 46, Issue 2. 2008
- Wei, H., Xiao, M., Chen, H. et al. (2018). "*Instantaneous frequency from Hilbert-Huang transformation of digital volume pulse as indicator of diabetes and arterial stiffness in upper-middle-aged subjects*". Sci Rep 8, 15771. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34091-6>

## Apéndice A.

```
function [pks, locs] = findpeaks(data)
    pks = zeros(numel(data), 1);
    locs = zeros(numel(data), 1);
    count = 0;
    for i = 2:(numel(data) - 1)
        if (data(i - 1) < data(i)) && (data(i) >
data(i + 1))
            count = count + 1;
            pks(count) = data(i);
            locs(count) = i;
```



```

        end
    end
    pks = pks(1:count);
    locs = locs(1:count);
end

```

### Apéndice B.

```

clear
N=1024;T=0.001;f1=50;f2=150;i=1:N; Fs=1/T;
X(i)= 5*sin(2*pi*(i-1)*T*f1)+ sin(2*pi*(i-1)*T*f2);
[IMFs] = emd(X,2);
H=IMFs; figure
medianFilterLength = 0.02 * Fs;
hilbertSpectrum(H, Fs, medianFilterLength);

```

### Apéndice C.

```

clear
N=1024;T=0.001;f1=50;f2=150;i=1:N; Fs=1/T;
i=1:N/2;X(i)= 5*sin(2*pi*(i-1)*T*f1)
i=N/2+1:N; X(i)=sin(2*pi*(i-1)*T*f2);
[IMFs] = emd(X,2);
H=IMFs; figure
medianFilterLength = 0.02 * Fs;
hilbertSpectrum(H, Fs, medianFilterLength);

```

### Apéndice D.

```

N=904;Ts=0.001;Fs=1/Ts;
i=1:N/2;T=(i-1)*Ts; F0=30;F1=1;T1=T(N/2);
% Chirp de frecuencia decreciente (30 a 1 Hz)
y1=chirp(T,F0,T1,F1);
i=1:N/2;T=(i-1)*Ts; F0=1;F1=30;T1=T(N/2);
y2=chirp(T,F0,T1,F1);
% Chirp de frecuencia creciente (1 a 30 Hz)
y22=[y1 y2]; % Ensamble de chirps
f1=100; i=1:N; x(i)=y22+sin(2*pi*(i-1)*Ts*f1); %
senoide de 50 Hz
X=x+y22; % Señal compleja
[IMFs] = emd(X,2);
H=IMFs; figure
medianFilterLength = 0.02 * Fs;
hilbertSpectrum(H, Fs, medianFilterLength);

```



# 2

## APLICACIONES E INVESTIGACIONES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



## 8

### ¡Una llamada telefónica al cielo ...!

*Ricardo Césari, José Balacco, Matilde Césari,  
Jazmín Machuca*

**Resumen:** Es necesario tener precaución con la electrocauterización, los electroshocks, la estimulación nerviosa eléctrica y la ablación por radiofrecuencia, si un paciente tiene un dispositivo marcapasos (o un desfibrilador). En el entorno general, solo las fuentes industriales potentes de señales electromagnéticas (como una instalación de radar o máquinas de soldar) pueden dañar a un dispositivo como estos o a su propietario. Sin embargo, nuestro entorno que cambia rápidamente, ahora proporciona muchas más fuentes posibles de interferencia y se ha demostrado que los hornos microondas con fugas, los dispositivos antirrobo, causan iguales disfunciones de corta duración en ellos. Parece que la interferencia electromagnética ocurre con mayor frecuencia cuando el teléfono está cerca del entorno del dispositivo. Se realizaron pruebas de caracterización de los dispositivos utilizados como fuentes de disturbio (teléfono smartphone) y verificación de las funcionales en un equipo electro médico cardio desfibrilador, luego se evaluó el comportamiento del equipo expuesto a los campos radioeléctricos, medidos previamente y supervisados por un simulador de paciente (anализador de electrocardiograma desfibrilador). Los resultados de estas pruebas preliminares permiten desarrollar el Protocolo del estudio experimental, para mostrar la presentación, de alteraciones funcionales y niveles de severidad a diferentes distancias del entorno, de los equipos restantes.

**Palabras claves:** Campo electromagnético, comunicaciones móviles, equipo electro médico, radiointerferencias.

### 1 Introducción

Altamura (1997), describe cómo las telecomunicaciones móviles analógicas y digitales GSM, pueden interferir con el

funcionamiento normal de los marcapasos cardíacos artificiales y equipos electro médico.

La radio interferencia es la ocurrencia de cambios funcionales en un determinado equipo electrónico debido a su exposición a campos de radiaciones no ionizantes. Los efectos, son particularmente preocupantes cuando se producen en equipos electromédicos, no solamente en la realización de diagnósticos y tratamientos; sino sobre todo, si están monitoreando o dando soporte a la vida de un paciente. Desde la década de 1970 existe una preocupación relacionada con los efectos de las Radiointerferencias electromagnéticas en los equipos médicos. En 1979 la Food and Drug Administration publicó una norma titulada; “*Electromagnetic Compatibility Standard for Medical Devices*”. Esta norma trataba aspectos generales relacionados con las interferencias electromagnéticas. En cuanto a las pruebas en equipos médicos, en 1983 y 1992, fueron publicados dos trabajos donde se observaron y describieron efectos indeseables causados por interferencias en el comportamiento de marcapasos y otros dispositivos implantables. La verificación de estas observaciones despertó el interés en los investigadores hacia la evaluación de las radiointerferencias en equipos médicos. Silberbergen en 1992 fue uno de los primeros investigadores que presentó evidencia sobre la influencia de los campos electromagnéticos en el desempeño de los equipos electromédicos, su trabajo fue una referencia importante para investigaciones posteriores.

En el marco del proyecto de Investigación, PID UTN7751, acreditado por la SECyT, se estudian los efectos de las Radio interferencias producidas por algunos dispositivos de comunicación inalámbrica en equipos médicos utilizados para diagnosticar, monitorear o mantener la vida de un paciente.

## **2 Materiales y Métodos.**

El desarrollo experimental se realiza en dos etapas; en la primera se caracteriza el campo eléctrico producido por equipos de comunicación inalámbrica (teléfono celular y radioteléfono), con el fin de compararlo con el límite normativo establecido para los equipos médicos. En la segunda etapa, se realiza la

verificación de las posibles alteraciones funcionales, si los hubiera, en los equipos electro médico.

### **2.1. Caracterización de dispositivos utilizados como fuentes de disturbio.**

En el Protocolo de mediciones de Interferencia radioeléctrica en equipos médicos debido a teléfonos celulares y dispositivos de comunicación inalámbricos, las caracterizaciones se realizan en un espacio libre de obstáculos en al menos 3 m a la redonda, sin fuentes de radiofrecuencia cercanas, o débiles donde el nivel de campo radioeléctrico ambiental no sea superior a 0,2 V/m.

El procedimiento es el siguiente: en el centro del sitio de prueba se ubica el dispositivo a caracterizar (teléfono celular o radioteléfono) a una altura de 1 m sobre el nivel del piso. A una distancia de 0 cm y frente al teléfono, se coloca el medidor de campo, de tal forma que el sensor quede a la misma altura del teléfono.

Aproximadamente desde una distancia de 15 m o más del sitio de prueba y utilizando otro teléfono celular, se realiza una llamada al equipo bajo estudio y se mide el nivel de campo eléctrico generado por éste, durante 6 minutos, con el fin de obtener un promedio del nivel máximo de campo eléctrico producido por el teléfono al recibir una llamada (sin contestar); se repiten a tres mediciones.

Una vez obtenido el nivel de campo en este punto, el medidor se ubica a una distancia de 5 cm. y se repite el procedimiento anterior.

A final, se mide el campo eléctrico en este perfil hasta una distancia máxima de 3 m, obteniéndose en total 11 puntos (0, 5,10, 20,40, 60, 80, 100,150, 200 y 300 cm.), Figura 1.

Después de caracterizar uno de los perfiles, se procede a realizar lo mismo con los otros restantes, con el fin de conocer el comportamiento del campo eléctrico en cada uno de los lados del teléfono.

La metodología que se sigue para la realización de estas pruebas descritas, se basan en la Norma ANSÍ C63.18, la cual tiene como propósito estimar la inmunidad electromagnética radiada de equipos electromédicos sometidos a señales de transmisores portátiles cuya potencia de transmisión sea inferior a 8W. Calvo, P. C, Escobar, A., & Pinedo, C. (2008).

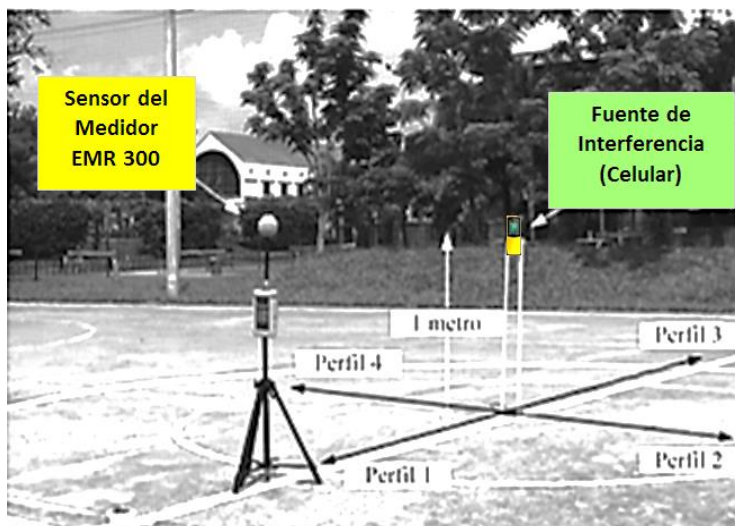


Figura 1. Disposición de los equipos para la realización de las caracterizaciones de campo eléctrico.

Fuente: Calvo P C , Escobar A., Pinedo C.

Una vez que caracterizados los dispositivos que serán utilizados como fuentes de disturbio para la segunda etapa, se efectúan las pruebas de inmunidad electromagnética en los diferentes equipos médicos disponibles en el Instituto IRB.

## 2.2. Verificación de las alteraciones funcionales en los equipos electro médicos.

En esta etapa, el objetivo es verificar la inmunidad de los equipos médicos en forma subjetiva a través de la observación de alteraciones funcionales perceptibles, si las



hubiere, cuando los mismos son expuestos a campos radioeléctricos producidos por el teléfono celular operando en las potencias de llamadas.

La inmunidad de los equipos electro médicos puede ser evaluada a través de medidas objetivas, subjetivas o una combinación de las dos.

En la medida objetiva, la evaluación de la inmunidad del equipo es verificada a través de medidas de corrientes y tensiones en el mismo y la interferencia es evaluada de forma cuantitativa.

Las medidas subjetivas se realizan a través de la observación visual y auditiva de los parámetros presentados por el equipo que está siendo probado, como por ejemplo, alarmas y formas de onda, proporcionando una evaluación cualitativa de la interferencia.

En las pruebas se verificaran según el procedimiento propuesto por Calvo P.C., et al (2008) en forma subjetiva, siendo consideradas como interferencias, las alteraciones perceptibles en el funcionamiento con simulador de pacientes en los equipos.

La razón de esta opción metodológica es debido a que éste será un primer trabajo exploratorio de los problemas de Radiointerferencias en nuestro medio y por lo tanto, una constatación preliminar de la necesidad de precauciones a tener en cuenta.

Los equipos médicos son ubicados en la mesa no conductora, Figuras 2 a) y b) y en todas las pruebas los equipos médicos están conectados a su correspondiente simulador de paciente, el cual es utilizado para establecer una línea base en el comportamiento de cada uno de los equipos bajo prueba y poder identificar las perturbaciones que se presenten cuando son sometidos a las fuentes de disturbio. Los simuladores de paciente cumplen con los requisitos técnicos que cita la norma ANSI C63.18.

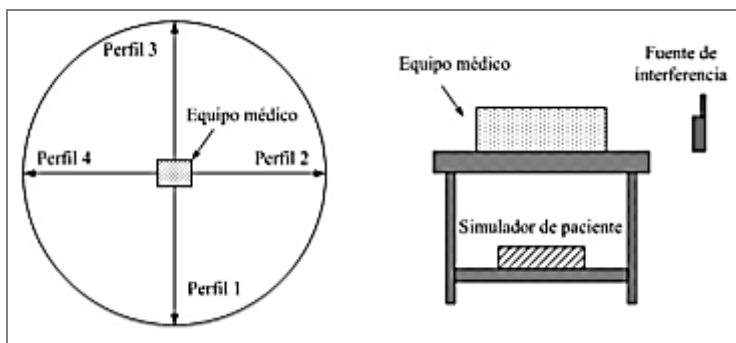


Figura 2. Disposición de los equipos para las pruebas de interferencia electromagnética, a) vista superior y b) vista lateral.

Fuente : Calvo P C , Escobar A., Pinedo C

Los equipos electro médicos utilizados en las pruebas, disponibles en el Laboratorio de Bioingeniería del Instituto IRB de la Facultad Regional Mendoza de la UTN, son los que se muestran en la tabla 1.

Equipamiento Biométrico	Equipo de verificación (simulador de paciente)
1.- Cardiodesfibrilador	Analizador de electrocardiógrafo desfibrilador FLUKE
2.- Electrocardiógrafo	Analizador de seguridad eléctrica
3.- Electroencefalógrafo	Analizador señales
4.- Electrobisturí	Analizador de electrobisturí FlukeAnalizador FLUKE.
5.-Ventilador(respirador artificial)	Analizador de ventilador- FLUKE
6.- Oxímetro de pulso	Analizador de pulsos FLUKE – Flulce Analizador. GoI PRO

Tabla 1. Equipamiento electromédico disponible en IRB-UTN-FRMza, para las pruebas.

Como pueden existir algunas caras de los equipos electro médicos que sean más susceptibles que otras, las pruebas se realizaron con rotaciones de 90° alrededor de los mismos, totalizando 4 posiciones diferentes (lado derecho, lado izquierdo, parte frontal y parte posterior).

### **3. Resultados preliminares**

Se formuló un Protocolo para las Mediciones, de acuerdo con la metodología para evaluar la caracterización de las fuentes bajo las indicaciones de las normas internacionales IEEE C95 e IEC CISPR 16-1, las cuales establecen prácticas recomendadas para la medición de campos electromagnéticos de radiofrecuencia en entornos de equipos médicos.

En las pruebas realizadas en el Laboratorio LECER e Instituto IRB, del Centro Regional de Investigación en Computación y Neuroingeniería, CeReCoN, de la FRM UTN, se midieron los niveles de campo eléctrico producido por un teléfono celular Smartphone, a diferentes distancias cercanas a un cardiodesfibrilador.

Luego se evaluó el comportamiento del equipo expuesto a los campos radioeléctricos medidos previamente y supervisado por un simulador de paciente (analizador de electrocardiógrafo desfibrilador FLUKE), disponible en el Laboratorio. Los resultados de estas pruebas preliminares permitieron desarrollar el Protocolo del estudio experimental, para mostrar la presentación, de alguna alteración funcional y los niveles de severidad a diferentes distancias del entorno de los equipos.

#### **3.1. Clasificación de las fallas**

La definición de la franja perturbada, según los procedimientos indicados por el Comité CISPR, coincidente con las normas de la Ex Comisión Nacional de Comunicaciones [CNC], se fija a un nivel máximo de radiointerferencias (RI) en 3 V/m (129,5 dB V/m) y 10 V/m (140 dB V/m), durante el ochenta por ciento (80%) del tiempo de exposición.

Los valores experimentales de los niveles de Interferencia [R I], se componen determinando los niveles de campos eléctricos interferentes producidos por los dispositivos de radiocomunicaciones, relacionados al campo eléctrico de las señales útiles de sistemas de telecomunicaciones existentes, tomadas de referencia y medido sin señales de emisión de estos dispositivos.

En el estudio en ese trabajo, se verifica la interferencia intersistemas (producida en equipos médicos causada por teléfonos celulares y dispositivos de radiocomunicación). Para evaluar las causas reales de una anomalía o de una falla es importante tener en cuenta las normas preestablecidas para la verificación de la emisión e inmunidad de los equipos. Los principales objetivos de estas normas son: imponer límites a las emisiones y establecer un nivel mínimo de inmunidad.

Para la medida de la intensidad del campo eléctrico producido por el teléfono celular se utiliza el medidor NARDA EMR 300, junto con el Sensor Tipo 18, ambos equipos de Narda Safety Test Solutions. Este medidor de campo electromagnético, es un medidor isotrópico de banda ancha con sensores orientados en los tres ejes que determinan la resultante del valor de campo eléctrico en un punto específico.

El sensor utilizado tiene un ancho de banda entre 100 kHz y 3 GHz, adecuado para las frecuencias de transmisión de los dispositivos utilizados y presenta un error absoluto de  $\pm 1,0$  dB, otorgando el valor efectivo de las señales de inmisión no sintonizable.

Otro instrumento a utilizar para la medición de emisión, de banda angosta, es el Espectral AAronia HF 6020; analizador de espectro portátil también disponible, que opera sobre un amplio rango de frecuencias, pero su ancho de banda instantáneo de medición se programa a bandas estrechas, sintonizándolo a la frecuencia o rango de interés.

A su vez, debe utilizarse en conjunto, con antenas aptas para los distintos rangos de frecuencia de medición, antena

logarítmica o bicónica. Este instrumento será utilizado en este estudio para la medición de emisión; y proporciona información de frecuencia e intensidad del campo bajo análisis en un rango estrecho de frecuencia. Se utilizarán como fuentes de interferencia teléfonos celulares Smartphone y equipo de radiocomunicación TETRA.

En principio, de acuerdo con la IEC-CISPR 16-1, la sonda del instrumento de medición y la fuente emisora deben estar circunscritas en un plano horizontal formado por una elipse de dimensiones delimitadas con un radio  $R=3$  m y una altura  $h = 1,00$  m del suelo, para normalizarlos, según lo establecido por la norma. Para la realización del registro de las mediciones serán anotadas las características de la fuente utilizada (potencia, modelo, fabricante, etc.), así como los valores leídos en cada punto de medida.

La verificación de la inmunidad de los equipos médicos se hará en forma subjetiva a través de la observación de alteraciones funcionales perceptible, si las hubiere, por los dispositivos operando en las potencias de llamada. Cabral, Suzy. C. B., & Mühlen, S. S.

Otro antecedente a considerar, sobre la categoría de los riesgos, es la propuesta de C. B., & Mühlen, que tiene en cuenta los riesgos potenciales y los cambios posibles y los clasifica en las categorías siguientes:

<b>Categoría 0</b> <i>Sin efecto</i>	El equipo médico no presenta ningún tipo de falla.
<b>Categoría 1</b> <i>Efecto reversible</i>	La falla desaparece al desaparecer el disturbio.
<b>Categoría 2</b> <i>Efecto restablecible</i>	La falla no desaparece al quitar el disturbio, pero el personal médico puede restablecer su funcionamiento.
<b>Categoría 3</b> <i>Efecto irreversible</i>	El equipo requiere de una intervención técnica para restablecer su funcionamiento.

<b>Categoría 4</b> <i>Efecto falla</i>	El equipo requiere reparación para restablecer su funcionamiento
<b>Categoría 5</b> <i>Efecto de enmascaramiento</i>	El equipo presenta resultados dentro de los valores y parámetros esperados por el personal médico pero estos son erróneos. Esta categoría la determinan los investigadores con la ayuda de médicos y personal clínico especializado, Cabral et al (2008).
<b>Categoría 6</b> <i>Su función</i>	Finalmente se presentan los resultados de las mediciones de los campos emitidos por las fuentes probadas, operando en las condiciones de llamada y conversación durante 6 minutos; se muestran para visualizar las relaciones entre la aparición de interferencias y las distancias de la fuente.

Tabla 2. Categoría de los riesgos potenciales (C. B., & Mühlen)

Al exponer el equipo médico a campos electromagnéticos producidos por dispositivos de comunicación inalámbrica, se deben observar las alteraciones funcionales.

Estas alteraciones funcionales pueden producir fallas de gravedad (despliegue de falsas alarmas, diagnósticos incorrectos), como al equipo médico expuesto a estos campos (daños en sus componentes electrónicos).

Para determinar la gravedad de estas fallas, se tienen en cuenta las recomendaciones de la Food and Drug Administration (FDA), donde establecen tres niveles de riesgo para el paciente; Nivel I: consecuencias adversas serias para la salud o muerte del paciente; Nivel II: consecuencias adversas temporales para la salud o clínicamente reversibles y Nivel III: sin consecuencias adversas.

El estudio bibliográfico realizado demuestra claramente un elevado número de publicaciones en los últimos años referente a sistemas de telemedicina o monitorización, evaluaciones de efectividad, evaluaciones económicas, etc. tanto para sistemas cableados como inalámbricos. No hay duda que es un tema emergente debido al gran avance en las

nuevas tecnologías de comunicaciones. Sin embargo, a pesar de la gran variedad de estudios encontrados, existe una carencia de publicaciones que hayan realizado un estudio de las posibles interferencias del sistema de telemedicina con las tecnologías inalámbricas actualmente instaladas en los domicilios (routers inalámbricos, dispositivos PDA, bluetooth, microondas, etc.).

Es por ello que se recomienda, realizar un protocolo de medidas para evaluar los posibles riesgos de interferencias de estos dispositivos en entornos domésticos (hospitalarios). Hay que mencionar la guía propuesta por el U.S. Food and Drug Administration, con el nombre "*Radio-Frequency Wireless Technology in Medical Devices*". En este artículo se intenta ayudar a la industria, proveedores de sistemas o consultores en el diseño, desarrollo y evaluación de la tecnología inalámbrica de radiofrecuencia en dispositivos médicos.

Referencia de estándares de Estados Unidos y también internacionales se discute aspectos de la regulación de calidad de sistemas. La guía es muy completa a nivel teórico, y explica todos los aspectos que se deben tener en cuenta. Sin embargo, tampoco aquí establecen un protocolo de medidas concretas para cada tipo de dispositivo.

Esto pone de manifiesto la falta de estudios y recomendaciones concretas a seguir en la implantación de sistemas de biomonitorización domiciliaria en que se utilicen redes inalámbricas, cuando es posible que coexistan otras comunicaciones en el mismo entorno.

La existencia de compatibilidad entre productos de generaciones tecnológicas diferentes, de distintos años, ofrece riesgos a los pacientes y es esencial que si es así, se establezcan programas orientados a los usuarios de los teléfonos celulares sobre el riesgo potencial que poseen en producir interferencia en los equipos electromédicos.

#### **4. Discusión**

Sólo se han encontrado pocos estudios de caracterización de entornos electromagnéticos, normas y procedimientos, en

nuestro medio. La escasez de estudios respecto a este tema es evidente, ya que los estudios incluidos que se han encontrado revisando libros de congresos, no se pudo encontrar nada en bases de datos electrónicas ni revistas. Las conclusiones obtenidas en dichas publicaciones son relevantes, ya que se pone de manifiesto la posibilidad de que la instrumentación médica pueda tener interferencias en entornos domésticos.

No siempre los campos medidos en los domicilios están por debajo del estándar ICNIRP, ni por debajo de la sensibilidad de ciertos equipos, sistemas o sensores utilizados en electromedicina.

Dentro de los estudios consultados sobre interferencias en instrumentación médica hay una gran variedad de resultados obtenidos. Sin embargo, se puede observar cómo en la realidad existen interferencias que han sido documentadas, que en la mayoría de los casos no son críticas, pero existen las evidencias de casos donde la vida del paciente podría correr peligro.

Por tanto, algunas de las interferencias tendrán efectos negativos en los datos recopilados.

## **5. Conclusiones**

La principal contribución de este trabajo, es evaluar la prevalencia de interferencia; y la posibilidad de un riesgo clínico, como resultado de la exposición de equipos electromédicos por radiointerferencias de teléfonos celulares, a cortas distancias entre si durante su funcionamiento.

A partir de los resultados que se obtengan será posible constatar y transferir los defectos posibles que producen los sistemas de comunicación inalámbrica (teléfonos celulares) en los equipos electromédicos de prueba y que presenten degradación en su funcionamiento. En tal situación, los pacientes pueden someterse con este equipamiento afectado, a una condición de riesgo.



La presencia de un teléfono móvil en un entorno, quizás no determina la aparición de interferencia en los equipos electromédicos, pero es posible que aumente la probabilidad de su ocurrencia, muy cercanos a ellos.

La existencia de este riesgo comprobado en algunos equipos, sería un fuerte estímulo para que otros trabajos sean realizados, buscando reproducir con más fidelidad las condiciones en un ambiente hospitalario.

Además, existen condiciones específicas donde la exposición sería más crítica, como es el caso de pacientes portadores de marcapasos o equipos en ambulancias, unidades móviles y terrestres, así como los servicios de cuidados en el hogar, lo que son buenos candidatos al estudio profundo de las radiointerferencias.

Es necesario resaltar que el diseño e implementación de este protocolo para evaluar las radiointerferencias en equipos electo médicos, es un aporte importante al Instituto Regional de Bioingeniería IRB, en lo referente a la producción y certificación de equipos electromédicos, dado que no existe en Mendoza otro Laboratorio que esté realizando este tipo de ensayos.

## Referencias

- Altamura, G., Toscano, S., Gentilucci, G., Ammirati, F., Castro, A., Pandozi, C. y Satini, M. (1997). Influencia de los teléfonos móviles digitales y analógicos en los marcapasos implantados. *European Heart Journal*, 18 (10), 1632-1641.
- Cabral, S. C. B., & Mühlen, S. S. (2005). Interferência eletromagnética no ambiente hospitalar. *Revista MultiCiencia*, 5,44-49.
- Calvo, P. C., Escobar, A., & Pinedo, C. (2008). Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (46), 90-100.
- Silberberg, J. L. (1993). Performance degradation of electronic medical devices due to electromagnetic interference. *Compliance Engineering*, 10, 25-39.

\* \* \*



## 9

### Estrategias para impulsar la producción científica universitaria

*Guillermo Cuadrado*

**Resumen:** Las universidades tienen exigencias institucionales de calidad impuestas por los organismos de acreditación universitaria. Estos últimos evalúan la adecuación de las carreras universitarias a los estándares internacionales, que entre otros requisitos exigen investigar y presentar una producción que la justifique. El propósito de este trabajo fue proponer conceptos orientadores para elaborar estrategias que promuevan investigaciones y publicaciones en Facultades, en particular aquellas muy orientadas a la salida profesional. El método utilizado para investigar consistió en el analizar ciertos aspectos relacionados a la producción de textos. Se encontró que las finalidades que tienen los géneros científicos pueden sugerir actividades que promueven la investigación. Este aspecto posibilitaría articular un ciclo virtuoso en una facultad que aspira a integrar la investigación de manera vigorosa en los currículos de las carreras, involucrando a docentes y alumnos.

**Palabras claves:** <géneros textuales científicos>; monografía; <artículo científico>; ponencia; tesis

En la actualidad, las universidades argentinas, públicas o privadas, tienen exigencias de calidad institucional impuestas por el organismo nacional de acreditación universitaria (CONEAU), que evalúa las carreras universitarias y determina si se adecuan o no a los estándares internacionales recomendados para ciertas profesiones. Uno de los requisitos exigidos es que en las carreras profesionales, docentes, egresados y alumnos investiguen y exhiban una producción acorde con esa actividad.

Con referencia a esos aspectos se presentan dos situaciones. Por una parte, están las casas de altos estudios con una larga tradición de investigar y publicar, que pasan holgadamente las

evaluaciones de acreditación referidas a ese asunto. Por otra, hay instituciones que únicamente orientaron los esfuerzos a la profesión, sin considerar la investigación entre sus actividades. Se trata de facultades que se ven obligadas a introducir estrategias que permitan desarrollar habilidades investigativas, para obtener ciertos resultados en tiempos razonables. En ese sentido, con frecuencia se emplea la táctica de ofrecer incentivos económicos para que docentes y alumnos investiguen y presenten algún tipo de producción que respalde lo realizado.

Ahora bien, estimular para que se investigue es una condición necesaria, pero no suficiente, ya que las personas deben conocer el proceso de investigación y además, ser capaces de redactar textos científicos, como artículos científicos, ponencias en congresos y tesis de grado o de posgrado. En efecto, Argentina, a través de sus universidades, impulsó el “Programa de Incentivos” para promover docentes-investigadores y también carreras de Posgrado, sin embargo, la respuesta no fue la que esperaban sus promotores.

Para ilustrar lo señalado, en las carreras de posgrado, las *Estadísticas Universitarias 2016 – 2017* (DIU, 2017) muestran que menos del 10 % del alumnado obtiene el título, ya que de un total de 160.672 sólo egresaron 16.569. Además, en los últimos 20 años, este tema se ha tratado en numerosos congresos y jornadas. En ese sentido, sobre los estudiantes de posgrado se ha señalado, de manera recurrente, que la mayoría de ellos conciben la actividad profesional como una disyuntiva con la práctica académica y además, muchos de ellos tienen dificultades con la escritura académica.

Con relación a este último punto, todos los programas de posgrado incluyen al menos un curso de Metodología de la Investigación. Este hecho parece indicar que la formación teórica no alcanza para impulsar a los estudiantes a redactar textos científicos. Una razón es que para lograr ese objetivo se requiere formar ciertos hábitos de escritura. Este hecho, explicaría la diferencia de resultados en las acreditaciones,

entre casas de estudio con tradición de investigar y publicar y aquellas que enfatizaron el perfil profesional.

Por ese motivo, resulta oportuno plantear: ¿Cómo enfrenta un proceso de acreditación, una carrera que en el pasado sólo enfatizó la formación profesional? ¿Cómo se introducen los hábitos de investigar y publicar entre los agentes de esas carreras? Cabe aclarar, que este trabajo sólo pretende introducir ciertas nociones que permiten orientar la búsqueda de respuestas a los interrogantes planteados, dado que las respuestas específicas a las mismas requieren considerar las circunstancias particulares de cada caso.

Hecha la observación anterior, el problema es: ¿Cuáles son esos conceptos orientadores, para que los docentes y directivos de una carrera elaboren una estrategia exitosa, que les permita presentar investigaciones y publicaciones en un proceso de acreditación?

Para elaborar un plan de acreditación, parece pertinente considerar: a) las relaciones entre agentes, ideas y textos, b) fuentes de información que fomentan ideas, c) modos de expresar ideas para que se transformen en textos, y d) tipos de textos científicos que existen y cuáles son las funciones que cumplen.

En ese sentido los objetivos de este trabajo son: 1) presentar en forma sintética una teoría que relaciona ideas con textos; 2) caracterizar fuentes de información; 3) identificar los géneros textuales científicos de mayor relevancia, para una carrera que debe acreditar.

En función de los objetivos propuestos, este trabajo presenta la teoría de los tres mundos del conocimiento de Karl Popper, que permite comprender algunas relaciones que se dan entre aquellos que investigan y los objetos que contienen la información que necesitan. Además, se presentan las fuentes de información, primarias, secundarias y terciarias. Luego se describen los géneros o tipos textuales de las publicaciones académico-científicas, distinguiendo: los orientados a la comunicación académica, los que son de control de

resultados de investigación, los que permiten controlar y validar investigaciones, y los que únicamente se usan para el estudio disciplinar.

El método utilizado para la obtener la información de este trabajo, consistió en el análisis lógico y epistemológico de la bibliografía pertinente sobre los temas señalados.

### **1. Teoría de los tres mundos del conocimiento**

De acuerdo con Karl Popper (1974, 76-77, 107-108) el mundo del conocimiento puede clasificarse en tres categorías: *mundo 1*, de los objetos físicos; *mundo 2*, de las disposiciones, expectativas y procesos mentales, y *mundo 3*, de los contenidos objetivos del pensamiento científico, artístico o de otra índole, que se encuentra en libros, bibliotecas, museos, computadoras y repositorios digitales. Este último, es autónomo y en él existen relaciones lógicas implícitas. Cuando alguien las encuentra hace un descubrimiento teórico, de la misma manera que en el mundo 1 se hacen los descubrimientos empíricos, como encontrar nuevas especies de plantas o animales, o las aplicaciones de un mineral, por ejemplo.

El mundo 3, se inicia en el lenguaje humano y consiste en problemas, teorías y argumentos. Estos últimos, son independientes de los sujetos que los piensan, por eso también se lo denomina 'mundo del conocimiento objetivo sin sujeto cognoscente' y está potencialmente disponible para quién desee explorarlo y conocerlo. Actualmente, este hecho está potenciado por el advenimiento de Internet, que ha logrado representar casi todo el mundo 3 en archivos y documentos de diversas índoles. Este hecho permite resolver problemas y efectuar descubrimientos, dado que facilita el acceso a la ciencia y la tecnología más fácilmente.

En cambio, el conocimiento subjetivo es inherente al mundo 2 y depende de los contenidos del mundo 3, ya que estos influyen sobre las disposiciones para actuar o sobre el interés que tienen los sujetos por el conocimiento. Es evidente entonces, que los lenguajes escritos y descriptivos

contribuyen al surgimiento del mundo 3, donde están los problemas y las críticas racionales, y donde los argumentos juegan un rol preponderante.

Según se ha visto, el conocimiento subjetivo de un investigador, propio del mundo 2, depende de los contenidos del mundo 3. Este hecho determina que ambos mundos estén en una relación recursiva sostenida por el lenguaje, que se usa tanto para pensar, como para expresar esos pensamientos, ambas acciones reguladas por las ideas de verdad y de verosimilitud.

Por cierto, el aspecto subjetivo del conocimiento requiere de capacidad, dedicación y predisposición del investigador para resolver problemas y realizar descubrimientos científicos o tecnológicos. Además, para que esas actividades se transformen en inter-subjetivas, deben plasmarse en el mundo 3, a través de la producción de artefactos o de textos científicos. Estos últimos, contiene afirmaciones con consecuencias cognitivas en el ámbito profesional correspondiente. Significa entonces, que son los individuos los que crean conocimiento, sin excluir otras posibilidades.

## **2. Fuentes de información**

Todo trabajo de investigación tiene ciertas necesidades de conocimiento, que se pueden satisfacer consultando los documentos adecuados. Sin embargo, para seleccionarlos adecuadamente, es conveniente saber ubicarlos convenientemente. En general, todos los documentos se denominan 'fuentes de información' o 'fuentes documentales' y es posible caracterizar tres tipos: a) *fuentes primarias*, las que contienen información en su forma original; b) *fuentes secundarias*, las que valoran o analizan una fuente primaria; y c) *fuentes terciarias*, las que seleccionan y catalogan fuentes primarias y secundarias. Cabe agregar, que las designaciones de fuente primaria, secundaria o terciaria no son categóricas, en particular, las disciplina científicas difieren de las humanísticas (Eco: 1982, 75-78).

## **2.1. Fuentes primarias**

Las fuentes primarias son documentos que contienen información original, detallada y escrita en un lenguaje apropiado, como: libros; artículos de revistas; tesis doctorales o de maestría; actas de congresos, reuniones, conferencias; informes técnicos; censos de población; discursos; documentos originales, como certificados de nacimiento, defunción o matrimonio; transcripciones de audio solicitadas en juicios o pruebas periciales, entre otros de una larga lista. En síntesis, son aquellos documentos con material de primera mano referidos a un fenómeno, a una porción de realidad investigada, o la organización de un sistema de ideas para interpretar algún aspecto de la realidad.

## **2. 2. Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias son documentos que describen, interpretan, analizan y evalúan, comentan y discuten la evidencia aportada por los contenidos informativos de las fuentes primarias originales. Por ejemplo, una nota de un diario que informa sobre un hecho es una fuente primaria, en cambio los artículos que analizan, interpretan o explican ese hecho son fuentes secundarias. Estas últimas son trabajos con el beneficio de la retrospectiva, ya que se escriben después del acontecimiento o de la información a la que se refieren.

Los siguientes documentos son algunos ejemplos de fuentes secundarias: trabajos biográficos, grupos de comentarios, crónicas, informes, revisiones de artículos científicos, revisiones literarias, tratados, trabajos de crítica e interpretación. Cabe agregar que existen publicaciones ambiguas, en el sentido de que pueden considerarse secundarias o primarias, de acuerdo con el punto de vista del usuario de la información, como es el caso de las disertaciones, tesis, artículos científicos, revistas de divulgación y periódicos. De manera similar, están las que pueden ser secundarias o terciarias, como bibliografías, diccionarios y enciclopedias, manuales y compilaciones de datos, herramientas de indexación y abstracción utilizadas



para localizar fuentes de información, libros de texto y manuales.

### **2. 3. Fuentes terciarias**

Una **fente terciaria** es una selección y recopilación de fuentes primarias o secundarias, eso depende de si el material que organiza se refiere a hechos o fenómenos, o a comentarios, análisis, críticas o interpretaciones de estos últimos. La importancia de la distinción entre los tipos de fuentes depende mucho de la cada disciplina, por ejemplo, distinguir entre una fuente primaria y otra secundaria es fundamental en historiografía, mientras que la distinción entre esas fuentes las fuentes terciarias tienen menos relevancia. Son ejemplos típicos de fuentes terciarias las bibliografías, catálogos de biblioteca, directorios, listas de lecturas y artículos sobre encuestas (Eco: 1982, 79-83).

### **3. Géneros de las publicaciones académico-científicas**

Los textos académico-científicos pueden agruparse en géneros, que tienen una estructura cuyo significado está preestablecido por la comunidad académico-científica. En tal sentido, es posible distinguir varios tipos de textos: a) *de comunicación académica*: artículo científico, resumen o *abstract*, ponencia, póster, reseña y conferencia; b) *de control de resultados de investigación*: monografía, tesina y tesis; c) *de control y validación de investigaciones*: proyectos e informes de investigación; y d) *de estudio disciplinar*: manuales universitarios, guías de estudio y documentos de trabajo, pero que no se tratan en este trabajo (Cubo de Severino *et al.*: 2007: 16).

Los contenidos de los textos indicados son organizados por su autor de acuerdo con el propósito comunicativo que pretende establecer con los destinatarios de su contribución. En general, los textos científicos buscan informar alguna novedad que representa un aporte para determinado ámbito disciplinar. Sin embargo, algunos de esos textos tienen finalidades adicionales de evaluación, como certificar méritos para la obtención de un título, conseguir dinero para un

proyecto de investigación, justificar una línea de investigación, o facilitar la formación de profesionales, por indicar las más relevantes (Moyano: 2016).

Cabe agregar, que la comunidad académica establece ciertas instancias institucionales para informar las contribuciones disciplinares en forma oral o escrita. De las primeras, son ejemplos: las ponencias en congresos, los debates, las conferencias o las clases magistrales, aunque la mayoría de ellos tienen algún bosquejo escrito. Mientras que de las comunicaciones escritas se pueden mencionar los textos de comunicación académica, los de control de resultados, los de control y validación de investigaciones y los de estudio disciplinar, antes señalados.

Todas las comunicaciones tienen una estructura común general que contiene: introducción, desarrollo y conclusiones. En la introducción se presenta cuál es el tema por tratar; porqué es importante; qué se va a demostrar, lo que puede ser una hipótesis o la solución a un problema; y a continuación se indican los pasos a seguir para efectuar esa demostración. Luego viene el desarrollo, que consiste en redactar los pasos enunciados. La parte final son las conclusiones que resumen los principales puntos tratados y destacan los hallazgos obtenidos.

Cabe agregar, que cada tipo textual introduce subdivisiones que aumentan la complejidad de la estructura presentada. Se hace con el objeto de ofrecer un repertorio de recursos expresivos que favorecen encontrar ciertas informaciones. Estos últimos han sido pautados previamente por la comunidad académico-científica, para que los autores preparen su contribución de acuerdo con el propósito comunicativo y el contexto donde ésta se presenta.

### **3 1. Comunicaciones orales**

Existen muchos tipos de comunicaciones orales, pero las que responden al propósito de este trabajo son: ponencia, conferencia y debate.

**3.1.1. Ponencia:** Las reuniones científicas, como congresos, jornadas, simposios entre otras, se organizan en base a ponencias. Estas últimas son las presentaciones orales que hacen los participantes sobre un tema determinado por los objetivos de la convocatoria a la reunión. Cada ponencia es una propuesta a modo de tesis sobre un tema concreto, para que los asistentes a la reunión la consideren. La misma suele tener dos expresiones textuales: una oral, que se apoya en un presentador de diapositivas, con duración aproximada de unos 20 minutos; y la otra es escrita y se suele publicar en las actas de la reunión.

En cuanto la presentación de la ponencia con presentadores, es recomendable que ésta haga referencia a los siguientes ítems: a) el nombre del evento y de la institución donde se realiza; b) el título del trabajo, los nombres y afiliaciones académicas del autor (o los autores) del trabajo; c) el área temática y la línea de Investigación (pueden omitirse si quedan implícitas en la presentación); d) los objetivos de la exposición y la metodología elegida (esta última puede omitirse si queda implícita en la presentación); e) la tesis o afirmación que orientó el trabajo (puede omitirse si queda implícita en la presentación); f) el índice o contenido temático de la presentación; g) el desarrollo del tema; h) discusión y conclusiones; i) agradecimientos (en forma oral: al público por su atención; a las personas que colaboraron (opcional); a las instituciones que colaboraron económicamente (opcional)).

Por cierto, los organizadores de la reunión científica establecen un comité de revisión o comité científico, que determina la pertinencia y la calidad de las contribuciones propuestas para exponer en la reunión y que luego se publicarán en las actas. Es oportuno agregar, que la presentación de las ponencias suele tener un paso previo, el envío de un resumen sujeto a la aprobación del comité. Los trabajos aceptados se publican bajo el título de 'Resúmenes' y se entregan al inicio del evento, para que los asistentes sepan de qué trata cada ponencia; mientras que el texto escrito del trabajo, como ya se indicó, generalmente se publica en Actas,

un tiempo después de realizada la reunión (Dúo de Brottier: 2007, 113-114; Moyano: 2016).

**3.1.2. Conferencia:** La conferencia es un tipo de comunicación destinada a informar a la comunidad científica sobre alguna novedad o especulaciones sobre un tema o nuevas teorías. Además, tiene un tiempo de exposición mayor que el de una ponencia. El conferencista, por lo general es académicamente bastante calificado y expone una disertación, previamente preparada, ante el público convocado. Sin embargo, puede efectuar algunos cambios sobre la marcha, haciendo comentarios al margen, modificando subtítulos u omitiendo partes. La expresión oral puede tener una guía de apoyo o una presentación de diapositivas, que llevan el hilo conductor de la exposición. En cambio, el texto escrito de la conferencia se suele publicar en antologías o un actas de la reunión, en forma de capítulo de libro (Müller de Russo: 2007, 189).

**3.1.3. Debate:** La palabra 'debate' procede del verbo debatir (discutir o disputar sobre algo) y hace mención de una controversia, discusión o contienda. La organización de un debate cuenta con un moderador y un público que asiste a las discusiones. En ciertas ocasiones, las reuniones como jornadas o congresos incluyen uno o más debates para plantear problemas que generan algún tipo de controversia. En ese sentido, el denominado 'formato Karl Popper' es una forma clásica de debate, basada en una contienda de dos puntos de vista sobre un tema polémico, uno con argumentos afirmativos y el otro con los negativos. Este formato necesita respaldos y garantías empíricas en todas las argumentaciones. El desarrollo cuenta con un moderador que plantea el tema, hace las preguntas que considera pertinentes y otorga la palabra a los participantes (Moyano: 2016).

## **4. Comunicaciones escritas**

### **4.1. Textos de control de resultados de investigación**

Los textos orientados a controlar los resultados de una investigación son las tesis, doctorales o de maestría o de

licenciatura, y las monografías. Sin duda, la tesis representa el reconocimiento institucional de culminación de estudios superiores de grado o de posgrado. La misma tiene un director, que orienta al tesista en la elaboración del proyecto de tesis y luego, evalúa periódicamente los avances de éste. Cuando la tesis está terminada, el tesista presenta formalmente la misma ante las autoridades universitarias. Éstas designan un tribunal examinador del trabajo y coordinan con él una fecha para la exposición y defensa oral de la tesis.

**4.1.1. Tesis:** Como género de publicación académica, la tesis está orientada a investigar y evaluar los resultados obtenidos. Además, es posible distinguir, por una parte, entre tesis doctoral y tesis de maestría, ambas en el nivel de posgrado y por otra, tesis de licenciatura o tesina y monografía, que se emplean en el grado universitario. La diferencia entre ellas está en la profundidad y la novedad de la investigación (Muñoz Razo: 2011, 5-7; Támara de Spiegel: 2007, 236-237; Ejarque: 2007, 221).

*Tesis doctoral:* es una investigación, en el nivel de posgrado, donde el candidato al título de ‘Doctor’ propone y analiza conocimientos inéditos, demostrando una nueva teoría y fundamentando sus hipótesis con rigor científico.

*Tesis de maestría:* es una investigación, en el nivel de posgrado, donde el candidato al título de ‘Master’ o ‘Magister’ examina, analiza y comprueba o rechaza una teoría o un cuerpo doctrinal, y con el fundamento de esos estudios descubre, propone, rechaza o reafirma algún conocimiento de la disciplina estudiada.

*Tesis o tesina de licenciatura:* es una investigación donde el candidato al título de grado de ‘Licenciado’, explora algún tema, teoría o conocimiento congruente con sus estudios específicos o en áreas afines. Son trabajos que tienen el rigor del método de investigación, pero sin proponer nuevos conocimientos y donde la novedad del aporte suele limitarse a situaciones bastante circunscriptas.

**4.1.2. Monografía:** La monografía es un informe sobre documentos referidos a un asunto limitado, que se ha investigado académicamente de acuerdo con el método científico. En la monografía se enfatizan más los aspectos metódicos y sistemáticos, que la novedad y la originalidad. Se utiliza tanto en la escuela media, como en la universidad. En este género, lo que se evalúa es la capacidad del autor para trabajar científicamente en forma independiente.

Las monografías pueden ser *bibliográficas* o de *indagación*. En las primeras, se consultan autores y se hace una referencia directa a sus ideas y argumentos y se concluye con una síntesis. Mientras que en las segundas, se procura obtener información de las fuentes documentales, para resolver un problema referido a una temática específica.

La importancia de la monografía está en que promueve la investigación por la aplicación de su metodología, desarrollando la habilidad para investigar, realizar descubrimientos intelectuales y expresarlos en un texto. Se trata de competencias necesarias para que un profesional se desarrolle integralmente.

## **4.2. Textos de comunicación académica**

Los textos de comunicación académica son textos que tienen el propósito de comunicar algún tipo de novedad a la comunidad académico-científica de un ámbito determinado. Los géneros que aquí se presentan son: el artículo científico, el resumen o *abstract* y el póster.

**4.2.1. Artículo científico:** El artículo de investigación tiene el propósito de informar los resultados de una investigación a la comunidad de profesionales de un determinado ámbito, por medio de una revista especializada. El mismo debe contener información suficiente para que otros colegas puedan: i) evaluar las observaciones, ii) repetir los experimentos, y iii) evaluar los procesos intelectuales. Además, debe ser accesible sin restricciones (Day: 2005, 9). Se trata de un género discursivo cuyos enunciados se caracterizan por ser objetivos, imparciales, claros, precisos y concisos.

Un artículo científico consta de seis secciones principales: 1) el *resumen* (*abstract*) que sintetiza el contenido del artículo; 2) la *introducción* que explica el alcance y propósito del trabajo a la luz de los conocimientos actuales; 3) los *materiales y métodos* que explican cómo se hizo la investigación; 4) los *resultados* informan lo que se encontró en el estudio, por ejemplo los datos experimentales obtenidos o las deducciones novedosas del estudio; 5) la *discusión* que explica el significado de esos resultados, los compara con el conocimiento previo del tema y sugiere posibles direcciones futuras de la investigación; 6) las *conclusiones* que reseñan la discusión, presentan la contribución del trabajo e indican posibles implicaciones; y 7) las *referencias* que indican los libros y artículos citados en el texto.

La mayoría de los artículos científicos siguen la siguiente secuencia de contenidos: *introducción, materiales y métodos, resultados y discusión*, conocida como formato IMRAD (acrónimo de *Introduction, Methods, Results And Discussion*). El término enfatiza un patrón antes que una lista completa de los componentes del trabajo, debido a que no menciona título, autores, palabras clave, resumen, conclusiones y referencias y eventualmente, agradecimientos y apéndices.

Las pautas normalmente recomendadas para la secuencia de partes de un artículo y el contenido de éstas son (Cegarra Sánchez: 2007, 197; Mari Mutt: 2015, 63; Muñoz Razo: 2011, 54; Nair *et al.*: 2014, 18-20; Puiatti: 2005, 38, 39):

- 1) *Título*: describe el contenido del artículo con un máximo de 12 palabras, evitando abreviaturas, fórmulas, jerga, verbos y palabras de bajo impacto.
- 2) *Autores*: son las personas que realizaron la investigación, enumerados por la importancia de su contribución, incluyendo sus correos electrónicos y la institución a donde pertenecen.
- 3) *Resumen*: es un mini-artículo, redactado en tiempo pasado, escrito en un solo párrafo con 150 a 250 palabras, que sólo incluye la información presentada en el artículo. El mismo se trata más adelante con más detalle.

- 4) *Palabras clave*: son más de 2 y menos de 6 expresiones, que facilitan indexar el trabajo por los servicios de abstracción. Hay que evitar las palabras comunes, usando únicamente vocabulario específico del tema y sin repetir las palabras del título.
- 5) *Introducción*: informa sobre importancia del tema, el conocimiento actual del mismo y propósito del trabajo, y no debe superar las 500 palabras. La estructura de la introducción contiene: i) la determinación del tema a tratar; ii) el establecimiento del nicho; y iii) la ocupación del nicho que plantea cómo obtener el descubrimiento, estableciendo los objetivos de la investigación e indicando la estructura que tiene el artículo.
- 6) *Materiales y Métodos (Marco Teórico)*: detalla cómo se realizó el estudio, incluyendo su enfoque y su diseño, describiendo los objetos y procesos utilizados. Se parte de la literatura existente y a partir de ella se intenta hacer una contribución, planteando cómo se obtiene el descubrimiento.
- 7) *Resultados*: presenta la investigación completa, precisa y sin sesgos de lo obtenido por experimentación, observación, medición, análisis estadístico o documental. Se sintetizan en tablas y figuras. Aquí es donde está el descubrimiento o la novedad de la investigación.
- 8) *Discusión*: explica los resultados con leyes o teorías, se cotejan con los obtenidos por otros investigadores, que se critican emitiendo opiniones fundadas concordantes o discrepantes con las de ellos. La discusión debe ajustarse a los objetivos declarados en la introducción y explicar la novedad descubierta.
- 9) *Conclusiones*: resumen la discusión de resultados y presenta la contribución del autor que responde al problema, los objetivos y las hipótesis.
- 10) *Agradecimientos*: son opcionales y se usan para agradecer a las instituciones que suministraron los fondos para investigar o que asistieron con materiales o información.



11) *Referencias*: indican la finalización del texto y sólo contienen las que fueron citadas en el texto. Además, al igual que las citas debe responder a una norma como APA, MLA, ISO 690/2, entre otras.

Según la American Psychological Association (APA, 2010) existen varios tipos de artículos:

- a) Los referidos a estudios empíricos que presentan resultados originales de investigaciones terminadas y son fuentes primarias de información.
- b) Las reseñas que evalúan críticamente una obra o un acontecimiento o contribuyen a clarificar un problema. En su elaboración se sintetizan los estudios previos, para informar sobre el estado de la situación actual del problema, se identifican relaciones, contradicciones, diferencias e inconsistencias en la literatura y sugiere un punto de vista para resolver del problema planteado.
- c) Los teóricos que analizan una teoría que ya existe o la amplían o presentan una nueva.
- d) Los metodológicos que presentan modificaciones de un método existente o presentan uno nuevo.
- e) Los de estudios de casos que describen una situación particular como la de un individuo, un grupo, una comunidad, una organización o la manifestación de un fenómeno. Tienen el propósito de comunicar experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico, para mostrar un problema, resolverlo o precisar los elementos teóricos que lo caracterizan. Generalmente incluye una revisión de la literatura sobre casos similares.
- f) Los artículos cortos, que son breves y presentan resultados originales preliminares o parciales de una investigación que requiere de una difusión rápida.

En todos los casos, los autores deben preparar el trabajo siguiendo las pautas que fija la revista donde se intenta publicar, ya que cada una de ellas tiene su propio estilo. A veces, de acuerdo con el ámbito de conocimiento, en lugar de 'materiales y métodos' suele ir 'teoría' o 'marco teórico'. Otras modificaciones pueden incluir la combinación de 'resultados' y

'discusión' en una sección que incluye 'conclusiones' como la última parte de la 'discusión' (Mari Mutt, 2015; Nair *et al.*: 2014, 13).

**4.2.2. Resumen:** El *resumen* es un mini-artículo que refleja el contenido de un artículo o una ponencia, con el propósito de favorecer la decisión de leer o no el trabajo en su totalidad. Se escribe en un único párrafo, que sólo incluye la información presentada en el artículo, y cuya extensión tiene entre 150 y 250 palabras. Es importante advertir que el resumen no contiene citas, referencias a tablas o figuras, siglas, abreviaturas, acrónimos, declaraciones muy generales, frases complejas, sinuosas o verbosas. El resumen consta de: una referencia a la importancia del tema, un propósito y un alcance del trabajo, la metodología empleada, los resultados más importantes y las principales conclusiones. Cabe agregar, que el resumen que se envía a una reunión científica (jornada, congreso, conferencia) va siempre acompañado de un título que lo identifica, los autores y su filiación, y las palabras claves (Day: 2005, 28-29).

**4.2.3. Póster:** El póster es un organizador gráfico, que en una página ampliada con imágenes visuales, como cuadros, figuras, ilustraciones, fotografías y además, un lenguaje verbal condensado, transmite los resultados de una investigación completa o sus resultados preliminares. Para ello exhibe hipótesis y objetivos, materiales y metodología, resultados obtenidos y conclusiones. Se usa para facilitar la difusión científica y se caracteriza por su brevedad e impacto visual, al permitir la lectura e interpretación del contenido en un corto tiempo (Vega: 2005, 153).

### **4.3. Textos de control y validación de investigaciones**

**4.3.1. Proyecto de investigación:** El proyecto de investigación se origina en una idea que se decide explorar. Pero cuando ese proceso se realiza dentro de un ámbito institucional, como una universidad, un organismo de investigación o una empresa, el proyecto se debe exponer

adecuándolo a los requisitos legales y reglamentarios pertinentes (Domínguez Granda: 2015, 39-44).

La redacción del proyecto de investigación se concreta inicialmente con:

- a) El título de la investigación, que contenga 30 palabras como máximo.
- b) El estado actual de conocimientos sobre el tema, indicando cuál es el problema a investigar y qué dicen otros del mismo. A continuación se indica la bibliografía pertinente que se usará.
- c) La formulación y fundamentación del problema a investigar.
- d) La hipótesis de trabajo, que es una afirmación provisoria que orienta el proyecto de investigación.
- e) Los objetivos, el general y los específicos, que expresan el propósito de la investigación y delimitan el alcance de la misma.
- f) La metodología que indica los procedimientos usados para alcanzar los objetivos.
- g) El equipamiento necesario para el proyecto, indicando si está disponible en la Unidad Académica o se solicita para el proyecto.
- h) El cronograma anual de actividades y tareas a realizar.
- i) Los resultados esperados, que pueden ser artículos en revistas de la especialidad, ponencias en reuniones científicas, capítulos de libro, libros, propuesta de cursos o actividades de capacitación o de difusión que se ofrecen a la comunidad.
- j) La contribución de los resultados del proyecto, indicando los aportes al avance científico o tecnológico, a la formación de recursos humanos y al desarrollo socio económico.
- k) La contribución a la formación de recursos humanos consiste en indicar si entre los integrantes hay investigadores en formación, alumnos de posgrado,

becarios de grado o de posgrado, graduados o alumnos de grado.

**4.3.2. Informe de investigación:** El informe de investigación tiene el propósito de acreditar el cumplimiento de la ejecución de un proyecto ante las autoridades que lo financian, también se usa para justificar una temática en estudio. Además, los organismos que otorgan los subsidios de investigación suelen tener cuenta el cumplimiento de este requisito para otorgar fondos para un nuevo proyecto.

Cuando los proyectos de investigación son plurianuales hay dos tipos de informes de investigación, los de 'grado de avance' y los 'finales'. Los primeros indagan lo realizado en un periodo determinado para conocer el grado de cumplimiento alcanzado en los objetivos generales y específicos, si se realizaron modificaciones al plan de trabajo, las actividades desarrolladas y los resultados parciales obtenidos. En cambio, el informe final agrupa los informes parciales en uno solo y presenta todos los resultados del proyecto, como la participación en reuniones científicas, las publicaciones, los cursos, las patentes obtenidas o el desarrollo de artefactos o prototipos que contribuyen al avance científico o tecnológico, las actividades de formación de recursos humanos y los aportes al desarrollo socio económico de la región.

### **Resultados del trabajo**

De la labor realizada, se extrajeron los siguientes resultados. En primer lugar, la finalidad que tienen las fuentes de información y los géneros académico-científicos sugiere qué actividades conviene introducir para ofrecer resultados que provienen de procesos de investigación. En segundo lugar, los textos de comunicación académica insinúan organizar jornadas, simposios, conferencias, participar en revistas, incluso organizar revistas escuela, para iniciar en la escritura científica a docentes, egresados y alumnos.

En tercer lugar, los textos de control y validación de investigaciones implican establecer estrategias para formar equipos de investigación estables o promover investigaciones

de cátedra, alentando la participación de docentes, egresados y alumnos. En cuarto lugar, los textos de control de resultados de investigación plantean introducir criterios que permitan materializar estudios de posgrado, propios de la facultad o realizando alianzas con otras instituciones para disponer de doctorados y maestrías. En cambio, en el nivel de grado, estos tipos textuales señalan introducir en las cátedras la producción de monografías, porque es el primer escalón en la producción de textos de investigación científica.

### **Discusión y Conclusiones**

De acuerdo con el punto de vista del autor de este trabajo, las actividades propuestas contribuirían a crear un *ethos* en la facultad, haciendo que sus miembros adopten un modo de ser y de actuar que incorpora la investigación. Si se logra esa situación, el *ethos* mencionado formaría una especie de mundo 3 local que modelaría a docentes, egresados y alumnos, por medio de una tradición que se iría consolidando con el tiempo.

Si las fuentes de información y los géneros científicos forman parte del *ethos* de la facultad, la aspiración de producir esos textos incitaría a organizar las actividades descritas en los 'Resultados' de este trabajo, que son la fuente de producción de esos objetos. Para finalizar, se considera que en el corto plazo y como actividades anuales de la facultad, debieran efectuarse jornadas, ciclos de conferencias, todas con la publicación correspondiente, y además, se valúa como muy recomendable incorporar la producción de monografías en las actividades de cátedra. En cambio, en un plazo mayor debieran integrarse, de algún modo, carreras de Posgrado, participar en revistas de la especialidad de cada carrera y organizar revistas escuela para los que se inician.

### **Referencias**

American Psychological Association (APA, 2010). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association*: versión abreviada (3a. Ed.). México, D.F., México: Editorial El Manual Moderno.

- Cegarra Sánchez, José (2007). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Madrid: Díaz De Santos.
- Cubo de Severino, Liliana et al. (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.
- Domínguez Granda, Julio Benjamín (2015). *Manual de Metodología de la Investigación Científica*. 1ra ed. Trujillo, Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
- Dúo de Brottier, Ofelia. "La ponencia y el resumen de ponencia". En Cubo de Severino, Liliana et al. (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.
- Eco, Umberto (1982). *Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*. Buenos Aires: Gedisa.
- Ejarque, Delia. "La monografía". En Cubo de Severino, Liliana et al. (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.
- Mari Mutt, José A. (2015). *Manual de Redacción Científica*. 6 ed. Mayagüez, Departamento de Biología, Universidad de Puerto. (<http://www.caribjsci.org/epub1>, consulta 07/04/2015)
- Moyano, Estela Inés (2016). *Una clasificación de géneros científicos*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Lomas de Zamora. <https://www.researchgate.net/publication/289253864> (consulta, 23/05/2020).
- Müller de Russo, Gisela Elina. "La conferencia académica". En Cubo de Severino, Liliana et al. (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.
- Muñoz Razo, Carlos (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. 2da. ed. México: Pearson Educación.
- Nair, P. K. Ramachandran; Nair Vimala D. (2014). *Scientific Writing and Communication in Agriculture and Natural Resources*. Heidelberg: Springer.
- Popper, Karl (1980 [1934]). *La Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Tecnos.
- \_\_\_\_\_. (1974 [1972]). *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. (*Objective Knowledge* [1972]). Madrid.

Puiatti, Hilda. "El artículo de investigación científica". En Cubo de Severino, Liliana *et al.* (2005). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. 1a. ed. Córdoba: Comünic-arte.

República Argentina, Departamento de Información Universitaria, DIU (2017). Síntesis de Información. Estadísticas Universitarias 2016-2017. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sintesis\\_2016-2017.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sintesis_2016-2017.pdf)

Támola de Spiegel, Diana. "La tesina de licenciatura". En Cubo de Severino, Liliana *et. al.* (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.

Vega, Ana María. "El Póster Científico". En Cubo de Severino, Liliana *et. al.* (2007). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico*. Córdoba: Comunic-arte.

\*\*\*





# 10

## **Identificación de las dimensiones culturales que sostienen la difusión del proceso de mejora continua y el incremento de la productividad en las organizaciones. El caso de Japón y Argentina**

*Esteban Anzoise, Cristina Scaraffia*

**Resumen:** La caída del Factor de Productividad Total a precios nacionales contantes del 19% en el período 1954-2018 en Argentina impactó negativamente en el crecimiento de su Producto Bruto Interno en el mismo periodo. En contraste, en el mismo período, el Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes creció en Japón el 108% impulsado principalmente por una gestión organizacional centrada en la mejora continua. Este estudio piloto analiza el surgimiento del proceso de mejora continua en Japón y los factores culturales presentes que favorecen o se oponen al desarrollo del mismo tanto en Japón como en Argentina. Para ello se analizó el concepto de kaizen desde la perspectiva de autores japoneses y occidentales en el período 1934-2010. Los datos de productividad se extrajeron de bases de datos longitudinales internacionales y nacionales. De igual forma, se utilizó el resultado del estudio multicultural de escala global de Hofstede de 2003, ampliado en 2010, para describir y comparar las dimensiones culturales de Japón y Argentina. Este estudio piloto muestra que el concepto de kaizen va más allá de la traducción en occidente de mejora continua ya que conlleva el sentido del esfuerzo o disciplina que la persona se impone para poder lograr un bien superior o el bien común. Desde este enfoque de kaizen, la implementación de una gestión organizacional orientada a la mejora continua es el factor clave en el incremento de la productividad de las organizaciones japonesas y por ende del incremento del Factor de Productividad Total de Japón. El análisis comparativo, desde la perspectiva cultural de Hofstede, muestra no solo las dimensiones culturales subyacentes que soportan el proceso de mejora continua en el largo plazo sino también la distancia cultural con países occidentales como USA y Gran Bretaña. Sorprendentemente, también muestra la similitud de las dimensiones culturales entre Japón y Argentina, lo que plantea el interrogante sobre las razones por las cuáles existe una baja adopción de las

herramientas y principios de calidad en las organizaciones tanto públicas como privadas en Argentina. A la fecha de publicación hay una ausencia de investigación sobre las dimensiones culturales de Argentina desde la perspectiva de Hofstede y el bajo nivel de difusión de los procesos de mejora continua e incremento de la productividad en las PyMEs. Este estudio contribuye a cerrar dicha brecha en la literatura existente.

**Palabras claves:** <calidad>, <gestión total de la calidad>, <kaizen>, <ciclo PDCA>, <productividad>, <factor de productividad total>, <mejora continua>

## 1. Introducción

La productividad definida en términos económicos como “la eficiencia con que los insumos de producción, como el trabajo y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel dado de producción” (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2021) se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad de las naciones tal como lo expresa Paul Krugman (1997) “la productividad no lo es todo, pero a la larga es casi todo. La capacidad de un país para mejorar su nivel de vida a lo largo del tiempo depende casi por completo de su capacidad para aumentar su producción por hora-hombre” (Krugman, 1997, p. 12).

Diversos estudios longitudinales muestran que el crecimiento de la productividad es importante para el bienestar de un país dado su impacto significativo en los ingresos, la creación de nuevos puestos de trabajo y la disminución del desempleo y en diversas dimensiones no materiales como la salud de las personas (Dieppe, Francis, & Kindberg-Hanlon, 2021; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2003a, 2003b, 2009, 2016, 2017, 2019).

A nivel país, la productividad multinivel o multifactorial, definida como la contribución de la fuerza laboral, el capital y diversos factores como la innovación organizacional y tecnológica, es uno de los principales indicadores (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017, 2021).

A pesar de la ausencia de un marco uniforme de medición entre los diferentes países (Ahmad et al., 2003; Dieppe, Kawamoto, Okawa, Okou, & Temple, 2021), el crecimiento en la productividad multifactorial correlaciona positivamente con el crecimiento económico medido a través del Producto Nacional Bruto (Wölfl & Hajkova, 2017; Yalçinkaya, Hüseyini, & Çelik, 2017) como se muestra en la figura 1 (Global Change Data Lab, 2017a, 2017b, 2017c).

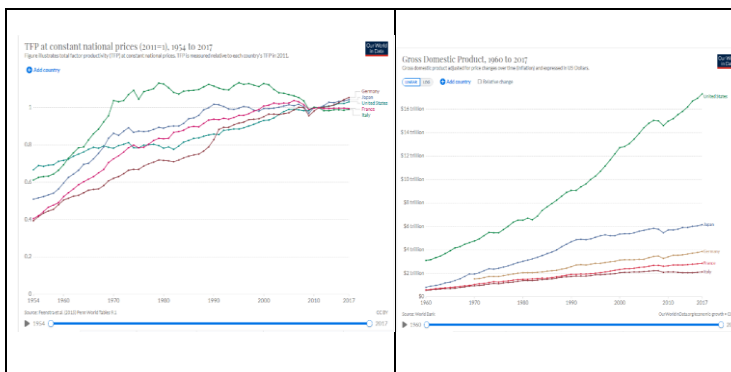


Figura 1: Evolución de Productividad Multifactorial y Producto Bruto Interno en países selectos en el período 1954-2017

Fuente: Reproducido de Global Change Data Lab. (2017c). TFP at constant national prices (2011=1), 1954 to 2017. Retrieved 14/07/2021, from Global Change Data Lab bajo Creative Commons BY license.

El análisis comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes (Índice 2017=1) en el período 1954-2019 muestra que dicho factor decreció el 19% en Argentina mientras que se incrementó el 108% en Japón y el 51% en Estados Unidos en el mismo período (figura 2) (Feenstra, Inklaar, & Timmer, 2015; University of Groningen & University of California at Davis, 2021a, 2021b, 2021d).

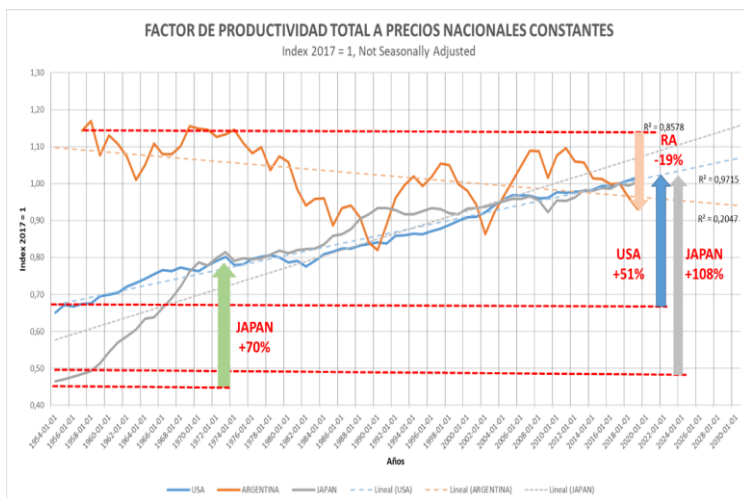


Figura 2: Comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes entre USA, Japón y Argentina en el período 1954 – 2018.

Fuente: A partir de datos provistos por University of Groningen, & University of California at Davis. (2021a). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Argentina (RTFPNAARA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis

Una de los componentes del Factor de Productividad Total es el aporte de la fuerza laboral o productividad laboral a dicho indicador que puede alcanzar al 60% del total (Sharpe, 2002). La productividad laboral se mide en términos económicos como la generación del Producto Bruto Interno de un país por hora de trabajo efectivamente realizada por los operarios. En términos de operaciones, se mide normalmente como el cociente producción – horas hombre trabajadas (1) considerando la calidad (productos conforme a especificaciones) (Koontz, Weihrich, & Cannice, 2012; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017; Stevenson, 2018). En Estados Unidos la productividad laboral se incrementó 250% en el período 1948-2018 (Autor, Mindell, & Reynolds, 2020) y en Argentina se incrementó 110% en el período 1932-2001. El análisis longitudinal comparativo del cambio en la productividad laboral entre Argentina y Estados Unidos para un mismo período 1948-2001 muestra que mientras en Estados Unidos

la productividad laboral se incrementó 175% (figura 3), en Argentina solo se incrementó 52% (figura 4).

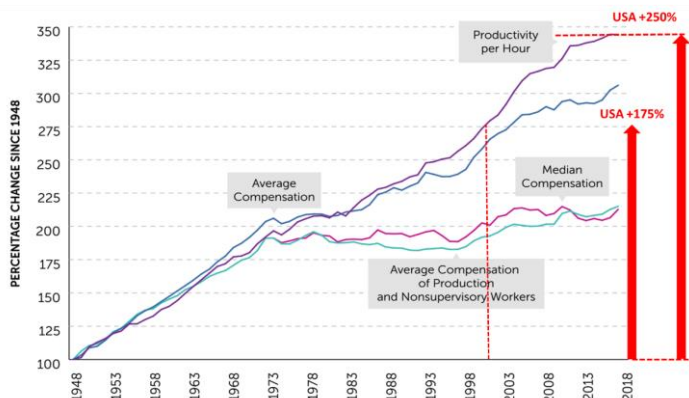


Figura 3: Salarios y productividad laboral en USA para 1948-2018

Fuente: Reproducido de Autor, D., Mindell, D., & Reynolds, E. (2020). The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines. Retrieved from Cambridge, MA <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf>

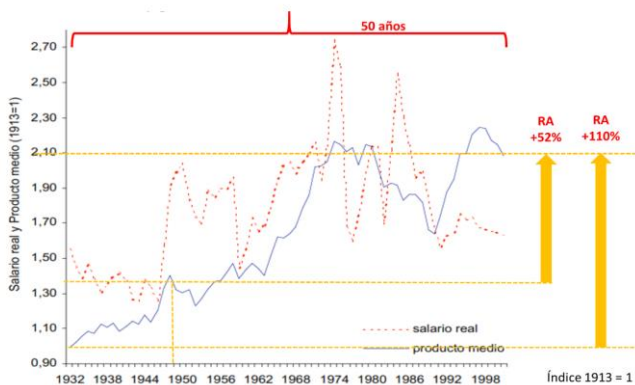


Figura 4: Salarios reales y productividad laboral en Argentina para 1932-2001

Fuente: Reproducido de Boyer, Robert & Neffa, Julio César (2004). La economía argentina y su crisis (1976-2003): Análisis institucionalistas y regulacionistas. Buenos Aires: Miño y Dávila/CEIL-PIETTE del CONICET / Trabajo y Sociedad / Caisse des Dépôts et Consignations de Francia. pp. 175-220

Al año 2019, el relevamiento de las expectativas de las PyMEs en Argentina realizado por PricewaterhouseCoopers muestra que los temas de mayor preocupación incluyen inflación; fuentes de financiamiento y conflictividad laboral. Como respuesta a dichos factores de contexto, las principales acciones reportadas para afrontar los desafíos del año 2019 incluyen el desarrollo de nuevos negocios, el desarrollo de nuevos canales de comercialización y la reducción de costos y análisis del margen de rentabilidad (PwC Argentina, 2019). Similares respuestas en un contexto organizacional darwiniano se hallan en diversos estudios de la realidad empresarial en Argentina en el período 2003 – 2019 lo que muestra la ausencia de procesos de cambio organizacionales que impulsen la supervivencia de las organizaciones (Hodgson, 2013; Nicholson & White, 2006). No surge en dichos relevamientos la mejora de la productividad sin descuidar la calidad (2) o el incremento de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad (3).

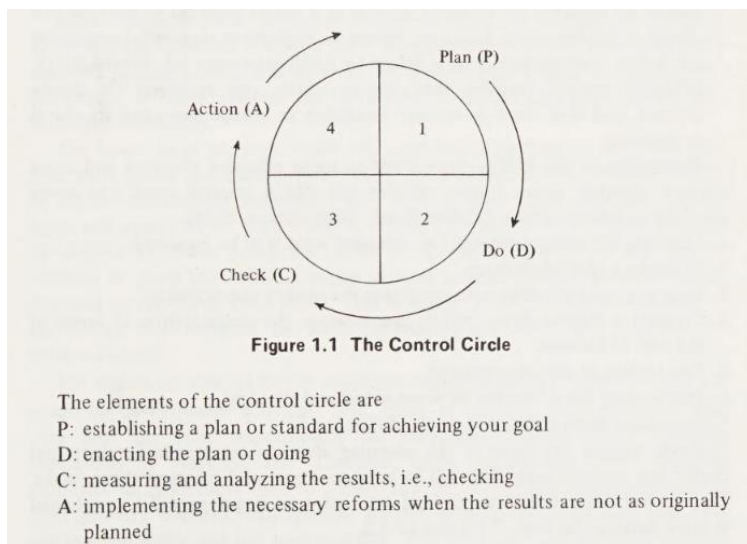
El presente estudio analiza las diferentes versiones del proceso de mejora continua centrado en el ciclo Planear-Hacer-Controlar-Actuar, en el contexto organizacional japonés, como uno de los principales factores que impulsa el crecimiento de la productividad laboral en las organizaciones. De igual forma realiza el análisis cultural comparativo entre Japón y Argentina y la difusión del enfoque de calidad japonés en Argentina.

## **2. El ciclo de mejora continua en el contexto de Kaizen**



En 1961, el Dr. Shigeru Mizuno (1910 – 1989) (Mizuno, 1989) fue el primero en presentar el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) en los cursos de Control de Calidad desarrollados por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JU-SE) (Kolesar, 1994). Mizuno lo denomina el “Círculo de Control” (Mizuno, 1992, p. 9) (figura 5) en su publicación *Companywide Quality Control* y surge de extender las ideas planteadas por Deming para la mejora continua del proceso de diseño y producción a todas las fases

de la gestión organizacional. Como se muestra en la tabla 1, “las cuatro fases o etapas de la rueda fueron vistas como correspondiendo a una acción gerencial específica” (Imai, 1986, p. 60). Mizuno identifica diferentes definiciones de Control, pero coincide con la expresada por Juran cuando lo define como “la totalidad de todas las acciones por las cuales se establece y alcanzan los estándares”. Mizuno considera que cuando uno decide hacer algo lo inicia con un plan, trabaja acorde a dicho plan, y revisa el resultado obtenido. Si el resultado no es lo planeado, revisa los procedimientos de trabajo o el plan dependiendo del tipo de falla identificada. Todas estas acciones se realizan dentro de lo que se denomina Control.



*Figura 5: Diseño cíclico del ciclo de mejora continua PDCA propuesto por Mizuno en 1984*

Fuente: Reproducido de Mizuno, S. (1992). *Company-Wide Total Quality Control* (J. F.-R. Centre, Trans.), p. 9. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization

Durante el proceso de difusión del ciclo PDCA, surge el concepto de Kaizen desde el cual se debe interpretar su aplicación. El término Kaizen usualmente se traduce en occidente como mejora continua (Abe & Fitzgerald, 1995; Boer, 2005;

GALE CENGAGE Learning, 2009; Liker, 2013) aunque diversos autores han expandido dicha definición como se muestra en la tabla 2 (Brunet & New, 2003; Curley, 2009; Macpherson, 2008; Webley & Cartwright, 1996).

*Tabla 1: Correlación entre el ciclo de mejora continua de Deming y el ciclo PDCA*

Etapa o fase en el ciclo de mejora continua de Deming	Etapa o fase en el ciclo PDCA	Actividades a realizar orientadas a la mejora
Diseño	Planear [Plan]	El diseño del producto corresponde a la fase de planeamiento de la función de gestión
Producción	Hacer [Do]	Producción corresponde a hacer – fabricando o trabajando en – el producto que fue diseñado
Ventas	Revisar [Check]	Las cifras de venta confirman si el cliente está satisfecho o no
Investigación	Actuar [Action]	En el caso que se presenten quejas sobre el producto, éstas se deben incorporar a la fase de planeamiento, y se deben realizar pasos positivos (acción) para la siguiente secuencia de esfuerzos de la organización. Acción, en este contexto, se refiere a acciones para la mejora.

Fuente: Adaptado de Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (1st ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company

*Tabla 2: Diferentes definiciones de kaizen en autores occidentales*

PUBLICACIÓN	AUTORES	DEFINICIÓN DE KAIZEN
Japanese economic success: Timing, culture, and organisational capability. <i>Business History</i> , 37(2), 1-31.	Abe, E., & Fitzgerald, R. (1995).	Mejora continua (p. 13)
The implicit psychology of total quality management. <i>Total Quality Management</i> , 7(5), 483-	Webley, P., & Cartwright, J. (1996)	“un término general que cubre una variedad de prácticas, incluida la orientación al cliente, control de calidad total, círculos



PUBLICACIÓN	AUTORES	DEFINICIÓN DE KAIZEN
492.		de calidad, relaciones cooperativas entre trabajadores y dirección y la noción de fabricar productos con cero defectos " (1996, p. 484).
Kaizen in Japan: An empirical study. <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> , 23(12), 1426-1446.	Brunet, A. P., & New, S. (2003)	"Actividades omnipresentes y continuas, fuera del rol contractual explícito de cada contribuyente del sistema, para identificar y lograr los resultados que cree que contribuyen a las metas organizacionales" (2003, p.1427).
Continuous improvement. In C. L. Cooper, N. Slack, & M. Lewis (Eds.), <i>The Blackwell Encyclopedic Dictionary. Operations Management</i> (2nd ed., Vol. 10, pp. 47). Malden, MA Blackwell Publishing.	Boer, H. (2005)	Mejora continua
Continuous improvement. In J. Gough, K. A. Harper, S. D. Hill, & H. M. Selden (Eds.), <i>Encyclopedia of Management</i> (6th ed., pp. 138-141). Detroit: GALE CENGAGE Learning.	GALE CENGAGE Learning. (2009)	La palabra japonesa para mejora continua, <i>kaizen</i> , a menudo se usa indistintamente con el término mejora continua. Del carácter japonés <i>kai</i> , que significa "cambio", y el carácter <i>zen</i> , que significa "bueno" (literalmente), significa mejora.
Kaizen manufacturing en Total Quality Control. <i>Encyclopædia Britannica</i>	Curley, R. (2009)	El concepto de kaizen, la noción de que la mejora debe involucrar a todos los miembros de una empresa, es fundamental para el Control de Calidad Total.
Kaizen and Continuous Improvement In E. H. Kessler (Ed.), <i>Encyclopedia of management theory</i> (Vol. 1, pp. 415-417). Los Angeles, CA: SAGE Publications, Inc.	Liker, J. K. (2013)	"Kaizen representa una visión de un estado ideal - mejora en todas partes para lograr el menor costo, la más alta calidad y el mejor servicio para el cliente" (p. 415). "Kaizen significa cambio para mejor" (p. 415).

En términos lingüísticos, la palabra kaizen (改善) consta de dos caracteres japoneses ideográficos: el carácter kanji “改” kai que se traduce como reforma, renueva, modifica, revisa, corrige, cambia (Japanese Kanji Dictionary, 2020d); y el carácter kanji “善” zen que se traduce como bondad, lo mejor, bueno (Japanese Kanji Dictionary, 2020k).

Una primera acepción del término es mejora (Japanese Kanji Dictionary, 2020e) (figura 6). Pero como lo expresa Nonaka (1991), “en las compañías japonesas se utiliza lenguaje figurativo en todos los niveles de la misma y en todas las fases del proceso de desarrollo del producto” por lo que una segunda lectura es necesaria (Ikujiro Nonaka, 2007, p. 167).

Siguiendo el análisis de Anderson (2021), el término kai consta de dos caracteres japoneses ideográficos: el carácter kanji “己” ki que se traduce como uno mismo (Japanese Kanji Dictionary, 2020f) y el carácter kanji “攴” que se traduce como golpear (Japanese Kanji Dictionary, 2020c). Por lo que kai “改” tiene el significado intrínseco de disciplina en el sentido de tener uno mismo la disciplina o realizar el esfuerzo de cambiar “por lo que no se refiere a cambiar a otros sino cambiar uno mismo” (Katie Anderson Consulting, 2021, 1:32).

El carácter kanji “善” zen está compuesto por cuatro partes que pueden interpretarse como sacrificio para un fin o para obtener algo (4) y en este contexto sacrificio personal para lograr algo bueno.

La combinación de ambos caracteres puede entonces leerse ¿cómo uno puede alcanzar o tener la disciplina para cambiar uno mismo para alcanzar el bien común? ¿Cómo uno puede cambiar para poder crear mejores procesos, mejores salidas de procesos, mejores resultados? (Katie Anderson Consulting, 2021; 5:20) lo que lleva al surgimiento del concepto de vivir y liderar con intención.



Figura 1: Componentes lingüísticos de la palabra kaizen

Fuente: Adaptado de Katie Anderson Consulting (Writer). (2021). The Real Meaning of Kaizen - Katie Anderson. [https://www.youtube.com/watch?v=Xzay9jmf1w&ab\\_channel=KatieAndersonConsulting](https://www.youtube.com/watch?v=Xzay9jmf1w&ab_channel=KatieAndersonConsulting): YouTube. Caracteres ideográficos reproducidos de <https://kanjivg.tagaini.net/> con licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license

Desde esta perspectiva, es posible entender el significado de la descripción de kaizen que realiza Imai (2012) cuando expresa:

*La filosofía kaizen asume que nuestra forma de vida - ya sea nuestra vida laboral, nuestra vida social o nuestra vida en familia – debe estar enfocada en esfuerzos de mejora constantes. ¡Este concepto es tan natural y tan obvio para la mayoría de los japoneses que ellos ni siquiera se dan cuenta que lo poseen! En mi opinión, kaizen ha contribuido grandemente al éxito competitivo de Japón. (Imai, 2012, p. 21).*

Imai (2012) muestra que, desde la perspectiva japonesa, solo hay dos funciones gerenciales: Mejora y Mantenimiento. La función de mantenimiento requiere la ejecución de acciones (procedimientos operativos estándares) orientadas a “ejecutar las normas operacionales, gerenciales y tecnológicas actuales de la organización y hacerlas cumplir al pie de la letra a través de la disciplina y el esfuerzo” (Imai, 2012, p. 23). La función de innovación se refiere a la realización de actividades orientadas a llevar los actuales estándares organizaciones a un nivel superior de resultados a través de kaizen o de la innovación (figura 7). Mientras que la innovación es entendida como una mejora súbita o discontinua costosa como resultado de

una gran inversión de recursos en equipamiento o nueva tecnología, kaizen es un enfoque de bajo costo de la mejora resultante de mejoras pequeñas como resultado de un esfuerzo permanente impulsado por “el esfuerzo humano, la moral de la fuerza de trabajo, comunicación permanente, entrenamiento, trabajo en equipo, involucramiento y auto-disciplina” (Imai, 2012, p. 23). Por lo que kaizen impulsa un pensamiento orientado a los procesos los cuales deben ser mejorados para poder alcanzar mejores resultados. El no alcanzar los resultados planeados indica una falla en el proceso que debe ser identificado y corregido por los diferentes niveles gerenciales, siendo entonces el compromiso y el involucramiento consistente de la alta gerencia el factor más crucial para asegura el éxito en el proceso de kaizen. En este contexto cultural y organizacional surgen los ciclos PDCA y SDCA en las organizaciones japonesas (Imai, 2012).

El ciclo PDCA fue y es aplicado por los ejecutivos japoneses en todas las acciones y situaciones de gerenciamiento de la organización. El ciclo PDCA es una serie de actividades orientadas a la mejora. El ciclo comienza con el estudio de la situación actual que requiere la recolección de datos para, a partir del análisis de los mismos, poder formular un plan para la mejora. Cuando el plan ha sido formulado, se implementa y a la finalización de la implementación se revisa para determinar si ha producido la mejora esperada. “Cuando el experimento ha sido exitoso, una acción final como la estandarización metodológica se realiza para asegurar que el nuevo método implementado será ejecutado en forma continua para sostener la mejora alcanzada” (Imai, 1986, p. 61). Durante la aplicación inicial del ciclo PDCA, la etapa de Revisar [Check] significaba que los inspectores revisaban el trabajo realizado por los operarios o trabajadores y la etapa de Actuar [Action] involucraba las acciones correctivas realizadas en caso de hallar errores o defectos en el resultado del trabajo realizado. Ergo, el concepto inicial subyacente en el diseño del ciclo PDCA fue la división de trabajo entre supervisores, inspectores y trabajadores como se muestra en la figura 8 (Imai, 1986).

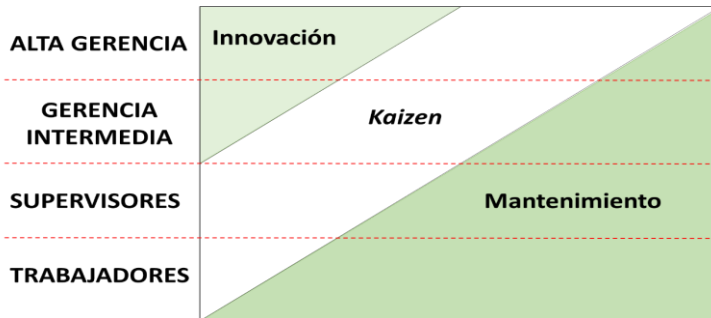


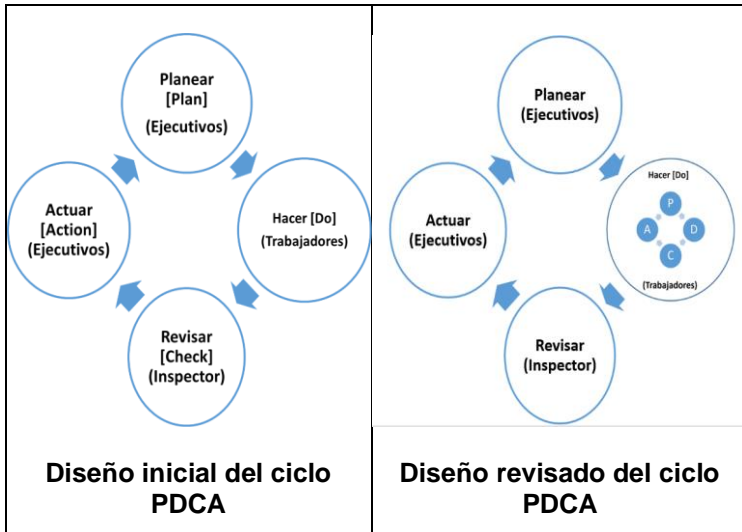
Figura 7: Funciones gerenciales en el contexto del kaizen

Fuente: Adaptado de Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education

La aplicación de este diseño del ciclo de mejora continua mostró que las acciones post-correctivas realizadas no resultaban suficientes. En consecuencia, surge una versión revisada del ciclo PDCA (figura 8). En esta versión, Planear [Plan] implica planear mejoras en las prácticas organizacionales existentes utilizando herramientas estadísticas tales como las siete herramientas del Control de Calidad (diagrama de Pareto, diagrama causa y efecto, histogramas, gráficos de control, gráficos x-y, gráficos y listas de control).

La etapa Hacer [Do] significa la aplicación del plan realizado; la etapa Revisar [Check] involucra revisar si se ha alcanzado la mejora deseada; y la etapa Actuar [Action] incluye evitar la recurrencia de la situación anterior e institucionalizar la mejora lograda como una práctica para su posterior mejora.

Por lo que el ciclo PDCA se debe entender como un proceso cíclico o continuo donde tan pronto como una mejora se ha estandarizado, ésta se debe desafiar con nuevos planes de mejora, y en consecuencia revisada y reemplazada con nuevos y mejores estándares. Imai (1986) destaca que “mientras la mayoría de los trabajadores en occidente ven los estándares como objetivos fijos, los practicantes del PDCA en Japón ven los estándares como el punto de partida para realizar un mejor trabajo la próxima vez” (Imai, 1986, p. 63).



*Figura 8: Diseño cíclico del ciclo de mejora continua PDCA*

Fuente: Adaptado de Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success (1st Edition ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company

El ciclo PDCA es ahora una herramienta esencial para producir las mejoras del proceso y asegurar que los beneficios de la mejora perduren. Para ello es necesario que los actuales estándares de operación se establezcan. Dicho proceso de estabilización se denomina ciclo Estandarizar – Hacer – Revisar – Actuar [Standardize-Do-Check-Action (SDCA)]. Solamente cuando se implementado el ciclo SDCA (5) se inicia el proceso de actualización o mejora de los estándares o normas operacionales actuales a través del ciclo PDCA como se muestra en la figura 9.

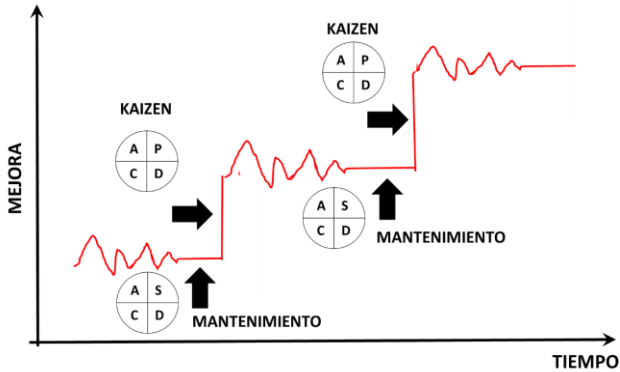


Figura 9: Interacción de ciclo PDCA y SDCA con KAIZEN y Mantenimiento

Fuente: Adaptado de Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success (1st Edition ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company

### 3. El ciclo de mejora continua PDCA mejorado de Ishikawa



Kaoru Ishikawa (1915-1989) profundiza el diseño del ciclo de mejora continua PDCA propuesto por el Dr. Shigeru Mizuno y lo focaliza como un procedimiento de dirección científica utilizando el enfoque del Control de Calidad. La etapa de Planificar incluye ahora dos pasos explícitos: 1) decidir un objetivo; y 2) Decidir los métodos a utilizar para alcanzar el objetivo; la etapa de Hacer incluye llevar a cabo la educación y formación y hacer el trabajo a realizar; y siguen sin alteración los pasos de Comprobar y Actuar como se muestra en la figura 10. Si a partir de los datos obtenidos de los requerimientos de los clientes se aplica el círculo PDCA propuesto para generar el producto que el consumidor pagará y se establecen los lazos de control requeridos entre las distintas etapas para prevenir la repetición de problemas se logra el control de calidad respecto de los objetivos de calidad claramente definidos (figura 11).

La perspectiva de la calidad de Ishikawa parte de la voz japonesa hinshitsu. La palabra hinshitsu (品質) consta de dos caracteres japoneses ideográficos: el carácter kanji “品” hin que se traduce como bienes, artículos (Japanese Kanji Dictionary, 2020b); y el carácter kanji “質” shichi que se traduce como calidad (Japanese Kanji Dictionary, 2020i).

Una primera acepción del término es calidad de los productos (JISHO Japanese-English Dictionary, n.d.-a). Ishikawa sostiene que

*la palabra “calidad” no tiene que estar restringido a la calidad del producto, sino que se puede utilizar para la calidad en general, incluyendo la calidad de la dirección, y en Japón estamos asistiendo a la afortunada promoción de este sentido más amplio del control de calidad. Sin embargo, cuando empezábamos a promover el control de calidad en Japón, con su escasez de recursos naturales y la necesidad de sobrevivir por medio del comercio, utilicé la calidad en el sentido de “calidad del producto”, y aún más, “la calidad que las personas comprarán con satisfacción (Ishikawa, 1997, p. 18).*

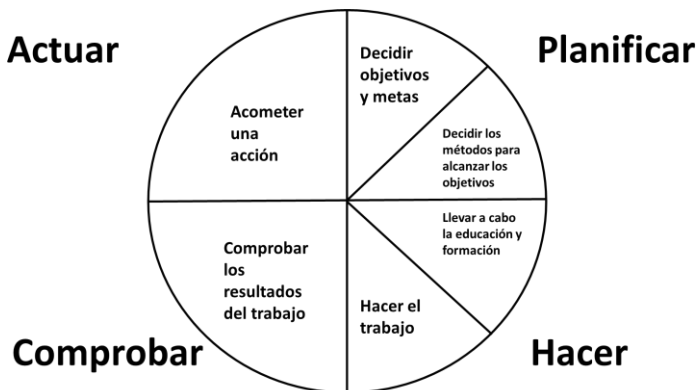


Figura 10: El ciclo de mejora continua PDCA mejorado de Ishikawa

Fuente: Adaptado de Ishikawa, K. (1997). Introducción al Control de Calidad (J. N. Medina, Trans.), p. 43. Madrid: Díaz de Santos.



Ishikawa amplía el concepto de inicial de calidad aplicada, solo a productos, bienes de consumo y diferentes tipos de materiales para el sector de manufactura (calidad dura), y lo extiende a la industria de los servicios donde también son aplicables todas de herramientas del control de la calidad.

Dada la difusión de dichas herramientas en el sector servicios, es de aplicación actualmente “la voz japonesa “Hinshitsu kan-ri” que se traduce como controlar la calidad de productos y servicios” (6) (Ishikawa, 1997, p. 18).

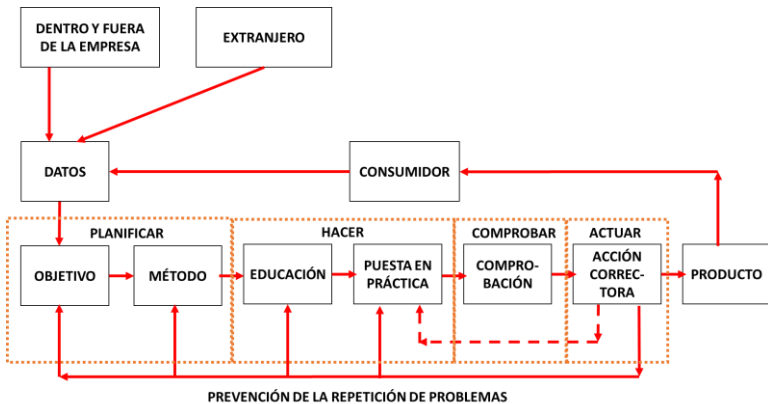


Figura 11: El ciclo de mejora continua PDCA mejorado de Ishikawa y el Control de Calidad

Fuente: Adaptado de Ishikawa, K. (1997). Introducción al Control de Calidad (J. N. Medina, Trans.), p. 59. Madrid: Díaz de Santos.

La visión de calidad de Ishikawa va más allá de lo propuesto por la Teoría de la Calidad en la Misión que define la calidad como cumplir con las especificaciones. Expresa:

*cuando hablamos de calidad en control de calidad, estamos hablando de diseñar, fabricar y vender productos con una calidad que satisfaga realmente al consumidor cuando los use. En otras palabras, "buena calidad" quiere decir la mejor calidad que una empresa puede producir con su tecnología de producción y capacidades de proceso actuales, y que satisfará las necesidades de los clientes. (Ishikawa, 1997, p. 18).*

Finalmente, identifica cuatro aspectos que se deben considerar por adelantado, en términos de planificación, producción y ventas, para producir buena calidad para el consumidor: 1) calidad entendida como las características estrictas del producto (dadas por sus especificaciones tanto de producción como de empaquetado y su tasa de unidades defectuosas); 2) coste que incluye no solo el costo de producción y el margen de beneficio sino el control de los costos, el control de la utilidad neta, productividad ; 3) entrega definida por las cantidades y tiempo de espera que incluye el control del volumen de producción y ventas, inventario y el control de pérdidas; y 4) servicio que abarca los problemas que surgen después de haber despachado los productos tales como características de seguridad y ambientales, garantía, servicio de pos-venta, cambios, facilidad de reparación, y manuales de uso entre otros aspectos.

#### **4. Discusión y principales puntos de aprendizaje**

##### **4.1. El impacto de la gestión integral organizacional orientada a la calidad**

La estructura económica de Japón anterior a la Segunda Guerra Mundial (1868-1930) se caracterizaba por el alto desarrollo de la industria textil basada en algodón y seda (30% de los 200 principales fabricantes existentes al año 1930) y complejos industriales de alta escala y complejidad organizacional centrados en maquinaria, metales primarios, equipos de transporte y químicos (35% de los 200 principales fabricantes existentes al año 1930). En 1940, del total de 32.5 millones de su fuerza laboral, solo 7.7 millones se hallaban en el sector de manufactura (la industria pesada proveía el 59% de producción industrial), minería o la provisión de servicios públicos y 14.4 millones se hallaban en el sector agrícola (Abe & Fitzgerald, 1995). Si se considera el crecimiento posterior a la Segunda Guerra Mundial, en el periodo 1946-1976 la economía japonesa se incrementó 55 veces; su actividad económica alcanzaba el 10% de la economía global con solo el 0,3% de la superficie mundial y soportaba una población que equiparaba el 3% del total a fines de los 70s (Johnson, 1982). Diver-

esos enfoques como el económico desde el punto de vista keynesiano; free ride dado el soporte de USA a Japón o solo resultado del esfuerzo privado y las fuerzas del mercado no logran explicar el resultado económico de Japón posterior a la Segunda Guerra Mundial – “en términos del incremento de las entradas de capital y fuerza laboral y en su mayor asignación productiva – deja un poco más del 40% del crecimiento económico y la mitad del crecimiento de la productividad de la fuerza laboral sin explicar” (Johnson, 1982, p. 9).

Una respuesta a ese interrogante puede obtenerse del uso del ciclo de mejora continua en la línea de producción, su impacto en la reducción del número de productos no conformes a especificaciones y por ende el incremento en la productividad. El análisis del caso del proceso de mejora continua en la compañía Yokogawa Hewlett-Packard (YHP) y en la compañía Nippon Steel Corporation (NSC) permiten sostener dicha afirmación.

El primer caso de análisis es el caso de la mejora de la calidad del ensamblaje de la línea del proceso de soldadura por inmersión en la compañía Yokogawa Hewlett-Packard (YHP). En el período 1978 - 1982, la empresa logró reducir la tasa de fallas de 4.000 a 3 partes por millón (ppm) encarando diferentes actividades de mejora de la calidad. En una primera fase, a través de equipo de supervisores del área de producción e ingenieros de producción asignados a recopilar datos, capacitar a los miembros de los círculos de calidad (7) y brindar asistencia técnica en áreas como la construcción de plantillas, se mejoraron los estándares de trabajo, recopilaron y analizaron datos sobre defectos, se introdujeron plantillas para un mejor control del proceso, se brindó capacitación a los trabajadores, fomentó las actividades de los círculos de calidad y se redujeron los errores por descuido de los operadores. Estas acciones ayudaron a reducir la tasa de fallas de 4000 ppm a 40 ppm como se muestra en la figura 12. Para continuar el proceso de mejora continua, se mantuvieron las actividades de los círculos de calidad, se revisaron los estándares de ingeniería, se mejoró el diseño de las placas de circuito impreso y el diseño de la línea de producción, y se incorporó el concepto

de *just-in-time* (8) al proceso productivo. Como resultado, YHP alcanzó el nivel de 3 ppm en 1982 como se muestra en la figura 13.

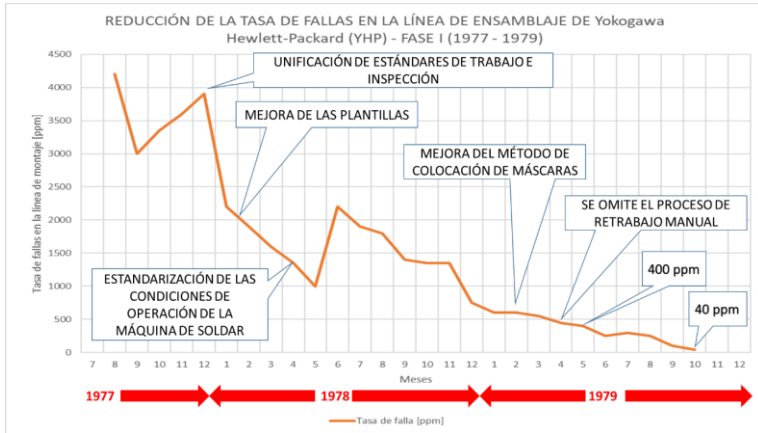


Figura 12: Reducción de la tasa de fallas en la línea de ensamble de Yokogawa Hewlett-Packard (YHP) - FASE I (1977 - 1979)

Fuente: Adaptado de Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.

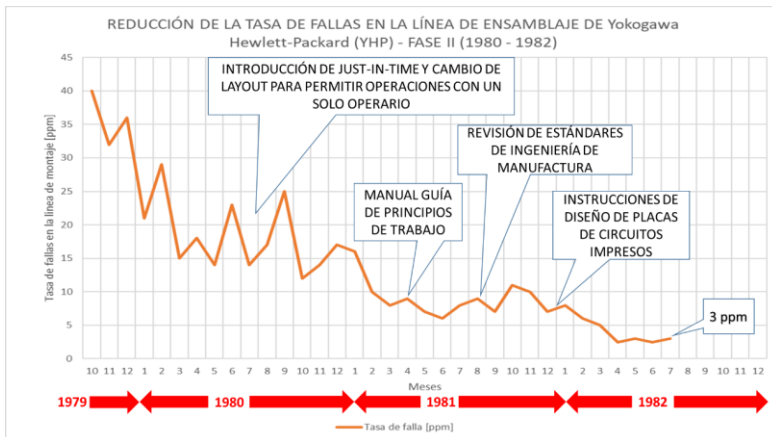


Figura 13: Reducción de la tasa de fallas en la línea de ensamble de Yokogawa Hewlett-Packard (YHP) - FASE II (1980 - 1982)

Fuente: Adaptado de Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Como un segundo ejemplo del uso del ciclo de mejora continua en la línea de producción para reducir el número de productos no conformes a especificaciones y por ende incrementar la productividad se muestrea el caso de Nippon Steel Corporation (NSC) en el período 1966 – 1998.

La participación del personal a todos los niveles en la identificación de puntos de mejora a través de actividades voluntarias y abiertas como el Círculo de Calidad permitió reducir los costos de operación y por ende incrementar la productividad (figura 14).

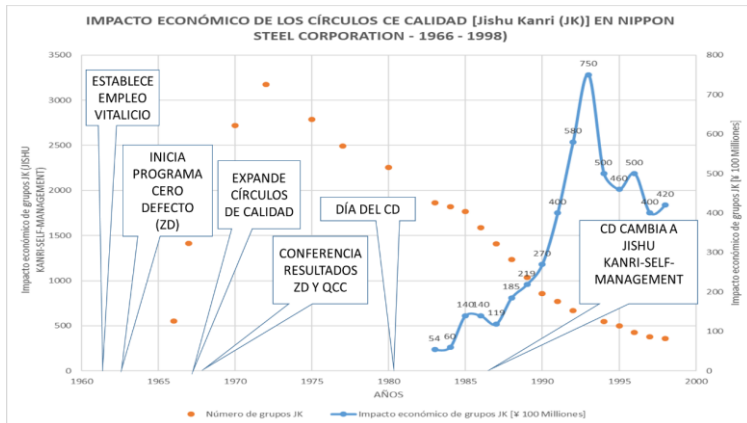


Figura 14: Principales eventos del Programa de Calidad e impacto económico de los círculos de calidad [Jishu Kanri (JK)] en Nippon Steel Corporation en el período 1966 - 1998

Fuente: Adaptado de Brunet, A. P., & New, S. (2003). *Kaizen in Japan: an empirical study*. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), p. 1437, 1426-1446. doi:10.1108/01443570310506704

Un círculo de control de calidad se define como

*un pequeño grupo que voluntariamente realiza actividades de control de calidad dentro del taller. El pequeño grupo lleva a cabo su trabajo continuamente como parte*

*de un programa de control de calidad, autodesarrollo, educación mutua y control de flujo y mejora dentro del taller para toda la empresa. (Imai, 1986, p. 11)*

Esta herramienta de la calidad es solo una parte del programa de calidad de la organización y no debe interpretarse como la totalidad del mismo. Aunque los círculos de control de calidad han desempeñado un papel importante en la mejora de la calidad y la productividad de los productos en Japón solo representan entre el 10% y el 30% del total de actividades de mejora de las organizaciones (Imai, 1986).

Las actividades de NSC se remontan al siglo XVIII y en su posición de ser el mayor fabricante de acero japonés ha actuado como líder de la industria en las relaciones contractuales con el gobierno y con otras compañías como Suzuki, Honda, Toyota Motor Kyushu (TMK), Sumitomo Metals Industries (SMI), Somic Ishikawa y Japan Casting and Forging Company (JCFC) (Johnson, 1982). En la década de 1970, era la empresa siderúrgica más grande del mundo produciendo 30 millones de toneladas de acero bruto y empleando a 80.000 personas. Desde el siglo XIX, la industria japonesa del acero ha estado a la vanguardia de los aspectos tecnológicos (Morris-Suzuki, 1994) ya que enfrentaba la dura competencia del sector acerero de USA y de Gran Bretaña. En 1962 NSC instituyó el empleo vitalicio y en 1963 inició su programa de mejora de la calidad que incluye actividades como Cero Defecto que luego cambia a Cero Defecto - actividades de creación y desarrollo y JK (Jishu Kanri) o Actividades de autogestión. Una clave del éxito de las actividades fue el establecer la participación voluntaria en las distintas actividades lo que permitió eliminar la competencia y tensión existente entre los distintos turnos de producción (Brunet & New, 2003).

*La principal justificación de las actividades de mejora era permitir que los equipos fueran responsables de su producción en lugar de simplemente ocuparse de problemas de calidad ad hoc y es confirmado por el amplio espectro de actividades de estilo Kaizen realizadas en NSC. (Brunet & New, 2003, p. 1433)*

Como un primer resultado, puede deducirse que la gestión acumulada de las organizaciones orientada a la calidad (control de calidad, diseño del producto, procesos de manufactura y otras áreas relacionadas) (Shimada, 1986) e integrada en un contexto cultural caracterizado por la capacidad para cooperar y buscar consenso (Johnson, 1982); y un contexto organizacional caracterizado por un sistema de empleo de por vida (solo hasta los 55 años); el nivel de ingresos asociado a la antigüedad en la firma; y un sistema de alianzas empresa-sindicatos (Shimada, 1986; Shimada & Nishikawa, 1979) permite explicar el incremento en la productividad total del 75% (1954-1973) (University of Groningen & University of California at Davis, 2021c) que se reflejó en un incremento destacado de la calidad de los productos, y mayores niveles de exportación a menores precios (Shimada, 1986).

Un primer punto de aprendizaje que surge es que la gestión organizacional orientada a la calidad produjo un impacto positivo en la productividad de las organizaciones japonesas y por ende en el Factor de Productividad Total de Japón que en el periodo 1954-1973 se incrementa 75% como se muestra en la figura 15.

#### **4.2. El concepto de kaizen embebido en la gestión organizacional japonesa y el contexto occidental**

El estilo japonés de gestión organizacional ha sido percibido como “esencialmente diferente para su aplicación real en la práctica en otros países y como algo incapaz de ser imitado o transferido a cualquier otra parte del mundo” (Abe & Fitzgerald, 1995, p. 10).

Desde esta perspectiva, el estilo de gestión japonés se nutre de características culturales particulares (9) por lo que el “milagro japonés de pos-guerra” sería consecuencia de actitudes y patrones de comportamiento que favorecen la organización y el espíritu comercial.

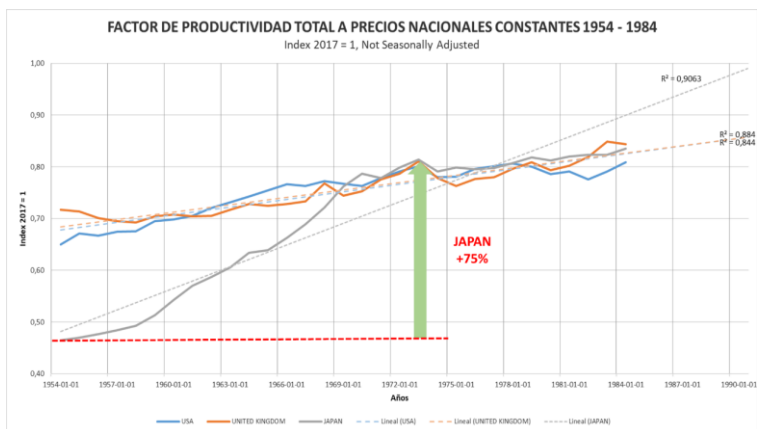


Figura 2: Comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales contantes entre USA, Japón y Reino Unido en el período 1954 – 1984.

Fuente: A partir de datos provistos por University of Groningen, & University of California at Davis. (2021a). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Argentina (RTFPNAARA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis

La histórica influencia de la adversidad física y geográfica habría generado la necesidad de una cohesión grupal, identidad colectiva y el evitar lo incierto (Abe & Fitzgerald, 1995). Por ello, diversos autores tienen una versión limitada de kaizen como un conjunto de herramientas de producción o enfoques de gestión organizacional y/o sostienen que no es posible su desarrollo en un contexto organizacional occidental (Brunet & New, 2003; Macpherson, 2008; Webley & Cartwright, 1996).

Este enfoque, que correlaciona directamente el éxito económico con diferencia culturales encuentra sustento en el análisis de Hofstede sobre las variaciones en los sistemas de gerenciamiento de cada nación.

Desde la teoría de dimensiones culturales planteada por Hofstede(10), Japón puede describirse culturalmente una sociedad con un factor colectivista(11) medio (Índice 46/100); un factor de distancia al poder medio (Índice 54/100); alta orientación al largo plazo (Índice 88/100); alta masculinidad



(Índice 95/100); y fuerte inclinación a evitar la incertidumbre (Índice 92/100) (Hofstede et al., 2010).

Un factor colectivista medio (Índice 46/100) muestra la preferencia en Japón por un marco social muy unido en el que los individuos pueden esperar que sus parientes o miembros de un grupo en particular los cuiden a cambio de una lealtad incondicional.

Esto explicaría aspectos de la gestión organizacional como el nivel de remuneración atado a los logros del grupo, mínima brecha salarial entre los diferentes niveles organizacionales y la identificación de los empleados con las firmas versus un contexto individualista como el de USA o UK donde se promueve el uso de incentivos personales (Abe & Fitzgerald, 1995).

En relación con el segundo atributo cultural considerado, un factor de distancia al poder<sup>(12)</sup> medio (Índice 54/100) muestra la prevalencia en Japón de una jerarquía claramente establecida y ejecutada en la sociedad y la tensión existente en las personas para cuestionar la autoridad e intentar distribuir el poder.

Esto se refleja en aspectos organizacionales como el sentido de obligación mutua, disciplina, respeto por los mayores y rango basado en la antigüedad (Abe & Fitzgerald, 1995). La figura 16 muestra la ubicación de Japón en término de los índices de Individualismo (IDV) y Distancia al Poder (PDI).

Puede apreciarse no solo la distancia de Japón respecto de culturas anglosajonas como USA y Gran Bretaña sino también la cercanía cultural de Argentina con Japón.

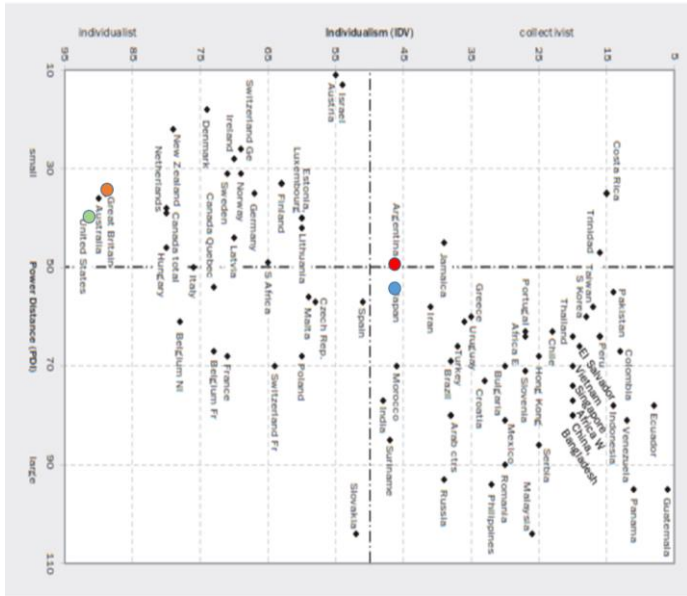


Figura 3: Índice de Individualismo (IDV) y Distancia al Poder (PDI) para Japón, Argentina, USA y Reino Unido

Fuente: Adaptado de Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind* (3rd Edition). New York: McGraw-Hill.

La alta orientación al largo plazo (Índice 88/100) muestra un perfil de Japón donde la adaptación y la resolución pragmática y circunstancial de problemas es una necesidad, y los esfuerzos en una educación moderna son una forma para prepararse para el futuro. Este índice sería un factor que impulsa el continuo desarrollo económico y creciente prosperidad. Aspectos organizacionales como la ausencia de supervisión en los círculos de calidad, así como su permanencia en el tiempo, la flexibilidad en la línea de producción y la misión de la mejora continua permitiendo la implementación de sistemas Just-In-Time y minimizar la inversión de capital (Abe & Fitzgerald, 1995) son impulsados por este índice.

En relación con el cuarto atributo cultural considerado, un factor de masculinidad(14) alto (Índice 95/100) muestra un perfil de Japón altamente competitivo a partir de la preferencia en la sociedad por el logro, el heroísmo y las recompensas materiales por el éxito. En términos organizacionales se muestra cuando las compañías cooperan en proyectos mutuamente beneficiosos, pero sostienen intensa competencia tanto en el mercado interno como en mercados internacionales (Abe & Fitzgerald, 1995). Finalmente, el último atributo cultural considerado, la fuerte inclinación a evitar la incertidumbre(15) (Índice 92/100) muestra que la sociedad japonesa opta por códigos rígidos de comportamiento, pautas, leyes y se basan en la verdad absoluta o en la creencia de que una sola verdad dicta todo y la gente sabe lo que es. El valor del individuo basado en su lugar y respeto dentro de la colectividad y la garantía de seguridad en el empleo (Abe & Fitzgerald, 1995) son manifestaciones de este índice. La figura 17 muestra la ubicación de Japón en término de los índices de Evitar la Incertidumbre (UAI) y Masculinidad (MAS). Puede apreciarse no solo la distancia de Japón respecto de culturas anglosajonas como USA y Gran Bretaña sino también la cercanía cultural de Argentina con Japón.

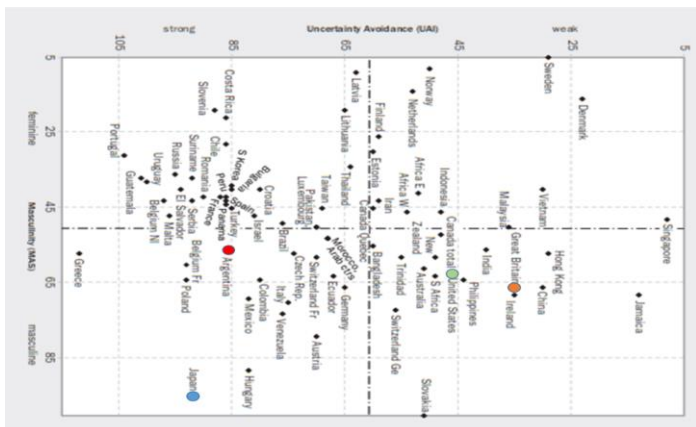


Figura 17: Índice de Evitar la Incertidumbre (UAI) y Masculinidad (MAS) para Japón, Argentina, USA y Reino Unido

Fuente: Adaptado de Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind* (3rd Edition). New York: McGraw-Hill.

El análisis comparativo de estos aspectos culturales permite obtener una primera explicación de la diferencia no solo en aspectos organizacionales sino también en el enfoque de calidad prevalente en organizaciones japonesas y en organizaciones anglo-sajonas. Sin embargo, diversos casos de estudio muestran que es posible la aplicación exitosa de conceptos culturales como kaizen y la aplicación de herramientas de mejora continua en la línea de producción y en el diseño organizacional en contextos diferentes al japonés. Puede mencionarse la experiencia exitosa del Programa Empresas Sostenibles Responsables y Competitivas [Sustaining Competitive and Responsible Enterprises (SCORE)] de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). SCORE inició su implementación en el año 2009 con un alcance global para mejorar la productividad y las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) a través de la difusión de herramientas de la calidad para el incremento de la productividad y la gestión efectiva de la fuerza laboral (International Labour Organization (ILO), 2012, 2016). En el periodo 2009 – 2017, durante el desarrollo de la Fase I y II del programa, participaron del mismo 1400 PyMEs de 15 países (6 países en África; 5 países en Asia y 4 países en América), que comprenden +300.000 empleados, en las cuáles las mejoras obtenidas alcanzaron un rango de hasta el 50% de incremento de la productividad; 64% reducción de productos defectuosos; 48% menos de desperdicio de materia prima; 29% de reducción en accidentes laborales y 22% de reducción en ausentismo laboral (International Labour Organization (ILO), 2017).

En el caso de Argentina, desde la perspectiva de Hofstede puede describirse culturalmente una sociedad con un factor colectivista medio (Índice 46/100); un factor de distancia al poder medio (Índice 54/100); baja orientación al largo plazo (Índice 20/100); factor de masculinidad medio (Índice 56/100); y fuerte inclinación a evitar la incertidumbre (Índice 86/100). Del análisis comparativo del valor numérico de dichos índices

y del análisis visual de las figuras anteriores (16 y 17) puede verse la similitud cultural con Japón excepto por la orientación predominante al corto plazo de la sociedad argentina (que resulta próxima al valor para USA de dicho índice) (Hofstede et al., 2010).

El índice de orientación a largo plazo (pragmático) versus orientación a corto plazo (normativa) (LTO) mide como cada sociedad balancea su necesidad de mantener sus lazos con su propio pasado mientras enfrenta los desafíos presentes y futuros. Esta dimensión asocia la conexión del pasado con las acciones y desafíos actuales y futuros. Un grado más bajo de este índice (corto plazo) indica, en términos organizacionales y forma de pensar, aspectos predominantes como logro, independencia, y pensamiento independiente en el aspecto laboral (versus honestidad, adaptabilidad, responsabilidad y auto-disciplina); foco en pérdidas o ganancias en términos contables (versus foco en la participación en el mercado de la empresa y las ganancias en los próximos 10 años); los dueños de las empresas y los gerentes no piensan o comparten las mismas aspiraciones que los trabajadores (versus dueños y trabajadores comparten las mismas aspiraciones); la lealtad personal varía con las oportunidades de negocio (versus la inversión en redes personales de por vida); preocupación con ser el dueño de la verdad (versus preocupación por mantener una conducta ética); y una visión dicotómica de la realidad que puede expresarse como si A es verdadero, entonces su opuesto B debe ser falso (versus si A es verdadero, entonces su opuesto B puede ser también verdadero) (Hofstede et al., 2010).

En la lógica planteada de Hofstede et. al (2010) y Abe & Fitzgerald (1995), las organizaciones en Argentina deberían ser permeables al desarrollo de una cultura de calidad que permita la mejora en los niveles de productividad y los niveles de exportación. Sin embargo, en la segunda década del siglo XXI, en Argentina solo un mínimo número de organizaciones ha iniciado el camino de la calidad para poder establecer una ventaja competitiva y sobrevivir en un contexto altamente competitivo (Anzoise, Talquenca, Bertoni, & Scaraffia, 2020).

En el contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en Argentina, la implementación de sistemas de gestión de calidad, así como la identificación y reducción de los costos de la calidad no figuran como prioritarios en sus objetivos (Fundación ObservatorioPyme, 2010; Observatorio de Ciencias Económicas del CPCECABA, 2016; PwC Argentina, 2019).

Pueden mencionarse casos exitosos de aplicación de conceptos culturales como kaizen y la aplicación de herramientas de mejora continua en la línea de producción y en el diseño organizacional en el contexto cultural argentino como la mejora en la línea de producción de la planta de Alpargatas en la provincia de Tucumán en 1994 (reducción de costos anuales por U\$S 225.000); reducción del número de accidentes laborales en la planta de almacenamiento de frío de Tres Cruces en 1994 (79%) y 1995 (60%) (Imai, 2012); y mejoras operativas en términos de reducción de productos no conformes a especificaciones, reducción de tiempos de procesos, incremento de la capacidad productiva, incremento en la confiabilidad del stock, reducción de retrabajos y piezas dañadas en 124 pymes distribuidas en trece sectores productivos y tres regiones del país(16) en el período 2018-2019 (Baretta, 2020; Rodríguez et al., 2020).

Como un segundo resultado, puede deducirse que la aplicación exitosa de conceptos culturales como kaizen y la aplicación de herramientas de mejora continua en la línea de producción y en el diseño organizacional no depende de un determinado contexto cultural sino del compromiso y la decisión de los distintos niveles gerenciales de alinear la organización con la calidad como ventaja competitiva. La ausencia de este compromiso conduce no solo a niveles decrecientes de productividad a nivel organizacional sino también a nivel de país. Para reducir la variabilidad, la alta gerencia debe establecer estándares, construir la dedicación y fomentar el esfuerzo en cada trabajador para mantener los estándares y lograr que ningún defecto pase al siguiente cliente o estación de trabajo. La mayoría de los problemas a resolver en el área de producción no requieren herramientas sofisticadas como revisión de

diseños, diseño de experimentos, análisis de valor, ingeniería de valor o la aplicación de la Casa de la Calidad sino el entrenamiento adecuado de los operarios y el manejo adecuado de las dificultades y variaciones que surgen día a día producto de estándares inadecuados de trabajo o errores de los operarios (Imai, 2012, p. 40). Como segundo punto de aprendizaje puede expresarse, coincidiendo con Peter Drucker, que “es solo los niveles gerenciales, y no la naturaleza o las leyes de la economía o del gobierno, los que hacen los recursos productivos” (Drucker, 1993, p. 14).

Entre las implicaciones prácticas de este estudio puede citarse que el análisis de las decisiones ejecutivas desde el enfoque del círculo de mejora continua PDCA permite establecer un criterio sin ambigüedad para el desarrollo sostenido de los procesos de mejora continua e incremento de la productividad. Este enfoque puede mejorar la precisión y consistencia de estudios organizacionales sobre los procesos de decisión y el desarrollo de ventajas competitivas de las organizaciones.

## Notas

(1) La productividad laboral o de la fuerza de trabajo [Workforce productivity or Labour productivity] debe distinguirse de la productividad de los empleados [Employee productivity], que es una medida empleada a nivel individual basada en el supuesto de que la productividad general se puede desglosar en unidades cada vez más pequeñas hasta, en última instancia, para el empleado individual, con el fin de utilizarse, por ejemplo, para el propósito de asignar un beneficio o sanción en función del desempeño individual (Ruch, 1994)

(2) Su conceptualización y difusión se sustentó en los estudios pioneros de Taylor, Gilberth y Mayo (Helms Marilyn, 1996; Roser, 2016)

(3) el factor de cambio organizacional centrado en el enfoque de calidad total – desarrollado por las compañías japonesas - como ventaja competitiva en la década de los 70s y 80s (Spear & Bowen, 1999).

(4) El carácter kanji “善” zen (que se puede traducir como virtuoso, bueno, correcto, virtud) está compuesto por cuatro partes o caracteres japoneses ideográficos: el carácter kanji “井” *hei* que se traduce como colocar todo junto; el carácter kanji “口” *ku* que se traduce

como boca; el carácter kanji “王” *O* que se traduce como rey, magnate, campeón; y el carácter kanji “羊” *yo* que se traduce como oveja (Japanese Kanji Dictionary, 2020a, 2020g, 2020h, 2020j, 2020k; JISHO Japanese-English Dictionary, n.d.-b).

(5) Cualquier proceso de producción tiene desviaciones cuando se implementa por primera vez y requiere esfuerzo por parte del personal para estabilizarlo. Se entiende por estabilización el lograr la salida del mismo lo más cercano posible al valor esperado en el tiempo de operación (mínima desviación o variación posible) (Imai, 1986)

(6) La palabra *hinshitsukanri* (品質管理) consta de cuatro caracteres japoneses ideográficos: el carácter kanji “品” *hin* que se traduce como goods, refinement, dignity, article, counter for meal courses; el carácter kanji “質” *shichi* que se traduce como substance, quality, matter, temperament; el carácter kanji “管” *kan* que se traduce como pipe, tube, wind instrument, drunken talk, control, jurisdiction; y el carácter kanji “理” *ri* que se traduce como logic, arrangement, reason, justice, truth. Una primera acepción del término es control de calidad (JISHO Japanese-English Dictionary, n.d.-a).

(7) Los Círculos de Control de Calidad son “grupos pequeños de personas del mismo lugar de trabajo que desempeñan actividades de control de calidad voluntariamente. Estos pequeños grupos realizan el autodesarrollo y el desarrollo mutuo formando parte de las actividades de control de calidad por toda la empresa (CCTE) y utilizan las herramientas del Control de Calidad para controlar y mejorar continuamente sus lugares de trabajo, al tomar parte todo el mundo” (Ishikawa, 1997, p. 86). A partir de diversas iniciativas en diversas fábricas como Naoetsu Factory-Shin-Etsu Chemical Co, Ltd; Sumimoto Electric Industries Ltd. y Awazu Factory-Komatsu Ltd y el efecto positivo de dichas iniciativa, el grupo editorial de JUSE decidió promover dichas reuniones con el lanzamiento en 1962 de la publicación *Genba to QC* y se refirió a dichos grupos como Quality Control Circles (Izumi Nonaka, 1993).

(8) Just-in-time (JIT) es un sistema de producción, originado en Toyota Motor Company bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, “orientado a eliminar actividades de todo tipo que no agregan valor lo que permite alcanzar un sistema de producción ágil [lean production system] que es suficientemente flexible para acomodar fluctuaciones en las órdenes de los clientes” (Imai, 2012, p. 32)

(9) Existen diversos puntos de vista de la cultura, en particular las culturas nacionales pueden definirse como “las actitudes y patrones



de comportamiento que son aprendidos dentro de diferentes sociedades, y como resultado del proceso de socialización son comprendidos, comunicados y reforzados por expectativas, lenguaje y símbolos compartidos" (Abe & Fitzgerald, 1995, p. 10).

(10) La teoría de las dimensiones culturales propuesta por Hofstede surge del estudio inicial realizado entre 1967 y 1973 orientado a hallar las diferencias en los valores de cada nacionalidad en la totalidad de las oficinas de IBM distribuidas alrededor del mundo. El estudio inicial abarcó 116.000 empleados de la corporación pertenecientes a 72 nacionalidades en 20 lenguajes (Hofstede, 2003). Para confirmar los resultados iniciales, Hofstede realiza seis estudios transnacionales entre 1990 y 2002 que abarcaron 28 países. El resultado combinado de los estudios realizados entre 1967 y 2002 permitieron establecer los índices para las cuatro dimensiones identificadas para un total de 76 países. Dos dimensiones adicionales fueron agregadas al modelo a partir del estudio de características culturales realizado por Michael Harris Bond en 1991 en 23 países (Hofstede & Bond, 1988; *The Chinese Culture Connection*, 1987) y el de Michael Minkov a partir de los datos de la World Values Survey (Michael Minkov, 2007). El modelo final incluye el análisis de 93 países a partir de los datos de la World Values Survey (Hofstede, Hofstede, & Minkov, 2010; Michael Minkov & Blagojev, 2009; World Values Survey, 2021).

(11) El índice Individualismo vs. colectivismo (IDV) explora el grado en el cuál la gente en una sociedad está integrada en grupos. El lado alto de esta dimensión, llamada individualismo, puede definirse como una preferencia por un marco social poco unido en el que se espera que los individuos se ocupen de sí mismos y de sus familias inmediatas. Su opuesto, el colectivismo, representa una preferencia por un marco social muy unido en el que los individuos pueden esperar que sus parientes o miembros de un grupo en particular los cuiden a cambio de una lealtad incondicional. La posición de una sociedad en esta dimensión se refleja cuando la autoimagen de las personas se define en términos de "yo" o "nosotros" (Hofstede, 2021).

(12) El índice de distancia de poder (PDI) se define como "la medida en que los miembros menos poderosos de las organizaciones e instituciones (como la familia) aceptan y esperan que el poder se distribuya de manera desigual". En esta dimensión, la desigualdad y el poder se percibe desde los seguidores, o estratos más bajos. Un grado más alto del índice indica que la jerarquía está claramente establecida y ejecutada en la sociedad, sin duda ni razón. Un grado

más bajo del Índice significa que las personas cuestionan la autoridad e intentan distribuir el poder (Hofstede et al., 2010).

(13) El índice de orientación a largo plazo (pragmático) versus orientación a corto plazo (normativa) (LTO) mide como cada sociedad balancea su necesidad de mantener sus lazos con su propio pasado mientras enfrenta los desafíos presentes y futuros. Esta dimensión asocia la conexión del pasado con las acciones / desafíos actuales y futuros. Un grado más bajo de este índice (corto plazo) indica que las tradiciones se respetan y mantienen, se valora la constancia y se ve los cambios en la sociedad con sospecha. Las sociedades con un alto grado en este índice (largo plazo) ven la adaptación y la resolución pragmática y circunstancial de problemas como una necesidad, así como los esfuerzos en una educación moderna como una forma para prepararse para el futuro. Un país pobre que está orientado al corto plazo generalmente tiene poco o ningún desarrollo económico, mientras que los países orientados al largo plazo continúan desarrollándose hasta un nivel de prosperidad (Hofstede et al., 2010; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2010; World Development Indicators database, 2021).

(14) El índice de masculinidad versus feminidad (MAS) refleja la tensión entre competencia y cooperación. En esta dimensión, la masculinidad se define como "una preferencia en la sociedad por el logro, el heroísmo, asertividad (la habilidad de expresar nuestros deseos de una manera amable, franca, abierta, directa y adecuada, logrando decir lo que queremos sin atender contra los demás) y las recompensas materiales por el éxito". Sociedades donde predomina este aspecto son altamente competitivas. Su contraparte representa "una preferencia por la cooperación, la modestia, el cuidado de los débiles y la calidad de vida". Sociedades donde predomina este aspecto están más orientadas al consenso (Hofstede et al., 2010).

(15) El índice de evitar la incertidumbre (UAI) expresa el grado con el cuál los miembros de la sociedad no se sienten cómodos con la incertidumbre y la ambigüedad. Dado que el futuro no se puede conocer, la sociedad trata de controlarlo o solo aceptan eventos inesperados, desconocidos o alejados del status quo. Las sociedades que obtienen un puntaje alto en este índice optan por códigos rígidos de comportamiento, pautas, leyes y, en general, se basan en la verdad absoluta o en la creencia de que una sola verdad dicta todo y la gente sabe lo que es. Un grado más bajo del índice muestra una mayor aceptación de diferentes pensamientos o ideas. La sociedad tiende a imponer menos regulaciones, la ambigüedad está más acotada y el entorno fluye más libremente (Hofstede et al., 2010).

(16) La implementación del proyecto KAIZEN TANGO en el año 2019 en las PyMEs que se postularon para su participación abarcó las regiones de Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Provincia de Buenos Aires y Mendoza. Los Sectores productivos alcanzados fueron agroalimentos (vinos); automotriz y autopartes; cuero, calzado y marroquinería; forestoindustrial; gas y petróleo (proveedores); maquinaria agrícola; materiales para la construcción; medicamentos; metalmecánica; química y petroquímica; software y servicios informáticos; textil y confecciones y turismo (Baretta, 2020; Rodríguez, Pesci, & Formento, 2020).

## Referencias

- Abe, E., & Fitzgerald, R. (1995). Japanese Economic Success: Timing, Culture, and Organisational Capability. *Business History*, 37(2), 1-31. doi:10.1080/00076799500000053
- Ahmad, N., Lequiller, F., Marianna, P., Pilat, D., Schreyer, P., & Wölf, A. (2003). *Comparing growth in GDP and labour productivity: measurement issues*. Retrieved from Paris, France: <https://www.oecd.org/sdd/22413472.pdf>
- Anzoise, E., Talquenca, L., Bertoni, J. J., & Scaraffia, C. A. (2020). *Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza*. Paper presented at the XIIIº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2020, CABA, Buenos Aires.
- Autor, D., Mindell, D., & Reynolds, E. (2020). *The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines*. Retrieved from Cambridge, MA <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf>
- Baretta, L. (2020). *Kaizen en PyMEs en la Provincia de Buenos Aires. Resultados 2019* (978-950-532-458-3). Retrieved from General San Martín, Provincia de Buenos Aires: <https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/tecnologia-de-gestion/2020/resultados-2019-Kaizen-digital.pdf>
- Boer, H. (2005). continuous improvement. In C. L. Cooper, N. Slack, & M. Lewis (Eds.), *The Blackwell Encyclopedic Dictionary. Operations Management* (2nd ed., Vol. 10, pp. 47). Malden, MA Blackwell Publishing.
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426-1446. doi:10.1108/01443570310506704

- Curley, R. (2009, Apr 29, 2009). Total Quality Control. Production optimizing system. *Encyclopædia Britannica*. Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/Total-Quality-Control#ref1036852>
- Dieppe, A., Francis, N., & Kindberg-Hanlon, G. (2021). Productivity: Technology, Demand, and Employment Trade-Offs. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 361-402). Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- Dieppe, A., Kawamoto, A., Okawa, Y., Okou, C., & Temple, J. (2021). What Explains Productivity Growth. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 83-140). Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- Drucker, P. F. (1993). *Managing in Turbulent Times* (1st ed.). New York, NY: Routledge. Taylor & Francis Group.
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182. doi:10.1257/aer.20130954
- Fundación ObservatorioPyme. (2010). *Informe especial: Desempeño productivo de las PyME industriales durante 2009 y expectativas para 2010*. Retrieved from CABA: [https://www.observatoriopyme.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/FOP\\_IE\\_1002\\_Desempeno-productivo-de-las-PyME-industriales-durante-2009-y-expectativas-para-2010.pdf](https://www.observatoriopyme.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/FOP_IE_1002_Desempeno-productivo-de-las-PyME-industriales-durante-2009-y-expectativas-para-2010.pdf)
- GALE CENGAGE Learning. (2009). continuous improvement. In J. Gough, K. A. Harper, S. D. Hill, & H. M. Selden (Eds.), *Encyclopedia of Management* (6th ed., pp. 138-141). Detroit: GALE CENGAGE Learning.
- Global Change Data Lab. (2017a). Gross Domestic Product, 1960 to 2017. Retrieved 14/07/2021, from Global Change Data Lab <https://ourworldindata.org/grapher/gross-domestic-product?tab=chart&country=FRA~DEU~ITA~JPN~USA>
- Global Change Data Lab. (2017b). Higher labour productivity and price levels in richer and poorer countries, 2017. Retrieved 14/07/2021, from Global Change Data Lab
- Global Change Data Lab. (2017c). TFP at constant national prices (2011=1), 1954 to 2017. Retrieved 14/07/21, from Global Change

- Data Lab <https://ourworldindata.org/grapher/ftp-at-constant-national-prices-20111?country=USA~FRA~DEU~ITA~JPN>
- Helms Marilyn, M. (1996). Perspectives on quality and productivity for competitive advantage. *The TQM Magazine*, 8(3), 5-10. doi:10.1108/09544789610118403
- Hodgson, G. M. (2013). Understanding Organizational Evolution: Toward a Research Agenda using Generalized Darwinism. *Organization Studies* (OS), 34(7), 973-992. doi:10.1177/0170840613485855
- Hofstede, G. (2003). *Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions and Organizations Across Nations* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Hofstede, G. (2021, n.d.). *NATIONAL CULTURE*. Retrieved from <https://hi.hofstede-insights.com/national-culture>
- Hofstede, G., & Bond, M. H. (1988). The Confucius connection: From cultural roots to economic growth. *Organizational Dynamics*, 16(4), 5-21. doi:[https://doi.org/10.1016/0090-2616\(88\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0090-2616(88)90009-5)
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind* (3rd Edition ed.). New York: McGraw-Hill.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (1st Edition ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- International Labour Organization (ILO). (2012). *ILO SCORE - Sustaining Competitive and Responsible Enterprises - Final Independent Evaluation*. Retrieved from Geneva, Switzerland:
- International Labour Organization (ILO). (2016). *Implementation Guide for SCORE Training*. Retrieved from Geneva, Switzerland:
- International Labour Organization (ILO). (2017, 05 December 2017). ILO Programme increasing productivity in SMEs by up to 50%, enters third phase. *SCORE Programme*. Retrieved from [https://www.ilo.org/empent/whatsnew/WCMS\\_611069/lang-en/Índice.htm](https://www.ilo.org/empent/whatsnew/WCMS_611069/lang-en/Índice.htm)
- Ishikawa, K. (1997). *Introducción al Control de Calidad* (J. N. Medina, Trans.). Madrid: Diaz de Santos.

- Japanese Kanji Dictionary. (2020a). Hei. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/search/%E5%B9%B6%20%23all>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020b). Hin. Retrieved 23/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/品>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020c). Hoku. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E6%94%B5>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020d). Kai. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E6%94%B9>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020e). Kaizen. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/word/11667>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020f). Ki. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E5%B7%B1>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020g). Ku. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E5%8F%A3>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020h). O. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E7%8E%8B>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020i). Shichi. Retrieved 23/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/質>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020j). Yo. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E7%BE%8A>
- Japanese Kanji Dictionary. (2020k). Zen. Retrieved 20/07/2021, from Japanese Kanji Dictionary <https://jitenon.com/kanji/%E5%96%84>
- JISHO Japanese-English Dictionary. (n.d.-a). Hinshitsu. Retrieved 23/07/2021, from JISHO.org <https://jisho.org/word/品質>
- JISHO Japanese-English Dictionary. (n.d.-b). Zen. Retrieved 23/07/2021, from JISHO.org <https://jisho.org/search/%E5%96%84%20%23kanji>
- Johnson, C. A. (1982). *MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy, 1925-1975*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Katie Anderson Consulting (Writer). (2021). The Real Meaning of Kaizen - Katie Anderson. [https://www.youtube.com/watch?v=Xzay9jjmflw&ab\\_channel=KatieAndersonConsulting](https://www.youtube.com/watch?v=Xzay9jjmflw&ab_channel=KatieAndersonConsulting): YouTube.

- Kolesar, P. J. (1994). What Deming Told the Japanese in 1950. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL*, 2(1), 9-24. doi:10.1080/10686967.1994.11918672
- Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial* (M. J. H. D. y. M. O. Staines, Trans. 14va ed.). Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s* (3rd Edition ed. Vol. 1). Cambridge, Massachusetts The MIT Press.
- Liker, J. K. (2013). Kaizen and Continuous Improvement In E. H. Kessler (Ed.), *Encyclopedia of management theory* (Vol. 1, pp. 415-417). Los Angeles, CA: SAGE Publications, Inc.
- Macpherson, W. (2008). How the Japanese Interpret Kaizen: An Exploration of Japanese Spirit. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.2364270
- Minkov, M. (2007). *What makes us different and similar: A new interpretation of the World Values Survey and other cross-cultural data*. Sofia, Bulgaria: Klasika y Stil Publishing House.
- Minkov, M., & Blagoev, V. (2009). Cultural Values Predict Subsequent Economic Growth. *International Journal of Cross Cultural Management*, 9(1), 5-24. doi:10.1177/1470595808101153
- Mizuno, S. (1989, Jul/Aug 1989). Expectations for Quality Control Leaders in Japan. *Societas Quâlitâtis*, 3, 8.
- Mizuno, S. (1992). *Company-Wide Total Quality Control* (J. F.-R. Centre, Trans.). Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization.
- Morris-Suzuki, T. (1994). *The technological transformation of Japan : from the seventeenth to the twenty-first century*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Nicholson, N., & White, R. (2006). Darwinism-A new paradigm for organizational behavior? *Journal of Organizational Behavior*, 27(2 - Special Issue: Darwinian Perspectives on Behavior in Organizations), 111-119. doi: 10.1002/job.345
- Nonaka, I. (1993). *The History of the Quality Circle*. *Quality Progress*(september 1993), 81-83.
- Nonaka, I. (2007). *The knowledge-creating company*. HBR Classic, 162-166.

- Observatorio de Ciencias Económicas del CPCECABA. (2016). *Informe de coyuntura PyMEs industriales CABA*. Retrieved from CABA: [https://archivo.consejo.org.ar/noticias17/files/Observatorio\\_PyME\\_Informe\\_N16.pdf](https://archivo.consejo.org.ar/noticias17/files/Observatorio_PyME_Informe_N16.pdf)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003a). *OECD Economic Outlook*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-2\\_eco\\_outlook-v2003-2-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-2_eco_outlook-v2003-2-en)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003b). *OECD Economic Outlook*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-1\\_eco\\_outlook-v2003-1-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-1_eco_outlook-v2003-1-en)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *OECD Regions at a Glance 2009*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2010). *OECD Factbook 2010 Economic, Environmental and Social Statistics*. Retrieved from Paris, France: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2010/national-income-per-capita\\_factbook-2010-12-en;jsessionid=9Kqt2zC\\_klGUOWLJLEUW\\_vdn.ip-10-240-5-186](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2010/national-income-per-capita_factbook-2010-12-en;jsessionid=9Kqt2zC_klGUOWLJLEUW_vdn.ip-10-240-5-186)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016). *OECD Regional Outlook 2016. Productive Regions for Inclusive Societies*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). Measuring Productivity. *Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. Retrieved from Paris, France:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). *OECD Regional Outlook 2019. Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2021). *OECD Compendium of Productivity Indicators*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-compendium-of-productivity-indicators\\_f25cdb25-en](https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-compendium-of-productivity-indicators_f25cdb25-en)
- PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6ª Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. Retrieved from CABA, Argentina: <https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/assets/expectativas-pymes-2019.pdf>
- Rodríguez, M. I., Pesci, R. I., & Formento, M. C. (2020). *La articulación como modelo de desarrollo productivo para Argentina : Pro-*



- yecto Kaizen Tango 2019* (978-950-532-444-6). Retrieved from General San Martín, Provincia de Buenos Aires: <https://www.inti.gov.ar/assets/uploads/files/tecnologia-de-gestion/booklet-kt-2019.pdf>
- Roser, C. (2016). *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Boca Ratón: Taylor & Francis Inc.
- Ruch, W. A. (1994). Measuring and Managing Individual Productivity. In D. H. Harris (Ed.), *Organizational Linkages. Understanding the Productivity Paradox* (1st ed., pp. 321). Washington, D.C.: National Academy Press.
- Sharpe, A. (2002). Productivity Concepts and Trends. In K. Banting, A. Sharpe, & F. St-Hilaire (Eds.), *The Review of Economic Performance and Social Progress. Towards a Social Understanding of Productivity* ( Vol. 2, pp. 28): McGill-Queen's University Press.
- Shimada, H. (1986). *Japanese Industrial Relations in Transition*. Retrieved from Cambridge, MA: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/48294/japaneseindustri00shim.pdf?s..>
- Shimada, H., & Nishikawa, S. (1979). An Analysis de Japanese Employment System and Youth Labor Market. *Keio Economic Studies*, 16(1/2), 1-16.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96-106.
- Stevenson, W. J. (2018). *Operation Management* (13th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- The Chinese Culture Connection. (1987). Chinese values and the search for culture-free dimensions of culture. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 18(2), 143–164. doi:<https://doi.org/10.1177/0022002187018002002>
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021a). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Argentina (RTFPNAARA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis [https://alfred.stlouisfed.org/series?seid=RTFPNAARA632NRUG&utm\\_source=series\\_page&utm\\_medium=related\\_content&utm\\_term=related\\_resources&utm\\_campaign=alfred](https://alfred.stlouisfed.org/series?seid=RTFPNAARA632NRUG&utm_source=series_page&utm_medium=related_content&utm_term=related_resources&utm_campaign=alfred)
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021b). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Japan [RTFPNAJPA632NRUG]. Retrieved July 14, 2021, from Federal

- Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNAJPA632NRUG>,
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021c). Total Factor Productivity at Constant National Prices for United Kingdom (RTFPNAGBA632NRUG). Retrieved July 25, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNAGBA632NRUG>
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021d). Total Factor Productivity at Constant National Prices for United States (RTFPNAUSA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNAUSA632NRUG>
- Webley, P., & Cartwright, J. (1996). The implicit psychology of total quality management. *Total Quality Management*, 7(5), 483-492. doi:10.1080/09544129610595
- Wöflfl, A., & Hajkova, D. (2017). *Measuring Multifactor Productivity Growth* (DSTI/DOC(2007)5). Retrieved from Paris, France: [https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-multifactor-productivity-growth\\_246367010342](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-multifactor-productivity-growth_246367010342)
- World Development Indicators database. (2021). GNI per capita, PPP (current international \$) - Argentina. Retrieved 30/07/2021, from The World Bank Group <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD?locations=AR>
- World Values Survey. (2021). 1999-2004 4th wave of the World Values Survey. Retrieved 31/07/21, from World Values Survey Association <https://www.worldvaluessurvey.org/WVSDocumentationWV5.jsp>
- Yalçinkaya, Ö., Hüseyini, İ., & Çelik, A. K. (2017). The Impact of Total Factor Productivity on Economic Growth for Developed and Emerging Countries: A Second-generation Panel Data Analysis. *Margin The Journal of Applied Economic Research*, 11(4), 14. doi:<https://doi.org/10.1177/0973801017722266>

\* \* \*

# 11

## **La Trilogía de Juran desde la perspectiva del Cambio Organizacional. Puntos de aprendizaje para la implementación de la Gestión Total de la Calidad**

*Esteban Anzoise; Cristina A. Scaraffia;  
Julio H. Cuenca , Alberto Giménez*

**Resumen:** La caída del Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes del 19% en el periodo 1954-2018 en Argentina impactó negativamente en el crecimiento del Producto Bruto Interno en el mismo periodo. En contraste, en el mismo período, el Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes creció en Japón el 108% y en USA el 51% impulsado principalmente por una gestión organizacional centrada en la mejora continua a partir del enfoque de Joseph Moses Juran y William Edwards Deming. Este estudio argumenta que el análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Cambio Organizacional permite construir un modelo de análisis para poder identificar los factores que ayudan y se oponen a la efectiva implementación de iniciativas de calidad y mejora continua en las Pequeñas y Medianas Empresas en Argentina. Para ello se analizó la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la teoría administrativa de Desarrollo Organizacional. En particular, se utilizó el Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin, las Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley y el Modelo de Ocho Pasos de Kotler para establecer las similitudes y diferencias existentes. Este estudio muestra la existencia de un proceso de cambio organizacional embebido en la Trilogía de Juran, por lo que su implementación requiere un desafío similar al de la implementación de un cambio organizacional desde la perspectiva del Desarrollo Organizacional. De igual forma, muestra que es posible aplicar el Modelo de Análisis de Fuerzas para identificar el conjunto de factores (fuerzas) que influyen en el proceso de mejora continua (una determinada situación social) ya sea hacia el logro de un determinado objetivo organizacional (fuerzas que soportan o promueven la mejora en la calidad) o bloqueando el logro de dicho objetivo (fuerzas que se oponen a dicha mejora). A la fecha de publicación hay una ausencia de investigación sobre la identificación de un marco consensuado y probado para identificar los factores que favorecen y se oponen a la efectiva implementación

de iniciativas de calidad y mejora continua en las Pequeñas y Medianas Empresas en Argentina. Este estudio contribuye a cerrar dicha brecha en la literatura existente. El análisis de los factores organizacionales internos y externos desde el enfoque del Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin permite establecer un criterio sin ambigüedad para el desarrollo sostenido de los procesos de mejora continua e incremento de la productividad. Este enfoque puede mejorar la precisión y consistencia de estudios organizacionales en gran escala sobre los procesos de decisión y el desarrollo de ventajas competitivas de las organizaciones.

**Palabras claves:** <calidad>, <trilogía de Juran>, < Joseph M. Juran >, <cambio organizacional>, <mejora continua>, <gestión total de la calidad>.

## Introducción

La productividad definida en términos económicos como “la eficiencia con que los insumos de producción, como el trabajo y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel dado de producción” (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2021) se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad de las naciones tal como lo expresa Paul Krugman (1997) “la productividad no lo es todo, pero a la larga es casi todo. La capacidad de un país para mejorar su nivel de vida a lo largo del tiempo depende casi por completo de su capacidad para aumentar su producción por hora-hombre” (Krugman, 1997, p. 12). Diversos estudios longitudinales muestran que el crecimiento de la productividad es importante para el bienestar de un país dado su impacto significativo en los ingresos, la creación de nuevos puestos de trabajo y la disminución del desempleo y en diversas dimensiones no materiales como la salud de las personas (Dieppe, Francis, & Kindberg-Hanlon, 2021; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2003a, 2003b, 2009, 2016, 2017, 2019).

El análisis comparativo del Factor de Productividad Total a precios nacionales constantes (Index 2017=1) en el período

1954-2019 muestra que dicho factor decreció el 19% en Argentina mientras que se incrementó el 108% en Japón y el 51% en Estados Unidos en el mismo período (figura 2) (Feenstra, Inklaar, & Timmer, 2015; University of Groningen & University of California at Davis, 2021a, 2021b, 2021c). Una de los componentes del Factor de Productividad Total es el aporte de la fuerza laboral o productividad laboral a dicho indicador que puede alcanzar al 60% del total (Sharpe, 2002). El análisis longitudinal comparativo del cambio en la productividad laboral entre Argentina y Estados Unidos para un mismo período 1948-2001 muestra que mientras en Estados Unidos la productividad laboral se incrementó 175% (figura 3), en Argentina solo se incrementó 52% (figura 4).

La experiencia organizacional global en el periodo 1955-2017 muestra que el factor de cambio organizacional centrado en el enfoque de calidad total – desarrollado por las compañías japonesas - como ventaja competitiva en la década de los 70s y 80s (Spear & Bowen, 1999); y el enfoque americano y europeo de la Gestión Total de Calidad [Total Quality Management (TQM)] que surge en los 80s, ambos enfoques desarrollados a partir del enfoque de la calidad de Joseph Moses Juran (1904- 2008) y William Edwards Deming (1900 – 1993), es el principal impulsor del incremento de la productividad laboral y por ende del Factor de Productividad Total.

En la segunda década del siglo XXI, en Argentina solo un mínimo número de organizaciones ha iniciado el camino de la calidad para poder establecer una ventaja competitiva y sobrevivir en un contexto altamente competitivo (Anzoise, Talquenca, Bertoni, & Scaraffia, 2020). En el contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en Argentina, la implementación de sistemas de gestión de calidad, así como la identificación y reducción de los costos de la calidad no figuran como prioritarios en sus objetivos (Fundación ObservatorioPyme, 2010; Observatorio de Ciencias Económicas del CPCECABA, 2016; PwC Argentina, 2019).

Al año 2019, el relevamiento de las expectativas de las PyMEs en Argentina realizado por PricewaterhouseCoopers muestra que los temas de mayor preocupación incluyen inflación; fuentes de financiamiento y conflictividad laboral. Como respuesta a dichos factores de contexto, las principales acciones reportadas para afrontar los desafíos del año 2019 incluyen el desarrollo de nuevos negocios, el desarrollo de nuevos canales de comercialización y la reducción de costos y análisis del margen de rentabilidad (PwC Argentina, 2019). No surge en dicho relevamiento la mejora de la productividad sin descuidar la calidad o el incremento de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad. Es difícil establecer las causas de dicha visión equivocada de la calidad entre las organizaciones. Un factor posible es la complejidad y los costos inherentes de implementar un sistema de gestión de calidad en organizaciones civiles en USA y UK mediante la implementación de diferentes y sucesivas normas como BS5750 (año 1979), ANSI/ASQC Z1.15 (año 1979) y la serie ISO 9000 (fines de 1987) y sucesivas versiones. Otro factor posible es la existencia de diferentes definiciones de calidad y la dificultad inherente de implementar el proceso de cambio organizacional que requiere la suma de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad.

Este estudio argumenta que el análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Cambio Organizacional permite construir un modelo de análisis para poder identificar los factores que ayudan y se oponen a la efectiva implementación de iniciativas de calidad y mejora continua en las Pequeñas y Medianas Empresas en Argentina.

### **El enfoque de calidad de Joseph M. Juran**



Joseph M. Juran (1904- 2008) ,al igual que Walter E. Deming, fue fuertemente influenciado por el trabajo de Walter A. Shewhart en la mejora de los procesos de producción a través del desarrollo

del control industrial (Kolesar, 2008; Wilson, Porter, & Reiff, 2005). Luego de su graduación en 1924 en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Minnesota, inicia su carrera profesional en 1926 en la planta industrial Hawthorne Works de Western Electric Company ubicada en Cicero, Illinois donde es asignado al primer departamento creado de inspección estadística en la industria (Phillips-Donaldson, 2004).

En el periodo 1926 – 1945 Juran desarrolló su carrera profesional, en diversas posiciones organizacionales, en los nuevos conceptos de muestreo estadístico y las técnicas de gráficos de control en Western Electric Company y durante el periodo de guerra en la división de Lend-Lease (Best & Neuhauser, 2006; Juran, 2005). Juran difundió y profundizó la aplicación de los conceptos estadísticos desarrollados por Shewhart a partir de la primera edición del Manual de Control de Calidad publicado en 1951 (Juran, 1951) donde hace énfasis en la gestión de la calidad que debe abarcar toda la organización. Expresa que

*“se debe entender que, con el objeto de resultados más eficientes del programa de control de calidad, puede ser necesario coordinar acciones con otros departamentos. Los ejecutivos responsables deben aceptar esto y planear para ello. Los supervisores de planta y de los distintos puestos de trabajo deben ser familiarizados con el programa y la importancia del control de calidad se debe “vender” a este personal ..... Una organización donde se desarrolla el control de calidad no es el resultado del esfuerzo de un solo hombre ... Solamente el esfuerzo denodado de una gran cantidad de gente trabajando hacia un fin común producirá un final exitoso del dicho esfuerzo”. (Juran, 1951, p. 98)*

La Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros [Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE)] lo invitó para que difundiera sus ideas sobre la gestión de la calidad y ayudara a resolver el problema del énfasis excesivo en las técnicas de

control de calidad que había iniciado la difusión de dichas técnicas a través de los seminarios dictados inicialmente por Walter E. Deming y continuados por JUSE (Ishikawa, 1986).

Juran responde a dicha invitación y en 1954 inicia la capacitación de la alta gerencia y de los mandos medios explicando las funciones que les correspondían en la promoción del control de calidad (Ishikawa, 1986; Kolesar, 2008) ya que “el control de calidad estadístico impulsado principalmente por ingenieros tiene un límite” (Ishikawa, 1986, p. 22). A diferencia de Deming, que se focalizó en la formación en principios y herramientas estadísticas, Juran eligió un enfoque gerencial para poder comunicar la responsabilidad de la alta gerencia para gestionar la calidad identificando las cinco áreas primarias de responsabilidad gerencial: 1) establecer la política organizacional sobre calidad; 2) elegir la calidad del diseño (del proceso o servicio); 3) diseñar el plan para organizar la compañía en relación con la calidad; 4) establecer la medición de lo que acontece en la organización con respecto a la calidad; y 5) revisar los resultados obtenidos respecto de los objetivos a alcanzar y las acciones a realizar ante desvíos significativos (Kolesar, 2008). Este enfoque dado por Juran al control de calidad permitió que “se abrieran las puertas para el establecimiento del control total de calidad tal como hoy lo conocemos” (Ishikawa, 1986, p. 22). Juran comparte numerosos puntos de vista con Deming tales como el trabajo pionero y persistente sobre la calidad; el enfoque que los problemas de calidad tienen sus orígenes en el sistema organizacional y no en el trabajador; la futilidad de entender el desarrollo de la calidad solo como frases inspiracionales o carteles alusivos y que el liderazgo de la calidad debe iniciarse en la alta gerencia. Juran diverge de Deming al no sostener que la aplicación de métodos estadísticos era la completa solución al problema de la calidad, sino que la gestión integral de la misma por toda la organización era la clave de su desarrollo (Phillips-Donaldson, 2004).

Juran sostiene que es responsabilidad de la alta gerencia gestionar la calidad organizacional e identifica cinco áreas



principales de responsabilidad: 1) política general o doctrina sobre la calidad; 2) elección del grado de calidad en el diseño; 3) plan organizacional con respecto a la calidad; 4) establecimiento de un sistema de medición del nivel actual de calidad en la organización; y 5) revisión de los resultados obtenidos respecto de los objetivos de calidad establecidos y la realización de acciones correctivas de las variaciones significativas (Juran, 1952; Kolesar, 2008).

Juran define calidad cuando expresa que es axiomático que, si la empresa está determinada a permanecer en el negocio por un largo periodo, la calidad del producto o servicio que vende debe ser la adecuada para satisfacer las necesidades del consumidor. Si falla en esta respuesta, el consumidor justificadamente elegirá otro producto o servicio de la competencia que satisfaga dichas necesidades (Juran, 1952).

### **La Trilogía de Calidad de Juran**

En un contexto altamente competitivo, incrementar la productividad solo es condición necesaria pero no suficiente para establecer una clara ventaja competitiva respecto de la competencia. Es necesario producir las cantidades requeridas de productos o servicio demandado por los clientes según las especificaciones de ingeniería que satisfagan las necesidades de los mismos al menor costo posible. Esto requiere producir el 100% de productos conforme a especificaciones al menor costo posible.

A medida que la organización establece objetivos de producción más desafiantes, la relación individuo - equipo de trabajo - organización surge como elemento desencadenador del proceso de mejora continuo. En proceso adaptativo, las enseñanzas de Juran fueron adecuadas por Kaoru Ishikawa (el Padre del Control de Calidad en Japón) a un contexto cultural diferente de modo que toda la fuerza laboral fuera consciente del proceso de control de calidad (Peterson & Barker, 1992).

En ese contexto, Japón desarrolla a principios de la década de los 60s su visión del Control de Calidad en toda la

organización [ Company Wide Quality Control (CWQC)] a partir del enfoque de Kaoru Ishikawa cuando expresa que “El control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación del servicio de productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptima, y que los clientes comprarán con satisfacción. Para alcanzar estos fines, todas las partes de una empresa .... tienen que trabajar juntas” (Ishikawa, 1997, p. 2).

En la etapa inicial de Mejora de la Calidad, planteada en la Trilogía de Juran, donde se debe identificar el punto de mejora del proceso, el punto de arranque es el operario a cargo del mismo o supervisor del proceso. A nivel individual ya sea por un proceso intuitivo o por un proceso cognitivo lógico activo, el operario o supervisor en un proceso industrial o de servicio determinado identifica un punto de mejora, en el proceso bajo control, que permita mejorar el nivel de productos conformes a especificaciones producidos. Inicia un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a nivel grupal a través del intercambio de ideas y conceptos con otros operarios del área de trabajo.

Esto permite conformar un Equipo de Mejora liderados por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento. El Equipo de Mejora conformado por seis a ocho operarios analizará el punto de mejora identificado o el problema que afecta al proceso que incrementa el número de productos no conformes a especificaciones para poder identificar y recomendar soluciones (Hutchins, 1984).

Desde la perspectiva de control de calidad desarrollada en Toyota Motor Company, la construcción de un sistema organizacional que busque sin descanso la eliminación de fallas internas en el proceso de producción para reducir sus costos requiere un proceso continuo de ensayo y error centrado en la línea de proceso, ya que “la verdad existe en la *gemba* (el lugar de trabajo donde la acción sucede) donde las teorías son solo producto de la imaginación” (Ohno, 2012, p.9)

En este contexto, la gestión de la calidad, según Juran (1999), se realiza por medio de una trilogía que consiste en la Planificación de la Calidad, Control de la Calidad y Mejora de la Calidad. (1) La Planificación de la Calidad es “el proceso estructurado para desarrollar productos (tanto bienes físicos como servicios) que asegure que las necesidades del consumidor se satisfagan con el producto final” (Early & Coletti, 1998, p. 45). Este proceso es necesario, no solo para los bienes y servicios requeridos por los clientes externos, sino que, además, para los clientes internos, entendiendo a estos como los miembros de la empresa, quienes forman parte del producto o proceso.

Este proceso es capaz de lograr las metas de calidad bajo las condiciones de operación, consta de una serie de pasos que comprende: 1) Fijar objetivos de calidad; 2) Identificar a los clientes; 3) Determinar las necesidades de los clientes; 4) Desarrollar características del producto que respondan a las necesidades de los clientes; 5) Desarrollar procesos que sean capaces de producir esas características; y 6) Establecer controles de proceso, y transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas.

El Control de Calidad “es un proceso de gestión universal para conducir operaciones de modo de proveer estabilidad – para prevenir cambios adversos y mantener el “status quo”” (Juran & Godfrey, 1998, p. 95). En dicho proceso se incluye evaluar el comportamiento de la calidad real para lo que se debe comparar el comportamiento real con los objetivos planteados y luego actuar en base a las diferencias.

Finalmente, la Mejora en la calidad se entiende como creación organizada de un cambio beneficioso y se define como “elevar el comportamiento de la calidad hasta unos niveles sin

---

(1) Juran plantea la idea inicial de dicha trilogía en su publicación *Managerial Breakthrough* (1964) y presenta la idea refinada en la edición de 1988 de su publicación *Juran's quality control handbook* (Juran, 1986; Juran, 1988; Juran, 1998; Phillips-Donaldson, 2004).

precedentes” (Juran, 1998, p. 16). Esta etapa conduce las operaciones a niveles de calidad marcadamente mejores de aquellos que se han planteado originalmente y requiere:

1) establecer infraestructura necesaria para asegurar la mejora anual de la calidad;

2) identificar las necesidades específicas para mejorar;

3) crear para cada proyecto, un equipo que tenga la responsabilidad de dirigir el proyecto hacia un fin satisfactorio;

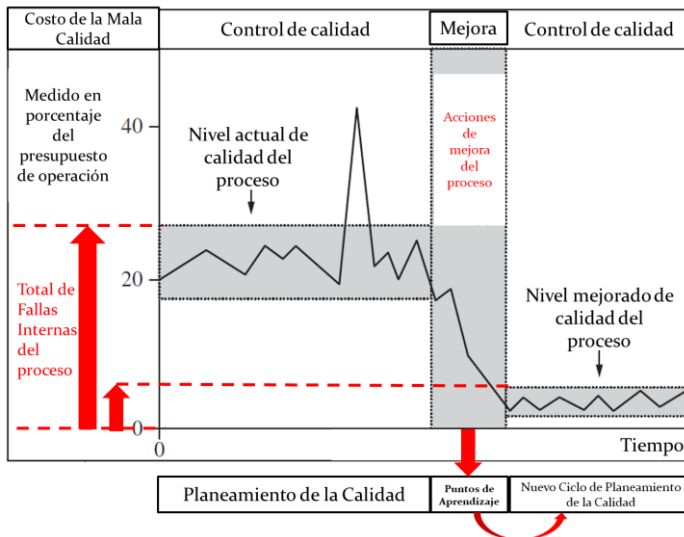
y 4) proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos diagnostiquen las causas, fomenten los remedios y establezcan controles para que perduren los logros (Juran, 1996).

La figura 1 muestra la relación entre los elementos de la Trilogía de Juran y la interacción entre el nivel de calidad a nivel operacional definido por individuos y equipos de trabajo la planificación de la calidad que requiere una perspectiva organizacional (Juran, 2010).

### **Implementación de iniciativas de calidad y Cambio Organizacional**

La implementación de iniciativas de calidad implica un proceso de cambio desde el estado actual de la organización a uno mejor, pero no hay un método directo para implementar un cambio en organizaciones públicas o privadas.

Un modelo basado en el campo del comportamiento organizacional proveerá un enfoque mucho más abarcativo para analizar la implementación de iniciativas de calidad como un proceso de cambio (Dawson, 2003; do Nascimento Gambi & Ribeiro Carpinetti, 2013; Michela & Burke, 2000; Rosen et al., 2005; Whitney & Pavett, 1998).



**Figura 4: La Trilogía de Juran en el control de la calidad.**

Fuente: Adaptado de Juran, J. M. (2010). *The Universal Methods to Manage for Quality*. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), *Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Como teoría administrativa, el Desarrollo Organizacional (DO) constituye un movimiento que surge a principios de los 60s en la línea de la Escuela de Relaciones Humanas iniciada por las experiencias de George E. Mayo (Chiavenato, 2009; Koontz & Weihrich, 1998; Solana, 1994). Entre los factores que impulsaron su origen puede citarse: 1) necesidad de profundizar y difundir los estudios sobre la motivación humana; 2) la realización de los primeros experimentos de laboratorio sobre el comportamiento humano; 3) el surgimiento de ambientes organizacionales más dinámicos y organizaciones más complejas; 4) el desarrollo y diversificación de la tecnología; y 5) difusión del enfoque sistémico en el análisis organizacional (Chiavenato, 2009). DO “es un proceso de planeamiento, implementación y estabilización de los resultados del proceso de cambio en las organizaciones” (Wagner & Hollenbeck, 1992),

y es una técnica apropiada para este tipo de implementación ya que “está orientada a cambiar el sistema en su totalidad al mejorar la organización y sus partes en un contexto de gran cambio que impacta en ella (Huse & Cummings, 1985). Existen diversas definiciones de DO, pudiendo citarse

"Desarrollo Organizacional es la aplicación sistemática y amplia de conocimientos de la ciencia del comportamiento al desarrollo planeado y mejora de las estrategias, estructuras y procesos organizacionales para mejorar la efectividad de una organización" (Cummings & Worley, 2007, p. 2).

El DO implica una convergencia e integración de técnicas de intervención psicológicas con las técnicas de intervención administrativa, bajo el convencimiento de que ninguna de las dos funciona aisladamente. Su área de aplicación incluye a) la necesidad de cambiar la cultura organizacional (normas culturales); b) la necesidad de cambiar los aspectos formales de la organización (estructuras y posiciones); y c) la necesidad de mejorar la colaboración intergrupala (Cummings & Worley, 2007). Cambio organizacional es un concepto que alude a realizar las actividades de manera diferente por lo que abarca la organización en términos amplios. Su principal característica es que no algo incidental sino planeado ya que es una actividad intencional, orientada al logro de metas tales como mejorar la capacidad de la organización para adaptarse a cambios en su ambiente y modificar el comportamiento de los trabajadores. Este cambio es iniciado y dirigido por los agentes del cambio, quienes ven un futuro para la organización que los demás no han identificado, y son capaces de motivar, inventar e implementar esta visión. Los agentes del cambio pueden ser gerentes, empleados antiguos o nuevos, o incluso consultores externos (Robbins & Judge, 2005).

El proceso de cambio ha sido extensamente estudiado en las organizaciones desde diferentes puntos de vista tales como el enfoque de procesos (Caluwé & Vermaak, 2003; Dawson, 1994; Essentials, 2003; Kotter, 1998); la psicología del cambio (Kegan & Lahey, 2002); estrategias de cambio (Martin, 1998);

comportamiento organizacional (Carter, Armenakis, Feild, & Mossholder, 2013; Michela & Burke, 2000; Northcraft & Neale, 1994; Wagner & Hollenbeck, 1992); y como un proceso continuo (Moran & Avergun, 1997; Sauser Jr. & Sauser, 2002). Entre sus principales exponentes puede citarse Kurt Lewin; Herbert Shepard; Richard Beckhard; Eva Schindler-Raiman; Edgar Schein; Rensis Likert; Robert Blake y Jane Mouton (Demers, 2007). Ejemplos de cambio organizacional incluye cambio en la misión; la reestructuración de operaciones; introducción de nuevas tecnologías, fusión de empresas; la introducción de nuevos programas como la Gestión Total de Calidad (TQM); la adopción de herramientas de apoyo a los procesos de decisión (Anzoise, Scaraffia, & Cuenca, 2019); etc.

DO tiene sus orígenes en el trabajo inicial de Kurt Lewin desde el campo de la psicología y sus trabajos sobre el cambio en el comportamiento de individuos y grupos cuando postula su modelo de cambio de tres etapas: Descongelar – Avanzar – Congelar (conocido posteriormente como Modelo de Tres Etapas de Lewin concebido inicialmente para personas y grupos (Burke, 2013; Burnes, 2004; Lewin, 1947; Robbins & Judge, 2005))

*Por lo tanto, un cambio exitoso incluye tres aspectos: descongelar (si es necesario) el nivel actual L1, pasar al nuevo nivel L2 y congelar la vida del grupo en el nuevo nivel. Dado que cualquier nivel está determinado por un campo de fuerza, la permanencia implica que el nuevo campo de fuerza se hace relativamente seguro contra el cambio. (Lewin, 1947, p. 35)*

Diversos modelos de comportamiento organizacional compiten en el análisis de dicho problema y sus respuestas están limitadas a la extensión del modelo utilizado. Puede citarse el modelo de investigación – acción (Burke, 2013; Robbins & Judge, 2005); las Fases del Cambio Planeado delineado por Lippitt, Watson y Westley que extienden el Modelo de Lewin a nivel organizacional (Burke, 2013; p. 49; Burnes, 2004; Lippitt, Watson, & Westley, 1958); el Modelo de Ocho Pasos de Kotler (Robbins & Judge, 2005); el Modelo de

Cambio de Múltiple Fases de Ralph Kilmann (Kilmann & Thomas, 1977); el Modelo de Cambio Transaccional y Transformacional de Burke-Litwinque (Burke & Litwin, 1992; Burke & Noumair, 2015); y el Modelo de Desarrollo Organizacional de Lawrence y Lorsch (Lawrence & Lorsch, 1967). Los diversos modelos son ampliaciones a nivel organizacional del trabajo inicial de Kurt Lewin – que analiza el proceso de cambio a nivel de individuo y grupo. Para poder analizar el cambio a nivel individual, grupal y organizacional este trabajo utilizará el Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin, las Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley y el Modelo de Ocho Pasos de Kotler.

La tabla 1 muestra el análisis comparativo de dichos modelos (Burke, 2013; Robbins & Judge, 2005).

**Tabla 3: Análisis comparativo entre el Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin, las Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley y el Modelo de Ocho Pasos de Kotler**

Modelo de Ocho Pasos de Kotler	Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin	Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley
Alentar la sensación de que el cambio es urgente.	Descongelación	Desarrollo de la necesidad de un cambio
Formar una coalición con poder suficiente para dirigir el cambio.		Establecimiento de una relación de cambio
Crear una visión nueva para dirigir el cambio y estrategias para lograr la visión.	Avance	Trabajo hacia el cambio
Comunicar la visión a toda la organización.		Diagnóstico
Dar poder a otros para que actúen a partir de la visión al eliminar las barreras para el cambio, fomentar la toma de riesgos y alentar la solución creativa de los problemas.		Examen de opciones



Modelo de Ocho Pasos de Kotler	Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin	Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley
Planear, crear y recompensar "triumfos" de corto plazo que impulsen a la organización hacia la nueva visión.		Cambio Real
Consolidar las mejoras, reevaluar los cambios y hacer los ajustes necesarios en los nuevos programas.	Recongelación	Generalización y estabilización del cambio
Reforzar los cambios al mostrar la relación entre los nuevos comportamientos y el éxito organizacional.	(Congelar)	Logro de una relación terminal

Fuente: Reproducido de Anzoise, E., Scaraffia, C. A., & Cuenca, J. H. (2019). La integración de las herramientas de apoyo a los procesos de decisión en las decisiones organizacionales. In E. Anzoise (Ed.), *El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión* (1st ed., pp. 210-261), p. 246. New York, USA: On-Demand Publishing LLC. Con permiso del autor.

## Discusión y Puntos de Aprendizaje

Dado que la adopción y difusión de la calidad, cualquiera sea la definición adoptada, en las organizaciones y el proceso de mejora continua implica un proceso de cambio organizacional, la aplicación del Modelo de Análisis de Fuerzas de Kurt Lewin permite identificar los factores que soportan y resisten dicho proceso de adopción y difusión en las organizaciones (Lewin, 1947). Lewin considera el cambio en el comportamiento de un individuo como el resultado equivalente de un conjunto de fuerzas dentro de un sistema.

Desde el campo de la psicología social, Lewin define el concepto de "campo" [field] o "espacio vital" [life space] como

el ambiente psicológico en un individuo (o su equivalente en un grupo de individuos) el cual podía ser descripto matemáticamente como un conjunto de constructos. Dicho campo es dinámico al cambiar con las experiencias por las que el individuo transita. La identificación de sus partes o “construcción a través de atributos” permite describir las motivaciones, valores, necesidades, estados de ánimo, objetivos, ansiedades e ideales del individuo o grupo. Lewis sostiene que los cambios en el “espacio vital” del individuo o grupo dependen no solo del cambio que produce un estímulo externo al mismo sino principalmente de la medida en que el individuo o grupo lo internaliza o acepta.

Por lo que se puede identificar, desde este enfoque, un conjunto de factores (fuerzas) que influyen a una determinada situación social ya sea hacia el logro de un determinado objetivo (fuerzas que soportan o promueven el cambio) o bloqueando el logro de dicho objetivo (fuerzas que se oponen a dicho cambio). Esta forma de ver una situación de cambio social se denomina Modelo de Análisis de Fuerzas [Force-field Analysis](Burnes, 2004; Cummings & Worley, 2007; Lewin, 1947).

Lewis plantea diversos ejemplos de aplicación de su modelo en contextos organizacionales. Uno de los casos presentados muestra el incremento de la productividad en una fábrica de ropa y la diferencia entre un grupo experimental y otro de control.

La identificación y reorientación de las fuerzas sociales existentes que se oponían al uso de tarjetas para sostener el ritmo de producción a un determinado valor [*paceing cards*] permitió incrementar el ritmo de producción en un 20% entre ambos grupos y estabilizar la producción (figura 2 y 3).

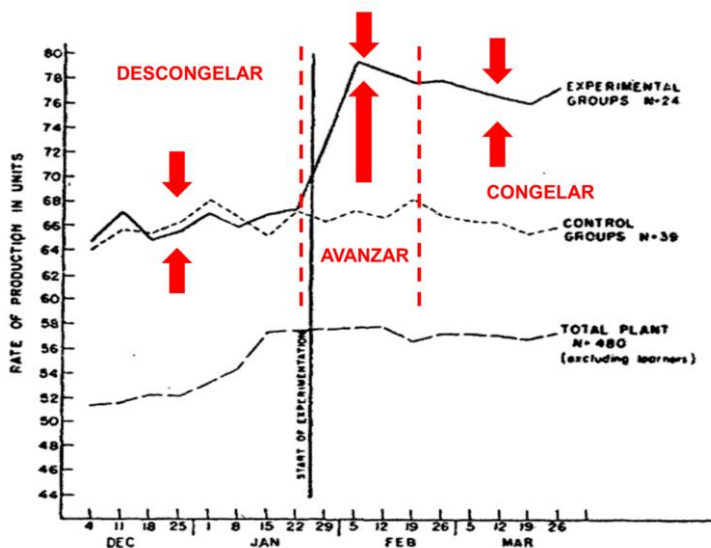


Figura 5: Efecto de la decisión grupal y el uso de tarjetas de ritmo de producción en una fábrica de ropa

Fuente: Adaptado de Lewin, K. (1947). *Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change*. *Human Relations*, 1(5), 38, p. 26. Copyright © 2021 by SAGE Publications

Las fuerzas que apoyan el proceso de adopción y difusión de la calidad y el proceso de mejora continua en las organizaciones están presentes tanto dentro como fuera de ellas. Las fuerzas externas identificadas que soportan el proceso de adopción son:

- 1) cambios en los mercados internacionales,
- 2) cambio en la estructura de negocios a nivel nacional,
- 3) cambio en las condiciones económicas,
- 4) nuevas leyes y regulaciones,
- 5) cambio en tendencias demográficas, y
- 6) avances tecnológicos (Wagner & Hollenbeck, 1992).

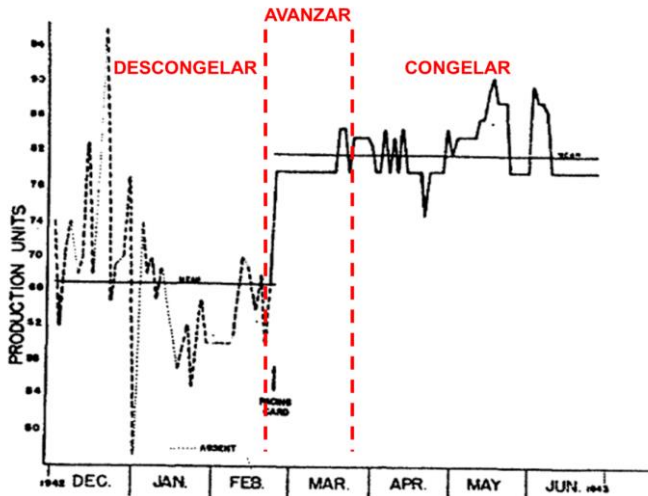


Figura 6: Efecto del uso de tarjetas de ritmo de producción en la estabilización del ritmo de producción

Fuente: Adaptado de Lewin, K. (1947). *Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change. Human Relations*, 1(5), 38, p. 27. Copyright © 2021 by SAGE

Las fuerzas internas identificadas que soportan el proceso de adopción son: 1) limitaciones en el suministro de materia prima, 2) comprensión creciente de la necesidad de cambio, 3) caída de la producción tanto en calidad como en cantidad, 4) cambio en la perspectiva de negocio de la organización, y 5) sensación de que el cambio es necesario. Las fuerzas que resisten el cambio son físicas, emocionales e intelectuales. La Teoría de Desarrollo Organizacional identifica las siguientes categorías inclusivas de dichas fuerzas: 1) resistencia cultural, 2) limitaciones de recursos, 3) amenazas al poder y la influencia, 4) barreras organizacionales y 5) percepción defensiva (Northcraft & Neale, 1994; Wagner & Hollenbeck, 1992). La Teoría de Desarrollo Organizacional identifica las siguientes categorías inclusivas de dichas fuerzas: 1) resistencia cultural, 2) limitaciones de recursos, 3) amenazas al poder y la influencia, 4) barreras organizacionales y 5)

percepción defensiva. La tabla 2 muestra una lista detallada de dichas fuerzas y de sus componentes

**Tabla 4 : Elementos más importantes en el análisis del cambio organizacional aplicando la teoría de Desarrollo Organizacional**

<b>¿Cuáles son las fuerzas que modelan el proceso de cambio?</b>			
<b>Fuerzas que favorecen el cambio</b>		<b>Fuerzas que resisten el cambio</b>	
Presión externa	✓ Cambios en los mercados internacionales	Resistencia Cultural	✓ Intereses propios
	✓ Cambio en la estructura de negocios a nivel nacional		✓ Desconfianza general
	✓ Cambio en las condiciones económicas		✓ Conflictos de personalidad
	✓ Nuevas leyes y regulaciones	Limitaciones en los recursos	✓ Presión de los pares
	✓ Cambio en tendencias demográficas	Amenazas al poder y la influencia	✓ Limitaciones en los recursos
	✓ Avances tecnológicos		✓ Posible pérdida de estatus
Presión Interna	✓ Limitaciones en el suministro de materia prima	Barreras organizacionales	✓ Diferentes percepciones y objetivos
	✓ Comprensión creciente de la necesidad de cambio		✓ Disrupción social
	✓ Caída de la producción tanto en calidad como en cantidad		✓ Falta de tacto gerencial
	✓ Cambio en la perspectiva de negocio de la organización	Percepción defensiva	✓ Cambios no introducidos a tiempo
	✓ Sensación de que el cambio es necesario		✓ Inercia burocrática
			✓ Temor a lo desconocido
			✓ Miedo de fracasar

**Fuente:** Reproducido de Anzoise, E., Scaraffia, C. A., & Cuenca, J. H. (2019). La integración de las herramientas de apoyo a los procesos de decisión en las decisiones organizacionales. In E. Anzoise (Ed.), *El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión* (1st ed., pp. 210-261), p. 227. New York, USA: On-Demand Publishing LLC. Con permiso del autor.

El análisis de la Trilogía de Juran desde la perspectiva del Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin, el Modelo de las Fases del Cambio Planeado de Lippitt, Watson y Westley y el

Modelo de Ocho Pasos de Kotler permite identificar las etapas de Descongelar – Avanzar – Congelar propuestas por Lewin (figura 4). En la etapa de Planeamiento de la Calidad de la Trilogía de Juran, se puede identificar la existencia de fases de la etapa de Descongelar propuesta por Lewin como Desarrollo de la necesidad de un cambio (Fijar objetivos de calidad); Establecimiento de una relación de cambio (Identificar a los clientes y Determinar las necesidades de los clientes); Trabajo hacia el cambio y Diagnóstico (Desarrollar características del producto que respondan a las necesidades de los clientes; Desarrollar procesos que sean capaces de producir esas características; y Establecer controles de proceso, y transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas). En la etapa de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran, se puede identificar la existencia de fases de la etapa de Avanzar propuesta por Lewin como Examen de opciones (proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos diagnostiquen las causas, fomenten los remedios y establezcan controles para que perduren los logros) y Cambio real (establecer infraestructura necesaria para asegurar la mejora anual de la calidad; identificar las necesidades específicas para mejorar; y crear para cada proyecto, un equipo que tenga la responsabilidad de dirigir el proyecto hacia un fin satisfactorio). Finalmente, en la etapa de Nuevo Ciclo de Planeamiento de la Calidad de la Trilogía de Juran, se puede identificar la existencia de fases de la etapa de Congelar propuesta por Lewin como consolidar las mejoras, reevaluar los cambios y hacer los ajustes necesarios en los nuevos programas (se transfieren los puntos de aprendizaje a toda la organización a través del establecimiento de nuevos estándares) y reforzar los cambios al mostrar la relación entre los nuevos comportamientos y el éxito organizacional (se estabiliza el cambio logrado). Surge como primer punto de aprendizaje la existencia de un proceso de cambio organizacional embebido en la Trilogía de Juran, por lo que su implementación requiere un desafío similar al de la implementación de un cambio organizacional desde la perspectiva del Desarrollo Organizacional (DO).

En consecuencia, el segundo punto de aprendizaje que surge es que es posible aplicar el Modelo de Análisis de Fuerzas [*Force-field Analysis*] para identificar el conjunto de factores (fuerzas) que influyen el proceso de mejora continua (una determinada situación social) ya sea hacia el logro de un determinado objetivo organizacional (fuerzas que soportan o promueven la mejora en la calidad) o bloqueando el logro de dicho objetivo (fuerzas que se oponen a dicha mejora). Esto permitiría la realización de estudios organizacionales que permitan identificar los factores que ayudan y se oponen a la efectiva implementación de iniciativas de calidad y mejora continua en las Pequeñas y Medianas Empresas en Argentina.

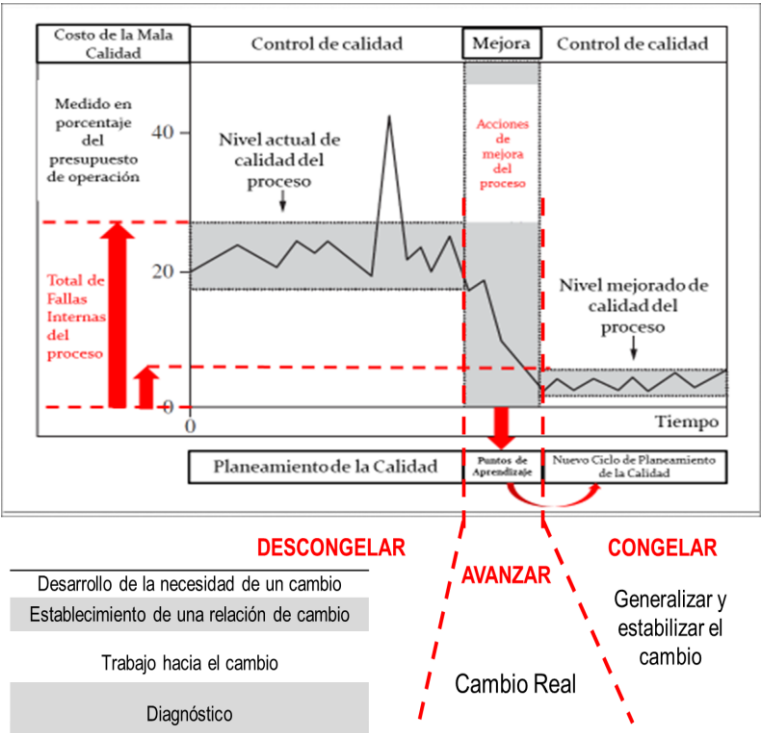


Figura 4: Proceso de cambio organizacional embebido en la Trilogía de Juran

## Referencias

- Anzoise, E., Scaraffia, C. A., & Cuenca, J. H. (2019). La integración de las herramientas de apoyo a los procesos de decisión en las decisiones organizacionales. In E. Anzoise (Ed.), *El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión* (1st ed., pp. 210-261). New York, USA: On-Demand Publishing LLC.
- Anzoise, E., Talquenca, L., Bertoni, J. J., & Scaraffia, C. A. (2020). *Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza*. Paper presented at the XIIIº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2020, CABA, Buenos Aires.
- Best, M., & Neuhauser, D. (2006). Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. *Quality and Safety in Health Care*, 15(2), 142–143. doi:10.1136/qshc.2006.018093
- Burke, W. W. (2013). *Organization Change: Theory and Practice* (4th ed.). New York: SAGE Publications.
- Burke, W. W., & Litwin, G. H. (1992). A Causal Model of Organizational Performance and Change. *Journal of Management Accounting Research*, 18(3), 523-545.
- Burke, W. W., & Noumair, D. A. (2015). *Organization Development: A Process of Learning and Changing* (3rd ed.). New Jersey: Pearson Education Inc.
- Burnes, B. (2004). Kurt Lewin and the Planned Approach to Change: A Re-appraisal. *Journal of Management Studies*, 41(6), 977-1002.
- Caluwé, L. d., & Vermaak, H. (2003). *Learning to Change: A Guide for Organizational Change Agents*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Carter, M. Z., Armenakis, A. A., Feild, H. S., & Mossholder, K. W. (2013). Transformational leadership, relationship quality, and employee performance during continuous incremental organizational change. *Journal of Organizational Behavior*, 34, 942-958. doi:10.1002/job.1824
- Cummings, T. G., & Worley, C. G. (2007). *Desarrollo Organizacional y Cambio* (8 ed.): Cengage Learning Editores.
- Chiavenato, I. (2009). *Comportamiento organizacional. La dinámica del éxito en las organizaciones* (2da ed.). Ciudad de México, MÉXICO MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA.



- Dawson, P. (1994). *Organizational Change - A Processual Approach*. London, U.K.: Paul Chapman Publishing Ltd.
- Dawson, P. (2003). *Understanding Organizational Change: The Contemporary Experience of People at Work*. London: SAGE.
- Demers, C. (2007). *Organizational Change Theories: A Synthesis*: SAGE.
- Dieppe, A., Francis, N., & Kindberg-Hanlon, G. (2021). Productivity: Technology, Demand, and Employment Trade-Offs. In A. Dieppe (Ed.), *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies* (1st ed., Vol. 1, pp. 361-402). Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- do Nascimento Gambi, L., & Ribeiro Carpinetti, L. C. (2013). A Theoretical Model of the Relationship Between Organizational Culture and Quality Management Techniques. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 81, 334-339. doi:doi:10.1016/j.sbspro.2013.06.438
- Early, J. F., & Coletti, O. J. (1998). The Quality Planning Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 44-93). New York: McGraw-Hill.
- Essentials, H. B. (2003). *Managing Change and Transition*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182. doi:10.1257/aer.20130954
- Fundación ObservatorioPyme. (2010). *Informe especial: Desempeño productivo de las PyME industriales durante 2009 y expectativas para 2010*. Retrieved from CABA: [https://www.observatoriopyme.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/FOP\\_IE\\_1002\\_Desempeno-productivo-de-las-PyME-industriales-durante-2009-y-expectativas-para-2010.pdf](https://www.observatoriopyme.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/FOP_IE_1002_Desempeno-productivo-de-las-PyME-industriales-durante-2009-y-expectativas-para-2010.pdf)
- Huse, E. F., & Cummings, T. G. (1985). *Organization Development and Change* (3rd ed.). St. Paul, MN: West Publishing Co.
- Hutchins, D. (1984). How Quality Goes Round in Circles. In N. Sasaki & D. Hutchins (Eds.), *The Japanese Approach to Product Quality. Its Applicability to the West* (pp. 27-32). Oxford: Pergamon.
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa*. (D. J. Lu & M. Cárdenas, Trans.). Bogotá: Grupo editorial Norma.

- Ishikawa, K. (1997). *Introducción al Control de Calidad* (J. N. Medina, Trans.). Madrid: Díaz de Santos.
- Juran, J. M. (1951). Acceptance of Quality. In J. M. Juran (Ed.), *Quality-Control Handbook* (1st ed., pp. 805). New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M. (1952). Aspecto económico de la calidad (M. Sust & J. Batlle, Trans.). In J. M. Juran (Ed.), *Manual de Control de la Calidad*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Juran, J. M. (1986). *The Quality Trilogy. A Universal Approach to Managing for Quality* Paper presented at the ASQC 40th Annual Quality Congress Anaheim, California. <https://statmodeling.stat.columbia.edu/wp-content/uploads/2017/10/Juran-trilogy-1986.pdf>
- Juran, J. M. (1988). *Juran's quality control handbook* (4ta ed.). New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M. (1996). *Juran y la calidad por el diseño* (Díaz de Santos ed.). Madrid, España.
- Juran, J. M. (1998). The Quality Improvement Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 124-196). New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M. (2005). Brief Biographical Synopsis. In K. S. Stephens (Ed.), *Juran, Quality, and a Century of Improvement. The Best on Quality* (1st ed., Vol. 15, pp. 3-6). Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Juran, J. M. (2010). The Universal Methods to Manage for Quality. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), *Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). The Quality Control Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 94-123). New York: McGraw-Hill.
- Kegan, R., & Lahey, L. L. (2002). The Real Reason People Won't Change *Harvard Business Review on Culture and Change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Kilmann, R. H., & Thomas, K. W. (1977). Developing a Forced-Choice Measure of Conflict-Handling Behavior: The "Mode" Instrument. *Educational and Psychological Measurement*, 37(2), 309-325.

- Kolesar, P. J. (2008). Juran's Lectures to Japanese Executives in 1954: A Perspective and Some Contemporary Lessons. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL*, 15(3), 6.
- Koontz, H., & Wehrich, H. (1998). *Administración. Una perspectiva global* (E. M. González, Trans. 11va ed.). Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Kotter, J. (1998). *Leading Change: Why Transformation Effort Fails Harvard Business Review on Change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s* (3rd Edition ed. Vol. 1). Cambridge, Massachusetts The MIT Press.
- Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967). *Organization and Environment. Managing Differentiation and Integration*. Boston, MA Division of Research, Harvard Business School.
- Lewin, K. (1947). Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change. *Human Relations*, 1(5), 38.
- Lippitt, R., Watson, J., & Westley, B. (1958). *The Dynamics of Planned Change - A Comparative Study of Principles and Techniques* (1st ed.). New York: Harcourt, Brace & World.
- Martin, R. (1998). *Changing the Mind of the Corporation Harvard Business Review on Change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Michela, J. L., & Burke, W. W. (2000). Organizational Culture and Climate in Transformations for Quality and Innovation. In N. M. Ashkanasy, C. P. M. Wilderom, & M. F. Peterson (Eds.), *Handbook of organizational culture and climate* (pp. 225-245). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Moran, J., & Avergun, A. (1997). Creating Lasting Change. *The TQM Magazine*, 9(2), 146/151.
- Northcraft, G. B., & Neale, M. A. (1994). *Organizational Behavior: A Management Challenge* (2nd ed.). Forth Worth, TX: Dryden Press
- Observatorio de Ciencias Económicas del CPCECABA. (2016). *Informe de coyuntura PyMEs industriales CABA*. Retrieved from CABA: [https://archivo.consejo.org.ar/noticias17/files/Observatorio\\_PyME\\_Informe\\_N16.pdf](https://archivo.consejo.org.ar/noticias17/files/Observatorio_PyME_Informe_N16.pdf)

- Ohno, T. (2012). *Taiichi Ohno's Workplace Management: Special 100th Birthday Edition* (G. Press, Trans.). New York: McGraw Hill Professional.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003a). *OECD Economic Outlook*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-2\\_eco\\_outlook-v2003-2-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-2_eco_outlook-v2003-2-en)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2003b). *OECD Economic Outlook*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-1\\_eco\\_outlook-v2003-1-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook-volume-2003-issue-1_eco_outlook-v2003-1-en)
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *OECD Regions at a Glance 2009*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016). *OECD Regional Outlook 2016. Productive Regions for Inclusive Societies*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). *Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. Retrieved from Paris, France:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). *OECD Regional Outlook 2019. Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas*. Retrieved from Paris:
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2021). *OECD Compendium of Productivity Indicators*. Retrieved from Paris: [https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-compendium-of-productivity-indicators\\_f25cdb25-en](https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-compendium-of-productivity-indicators_f25cdb25-en)
- Peterson, R., & Barker, M. (1992). Company Wide Quality Control in Japan: Implications for Western Management Practices. *Policy, Organisation and Society*, 4(1), 83-91. doi:10.1080/10349952.1991.11876772
- Phillips-Donaldson, D. (2004). 100 Years of Juran. *Quality Progress*, 26-39.
- PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6° Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. Retrieved from CABA, Argentina: <https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/as-sets/expectativas-pymes-2019.pdf>
- Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2005). *Comportamiento organizacional* (L. E. Pineda Ayala, Trans. 15 ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México, S.A. de G.V.

- Rosen, J., Mittal, V., Degenholtz, H., Castle, N., Mulsant, B., Rhee, Y. J., . . . Rubin, F. (2005). Organizational change and quality improvement in nursing homes: approaching success. *Journal of Healthcare Quality*, 27(6), 6-14, 21, 44.
- Sausser Jr., W. I., & Sausser, L. (2002). *Change: Build It In, Just Like Quality*. In R. R. Sims (Ed.), *Changing the Way we Manage Change*. Westport, CT: Quorum Books.
- Sharpe, A. (2002). Productivity Concepts and Trends. In K. Banting, A. Sharpe, & F. St-Hilaire (Eds.), *The Review of Economic Performance and Social Progress. Towards a Social Understanding of Productivity* (Vol. 2, pp. 28): McGill-Queen's University Press
- Solana, R. F. (1994). *Producción: Su organización y administración en el umbral del tercer milenio* (Primera ed.). Buenos Aires, Argentina Ediciones Interoceánicas.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96-106.
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021a). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Argentina (RTFPNAARA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis [https://alfred.stlouisfed.org/series?seid=RTFPNAARA632NRUG&utm\\_source=series\\_page&utm\\_medium=related\\_content&utm\\_term=related\\_resources&utm\\_campaign=alfred](https://alfred.stlouisfed.org/series?seid=RTFPNAARA632NRUG&utm_source=series_page&utm_medium=related_content&utm_term=related_resources&utm_campaign=alfred)
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021b). Total Factor Productivity at Constant National Prices for Japan [RTFPNAJPA632NRUG]. Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNAJPA632NRUG>,
- University of Groningen, & University of California at Davis. (2021c). Total Factor Productivity at Constant National Prices for United States (RTFPNAUSA632NRUG). Retrieved July 14, 2021, from Federal Reserve Economic Data (FRED) & Federal Reserve Bank of St. Louis <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNAUSA632NRUG>
- Wagner, J. A., III, & Hollenbeck, J. R. (1992). *Management of Organizational Behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Whitney, G., & Pavett, C. (1998). Total Quality Management as an Organizational Change: Predictors of Successful Implementation. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL*, 5(4), 9-22.

Wilson, M. R., Porter, S. R., & Reiff, J. L. (2005). Western Electric Co.  
In J. L. Reiff, D. Keating, & J. Grossman (Eds.), *Dictionary of  
Leading Chicago Businesses (1820-2000)*. Chicago: Chicago His-  
torical Society; The Newberry Library & Northwestern University.

\* \* \*

# 12

## Desarrollo de modelo de amortiguador viscoso

*Valeria Simó; Carlos Bello; Cristian Giner*

**Resumen:** En el diseño de motores de vehículos comerciales se estudian las vibraciones torsionales de los árboles cigüeñales y se los provee de amortiguadores de base elastomérica para mitigar las mismas. El problema principal de las vibraciones es que producen la rotura temprana de los mecanismos involucrados si no son controladas. En este informe se detallan los avances logrados en relación a obtener los parámetros característicos y criterios de diseño de un amortiguador torsional viscoso que permita adecuarse para absorber las vibraciones torsionales del cigüeñal de un motor a combustión interna. Se realizó un modelado clásico analítico para determinar el coeficiente de amortiguación del mismo, para luego validar los resultados obtenidos mediante un modelado mediante elementos finitos con SolidWorks. Esto permitió determinar los parámetros característicos y criterios de diseño para la selección del fluido viscoso y la geometría a emplearse en diferentes soluciones. Mediante este trabajo, como propiedad emergente se incorporó el análisis de la mecánica de los fluidos a los estudios de la mecánica del sólido que desarrolla el Grupo DIDEME. Esto incorpora nuevas competencias y habilidades en los docentes y alumnos investigadores del grupo. El trabajo se encuentra dentro del marco del proyecto del Grupo DIDEME denominado “Vibraciones torsionales de cigüeñales de motores de combustión interna provistos de amortiguador torsional.”, con código: ASUTNME0004876, de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza.

**Palabras claves:** vibración torsional, elementos finitos, simulación, modelado.

### Introducción

En el diseño de componentes mecánicos se deben tener en cuenta muchos parámetros para lograr definir la geometría y el material de cada componente y, en definitiva, las

características mecánicas del mecanismo. En mecanismos complejos, de alto rendimiento o de uso intenso se busca optimizar su diseño de forma tal que no solo se priorice el desempeño, sino también la vida y su mantenimiento, para que este último sea más eficiente y simple.

En este caso se trabaja sobre un amortiguador torsional viscoso para ser utilizado en el cigüeñal de un motor de combustión interna. Por la disponibilidad de información y materiales, hemos elegido como caso de estudio un cigüeñal de un motor Torino empleado para competición. El problema que se plantea, es que el aumento en el torque y velocidad de rotación por la repotenciación resultan mayores solicitaciones por vibración torsional, que de no controlarse, producen la rotura prematura del árbol cigüeñal.

Los amortiguadores torsionales viscosos presentan una muy buena solución frente a este tipo de casos, donde el diseño original ha sido modificado, dejando fuera de rango al amortiguador de origen que trae el vehículo estándar. De hecho, lo que se busca en este artículo es generar un modelo matemático que permita trabajar sobre los parámetros más importantes del diseño para obtener diversas soluciones en aplicaciones de repotenciación y modificación de motores con fines deportivos.

El procedimiento tiene como hipótesis principal el uso de un fluido de viscosidad elevada y/o un gel de silicona como medio principal de disipación de energía. El uso este tipo de fluidos requiere considerar los cambios viscosidad dentro de los rangos de temperatura que experimentará durante el trabajo, característica que también nos desarrollará criterios para control del factor de amortiguamiento, manejando no solo las características geométricas del amortiguador que determinan su performance, como puede ser el área de contacto de los anillos, la carcasa y la masa libre, sino también, las propiedades de fluido.



## Materiales y métodos

Al analizar sistemas de vibraciones rotacionales [Rao], la ecuación que describe el movimiento está dada por:

$$J_0 \ddot{\theta} + c_t \dot{\theta} + k_t \theta = 0$$

Donde  $J_0$  es el momento de inercia polar del sistema,  $c_t$  es la constante de amortiguación viscosa,  $k_t$  es la constante de resorte del sistema (debido a la restauración elástica del material) y  $\theta$  es el desplazamiento angular del sistema. Esto aplicado únicamente al amortiguador. Ya que la velocidad de giro del anillo en contacto con el fluido viscoso no es la misma que la del cigüeñal.

El estudio se centró en desarrollar un modelado del torque viscoso generado por el amortiguador que se opondrá al desplazamiento que produce la vibración torsional, lo que permite evaluar la absorción de energía por el amortiguador.

En este caso el punto de interés es identificar las variables de las cuales depende y calcular la constante de amortiguación viscosa, esto permitirá obtener criterios de diseño para obtener el amortiguador adecuado para diversas sollicitaciones y en este caso aplicado al sistema rotacional en estudio.

Para el trabajo se utilizó la geometría y disposición de un amortiguador torsional viscoso existente como base de análisis. Las dimensiones se muestran en la Fig. 1, donde la cavidad va rellena de un fluido viscoso, que se eligió como aceite de motor nuevo 15W40 (Ver propiedades del fluido en la Tabla 1).

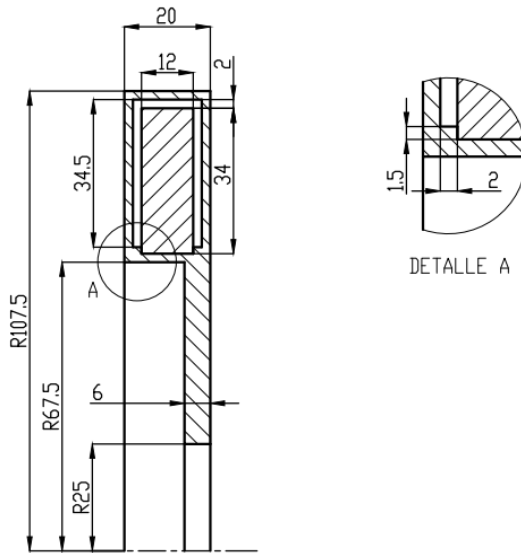


Fig. 1: Vista en corte con dimensiones del amortiguador, solamente se muestra la mitad por ser componente de revolución, fuente propia.

En este tipo de amortiguador, el cuerpo externo gira adosado al cigüeñal con la misma velocidad, se considera como hipótesis simplificadora que en los procesos de aceleración del motor actúa con baja respuesta de amortiguamiento y solo se considerará que actúa en el caso de que se produzcan vibraciones de suficiente amplitud con frecuencia que implican valores de aceleración elevados en el componente.

Cuando de oscilaciones torsionales se trata, las oscilaciones en la velocidad angular son grandes y producen un diferencial de torque que hace que el disco interno, por inercia, se desplace con una velocidad relativa diferente a la de la carcasa del componente. Esta velocidad diferencial de disco y carcasa, genera una resistencia que le presenta el fluido viscoso dentro de la cavidad, produce una absorción de energía cinética de rotación y el amortiguamiento de la vibración torsional producida.

Las características del fluido se muestran en la tabla 1:

Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Densidad $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Viscosidad dinámica $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl Pr
.....							
<i>Aceite de motor (no usado)</i>							
0	899.0	1797	0.1469	$9.097 \times 10^{-8}$	3.814	$4.242 \times 10^{-3}$	46,636
20	888.1	1881	0.1450	$8.680 \times 10^{-8}$	0.8374	$9.429 \times 10^{-4}$	10,863
40	876.0	1964	0.1444	$8.391 \times 10^{-8}$	0.2177	$2.485 \times 10^{-4}$	2,962
60	863.9	2048	0.1404	$7.934 \times 10^{-8}$	0.07399	$8.565 \times 10^{-5}$	1,080
80	852.0	2132	0.1380	$7.599 \times 10^{-8}$	0.03232	$3.794 \times 10^{-5}$	499.3
100	840.0	2220	0.1367	$7.330 \times 10^{-8}$	0.01718	$2.046 \times 10^{-5}$	279.1
120	828.9	2308	0.1347	$7.042 \times 10^{-8}$	0.01029	$1.241 \times 10^{-5}$	176.3
140	816.8	2395	0.1330	$6.798 \times 10^{-8}$	0.006558	$8.029 \times 10^{-6}$	118.1
150	810.3	2441	0.1327	$6.708 \times 10^{-8}$	0.005344	$6.595 \times 10^{-6}$	98.31

Tabla 1: Propiedades del fluido utilizado

- **Cálculo clásico del coeficiente de amortiguación.**

El torque en oposición producido por la viscosidad del fluido dentro de la cavidad [Rao] se define de la siguiente manera:

$$T_v = -c_t \dot{\theta} = -c_t \omega$$

Dado que la cavidad del fluido es estrecha, el perfil de velocidades que se desarrolla al desplazarse el disco interno un cierto ángulo, permite ser considerado de variación lineal.

El fluido se encuentra en contacto con el anillo interno en 3 caras, por lo que se puede diferenciar el estudio en 3 zonas (las 2 caras laterales tratadas como un fluido entre dos placas paralelas en donde 1 sola gira respecto de la otra y 1 cara cilíndrica cuyo comportamiento es igual al de un viscosímetro torsional), analizando el comportamiento del fluido entre cilindros y entre dos placas paralelas, ([Cengel] [Potter]), el esfuerzo de corte producido en cada una de ellas está dado por la siguiente ecuación (Ver referencia de dimensiones en Fig. 2):

$$\tau_{v1} = \mu \cdot \frac{du(r)}{dr} = \mu \cdot \frac{V_t}{h_r} = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{h_r} \quad (\text{entre cilindros})$$

$$\tau_{v2} = \mu \cdot \frac{du(z)}{dz} = \mu \cdot \frac{V_t}{h_z} = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{h_z} \quad (\text{entre placas paralelas})$$

El torque en la zona entre los cilindros que giran se calcula:

$$dT_{v1} = dF_{v1} \cdot r = \tau_{v1} \cdot dA \cdot r = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{h_r} \cdot (2 \cdot \pi \cdot r \cdot dz) \cdot r$$

Integrando para la condición geométrica del componente:

$$T_{v1} = \frac{\mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^3 \cdot \omega \cdot b_a}{h_r}$$

Y en la zona entre las placas paralelas:

$$dT_{v2} = dF_{v2} \cdot r = \tau_{v2} \cdot dA \cdot r = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{h_z} \cdot (2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr) \cdot r$$

Nuevamente Integrando para este caso:

$$T_{v2} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot \omega \cdot (r_2^4 - r_1^4)}{2 \cdot h_z}$$

El torque total será:

$$\begin{aligned} T_v = T_{v1} + 2 \cdot T_{v2} &= \frac{\mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^3 \cdot \omega \cdot b_a}{h_r} + \frac{\mu \cdot \pi \cdot \omega \cdot (r_2^4 - r_1^4)}{h_z} \\ &= \omega \cdot \left[ \frac{\mu \cdot \pi}{h} \cdot (2 \cdot r_2^3 \cdot b_a + r_2^4 - r_1^4) \right] \end{aligned}$$

De esta forma, el modelado clásico permite determinar el coeficiente de amortiguación de este componente viscoso se obtiene de la siguiente manera:

$$c_t = \frac{\mu \cdot \pi}{h} \cdot (2 \cdot r_2^3 \cdot b_a + r_2^4 - r_1^4)$$

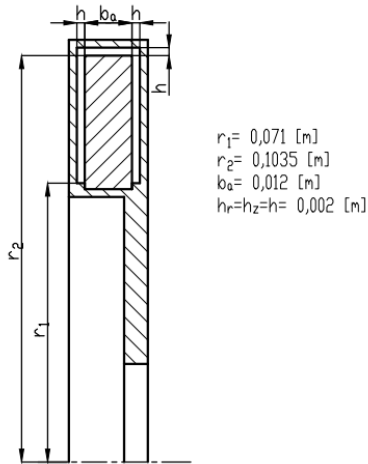


Fig. 2: Referencia de dimensiones adoptadas en el cálculo.

- **Modelado mediante elementos finitos del coeficiente de amortiguación.**

Para realizar el modelado matemático mediante la estrategia de elementos finitos, se realizó la geometría en SolidWorks con las dimensiones mostradas en la Fig. 1, la carcasa se fabrica de un par de piezas que para el ensamble final son montadas con ajuste forzado, para el análisis se consideraran una sola pieza. El complemento utilizado del programa, es el Flow Simulation [Dassault Systèmes], se configuró el análisis de la siguiente manera:

- Sobre el ensamble del anillo interno y la carcasa del componente, se definió el dominio general. (Ver Fig. 3).
- El software analiza la cavidad que queda entre los sólidos y define el subdominio de fluido donde se realizará el estudio. En este apartado se configura el fluido que llenará dicha cavidad. De no encontrarse en la biblioteca del software, el módulo permite cargar de forma manual la información para el cálculo, lo que se hizo en este caso (ver Tabla 1). Además, se colocaron las condiciones iniciales del análisis, para las cuales se

tomó que la presión interna era la atmosférica (1 ATM), por condición de fabricación y armado y como su funcionamiento real será en la cercanía del motor a combustión se estableció una temperatura de 80°C. (Ver Fig. 3).

- Establecimiento de las condiciones de frontera del estudio. En este caso se trata de la función que cumplen el anillo y la carcasa. Ambos se definieron como paredes reales con una rugosidad de 0,05 micras, considerando mecanizado cuidadoso. Como se dijo, la carcasa se considera fija en el movimiento relativo mientras que el anillo gira a una velocidad de 1 rpm respecto del eje Z. Se utiliza una velocidad baja dado que la velocidad relativa del anillo dentro de la carcasa en situación de funcionamiento real no será grande y se necesita conocer el resultado en un flujo laminar, el estudio no se ha hecho para un flujo que se aparte del laminar.
- Se establecen las metas de cálculo, el énfasis está centrado en determinar las superficies de las caras del anillo interno, lo que permita encontrar, el esfuerzo de corte máximo, el torque promedio en Z, la distribución de velocidades en la cavidad. A su vez esto podrá permitir la determinación de la masa de fluido necesaria para llenar el componente.
- Por último, se generó la malla. La malla es cúbica con elementos de 2 mm de lado, el módulo de simulación del Solid solo admite la discretización mediante este tipo de malla. No se realizaron refinamientos de ningún tipo por no encontrarse necesarios debido a la uniformidad de las distancias entre placas que definen la cavidad donde se aloja el fluido viscoso. (Ver Fig. 4).

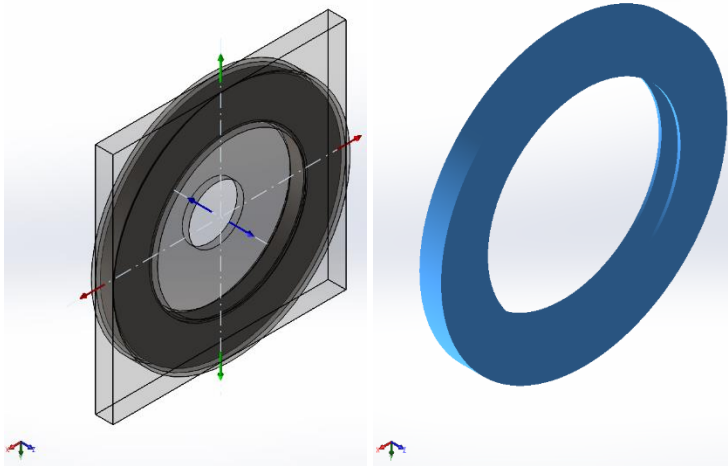


Fig. 3: Dominio general de estudio y subdominio de fluido.

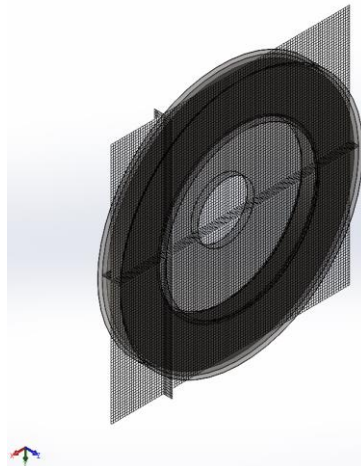


Fig. 4: Mallado cúbico

## Resultados

En el cálculo manual, el torque total necesario para hacer que el disco interno gire, que será el torque negativo que aplicará

sobre el sistema para amortiguar la vibración son los que se muestran en la Tabla 2 y se adjuntan los valores de esfuerzo de corte y el valor del coeficiente de amortiguación de este componente.

Parámetros calculados	Valores obtenidos
Torque en Z [N.m]	$6,1644 \times 10^{-4}$
Esfuerzo de corte [Pa]	0,47045
Coefficiente de amortiguación [N.m.s]	$5,8865 \times 10^{-3}$

Tabla 2: Resultados del cálculo clásico.

En el cálculo y simulación mediante el modelado por elementos finitos, los resultados obtenidos incluyen además del torque total, el esfuerzo de corte y el coeficiente; el perfil de velocidades en la cavidad del fluido (Ver Fig. 5). La información se puede observar en la Tabla 3.

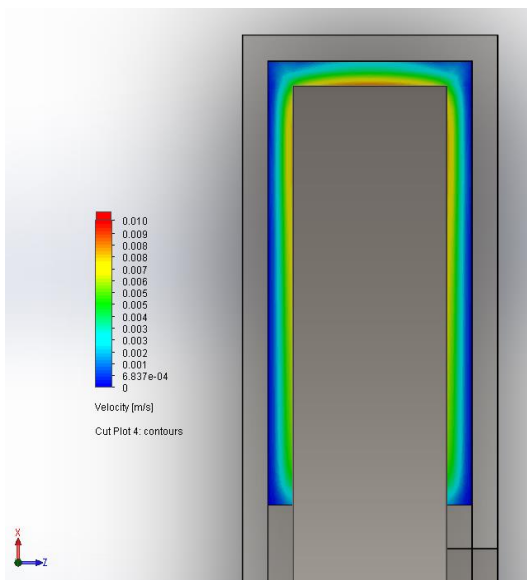


Fig. 5: Perfil de velocidades del fluido.



<b>Parámetros calculados</b>	<b>Valores obtenidos</b>
Torque en Z [N.m]	$6,23738 \times 10^{-4}$
Esfuerzo de corte [Pa]	0,47921
Coefficiente de amortiguación [N.m.s]	$5,95625 \times 10^{-3}$

Tabla 3: Resultados del cálculo por elementos finitos.

## **Discusión**

El modelo mediante elementos finitos tiene resultados que coinciden con los del modelado clásico. Esto permite validar el trabajo del módulo de simulación e interpretar las relaciones de variables, lo que lleva al desarrollo de criterios de ajuste del diseño del amortiguador para la sollicitación requerida y para futuras soluciones.

El torque de amortiguación es directamente proporcional a la viscosidad dinámica del fluido y es inversamente proporcional al ancho de la cavidad como predicen los modelos clásicos expuestos.

Una buena estrategia sería emplear otro tipo de material que rellene dicho espacio, por ejemplo, un hidrogel sintético. Estos materiales poseen un comportamiento viscoelástico. En deformaciones pequeñas actúa como un sólido amortiguando el movimiento con su recuperación elástica y para deformaciones mayores trabaja como un fluido absorbiendo el movimiento a través de su viscosidad.

El diseño del amortiguador utilizando canales laberínticos a distintos radios respecto del eje de rotación, sería una buena estrategia para analizar respuestas variadas y se plantea como un desarrollo a encarar para buscar amortiguadores de respuesta direccionada a determinadas velocidades.

La absorción de energía mecánica en la amortiguación se traduce en calor, análisis que no ha sido hecho para determinar la dependencia del amortiguamiento a los cambios de temperatura ni el estudio de la refrigeración que se produce (Corporation, 2010) por el giro a alta velocidad en el

aire del componente. Esta situación se considera importante de analizar en un próximo trabajo.

## **Conclusiones**

El modelado mediante los elementos finitos dio buenos resultados y permite trabajar en forma paramétrica en el diseño por ser Solid Works un Cad parametrizado.

En este trabajo se logró generar un modelo en forma sencilla por elementos finitos para estudiar el comportamiento del fluido dentro de un amortiguador torsional que para geometrías más complejas reducirá sustancialmente el trabajo de modelado.

La simulación muestra una dependencia importante de la amortiguación con la viscosidad del fluido. El ancho de la cavidad tiene un efecto inverso.

Para obtener un coeficiente de amortiguación más elevado será necesario colocar un fluido con mayor viscosidad dinámica o realizar una cavidad lo más estrecha posible o aumentar el área de contacto entre el anillo interno y el fluido para mayor rozamiento.

Una geometría que aumente el área en las zonas de mayor velocidad relativa de las caras aumentará el coeficiente de amortiguación.

El modelado numérico permite modificar rápidamente la geometría y trabajar con distintos fluidos y obtener resultados rápidos para evaluación del diseño.

El fluido utilizado en este trabajo posee una viscosidad baja y la temperatura de las modelaciones efectuadas se consideró constante por lo que no se han sacado conclusiones sobre el comportamiento del componente a variaciones de temperatura.

Como futura hipótesis de trabajo se plantea que el uso de un fluido viscoelástico permitirá obtener amortiguadores más eficientes especializados para frecuencias determinadas de vibración

## Referencias

- Rao, Singiresu S. (2012). *Vibraciones mecánicas*. México: Pearson.
- Cengel, Yanus A. y Cimbala, John M. (2006). *Mecánica de los fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. México: McGraw Hill.
- Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation, 2010. Guía del estudiante para el aprendizaje del software SolidWorks. [En línea] Available at: [https://www.solidworks.com/sw/docs/Student\\_WB\\_2011\\_ESP.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_ESP.pdf) [Último acceso: 17 04 2017].
- Gere, J. M. & Goodno, B. J., 2009. *Mecánica de Materiales - Séptima edición*. s.l.:Cengage Learning Editores, S.A..
- Potter, Merle C., Wiggert, David C. y Ramadan, Bassem H. (2015). *Mecánica de fluidos*. México: Cengage Learning.

\* \* \*



## 13

### Valor $p$ , su epistemología e implicancia en la metodología para la investigación en Ingeniería

*Julio Ortigala*

**Resumen:** La presentación de informes y la interpretación de los resultados de las pruebas estadísticas clásicas puede ocasionar confusión entre los ingenieros e ingenieras que realizan aplicaciones de la estadística en los procesos productivos, dado que la mayoría de estos ingenieros e ingenieras desconocen el desarrollo histórico de los métodos de prueba estadísticos clásicos, y los métodos matemáticos y principios filosóficos subyacentes. En este trabajo se realiza un relevamiento de la epistemología del valor  $p$  y su importancia en la metodología de la investigación en la actividad ingenieril, desde dos teorías clásicas y que han contribuido al desarrollo de la estadística inferencial. Por otro lado, los ingenieros e ingenieras deben tener en claro que el planteamiento moderno de las pruebas de hipótesis está fundamentado a partir de dos teorías diferentes, por lo que resultan de una composición híbrida de los competidores y frecuentemente contradictorios enfoques formulados por RA Fisher por un lado, y Jerzy Neyman y Egon Pearson por el otro. En particular, existe una dificultad generalizada para apreciar la incompatibilidad de la evidencia probatoria de Fisher del valor de  $p$  con la tasa de error tipo I,  $\alpha$ , de la ortodoxia estadística de Neyman-Pearson. La distinción entre la evidencia probatoria (valor  $p$ ) y el error ( $\alpha$ ) no es trivial. En cambio, refleja las diferencias fundamentales entre las ideas de Fisher sobre las pruebas de significancia y la inferencia inductiva, y las opiniones de Neyman-Pearson sobre la hipótesis prueba y su enfoque deductivo. Se encontró que el diseño de las pruebas de hipótesis como se conocen actualmente, es muy adecuado para instrumentarlas en actividades que requieren un muestreo continuo, como son los procesos de aseguramiento y control de la calidad. La enseñanza de estas herramientas en universidades de ingeniería, debe contemplar este enfoque epistémico para no provocar confusiones innecesarias.

**Palabras claves:** prueba, inferencia, significancia; enseñanza de la estadística.

El concepto de p-valor en pruebas de hipótesis realizadas en el ámbito de la ingeniería, es un concepto construido modernamente a través de los análisis realizados por Fischer en conjunción con la teoría de Neyman-Pearson. Es conocida la situación que se plantea en ciertas ocasiones donde dos investigadores puedan llegar a resultados distintos si se utilizan tamaños de muestras distintas, aun cuando el estadístico muestral que proporciona la evidencia estadística, no sea significativamente distinto. La utilización del valor p independientemente del valor del error de tipo I declarado en la hipótesis, puede contribuir a eliminar este problema. Una primera aproximación al valor p lo encontramos en las memorias de Laplace del año 1823, al estudiar el efecto de la luna en las mareas terrestres. Laplace establece que hay una diferencia estadísticamente significativa cuando compara la hipótesis de que los valores de presión atmosférica no son influidos por las fases de la luna y contrasta con los cambios en la media poblacional estimada en cada una de dos series de 684 días; ambas muestras influenciadas por la atracción lunar, de lunas del mismo tamaño aproximado. Establece que la diferencia será significativa en una muestra de 60 años al valor de 0,01; con lo que se observa que los relaciona con el tamaño de la muestra.

Por otro lado, Pearson desarrolló una herramienta estadística básica: la prueba chi cuadrado de bondad de ajuste. Esta prueba permite determinar si un conjunto de observaciones responde a cierta función matemática de distribución. Demostró que la distribución de la prueba es la misma cualquiera sea el tipo de datos usados. Esto significa que pudo tabular la distribución de probabilidad de este estadístico y usar el mismo conjunto de tablas para cada una de las pruebas. En un trabajo Fisher en 1922, demostró que en el caso de comparación de dos proporciones el valor del parámetro de Pearson era errado. Este error no invalida la importancia de esta prueba utilizada hasta nuestros días (Gómez, 2011).

La prueba de bondad de ajuste de Pearson fue el disparador de la componente principal del análisis estadístico moderno:

el contraste de hipótesis o prueba de significación (Salsburg, 2001). Hacia fines de la década de los 20 y principios de la de los 30 Egon Pearson (1895-1980), hijo de Karl, y Jerzy Neyman (1894-1980) afirmaron que las pruebas de significación no tendrían sentido si no hubiera, al menos, dos hipótesis posibles, que llamaron: hipótesis nula (la de Fisher) y a la otra, hipótesis alternativa. Esto es la conocida teoría de pruebas de hipótesis (hypothesis testing) de Neyman-Pearson (Gómez, 2011).

La duda que se genera en torno a la presentación de informes y la interpretación de los resultados de las pruebas de hipótesis clásicas es común entre los ingenieros e ingenieras que conducen procesos productivos. La confusión puede deberse al hecho de que la mayoría de estos profesionales desconocen el desarrollo histórico de los métodos de pruebas estadísticas clásicas, y los métodos matemáticos y principios epistemológicos subyacentes. Además, los ingenieros e ingenieras pueden creer que la interpretación de tales pruebas está prescrita por una única teoría coherente de inferencia estadística, pero en el caso de las pruebas de hipótesis es un ejemplo de que esto no se cumple, ya que son básicamente un complejo estadístico de dos enfoques a veces contrapuestos formulados por RA Fisher por un lado, y Jerzy Neyman y Egon Pearson por el otro. En particular, se cae en un error involuntario, ya que no se aprecia que existe una incompatibilidad entre el valor de la evidencia probatoria de Fisher al declarar la importancia inferencial valor  $p$  en contraposición con el error de tipo I declarado en la teoría de Neyman-Pearson. La distinción entre la evidencia del valor  $p$  y el error ( $\alpha$ ) no es trivial. En cambio, refleja las diferencias fundamentales entre las ideas de Fisher sobre las pruebas de significancia y su enfoque epistemológico claramente inductivo, y las opiniones de Neyman-Pearson sobre la prueba de hipótesis y un enfoque epistemológico deductivo. Desafortunadamente, los libros de texto de estadística en ocasiones ofrecen explicaciones y desarrollos donde una vez que el sistema modelo ha sido entendido, puede compararse con varios *sistemas objetivo* del mundo real, usando

relaciones de semejanzas entre ambos, mezclan inadvertidamente elementos de ambas escuelas de pensamiento, perpetuando así la confusión.

El mismo Fisher presenta su opinión sobre las pruebas de significancia, presentadas en sus artículos de investigación y en varias ediciones de sus textos, *Métodos estadísticos para investigadores* (1925) y *El diseño de Experimentos* (1935a). Si bien Fisher comenzó su carrera como un estadístico bayesiano, pronto se desencantó con el subjetivismo involucrado y buscó proporcionar una visión más objetiva. Por tanto, rechazó los métodos de probabilidad inversa, es decir, la probabilidad de una hipótesis (H) dados los datos (x), o  $P(H | x)$ , a favor de la probabilidad directa, o  $P(x | H)$ . Este cambio en su pensamiento se basó en su convicción de que: "es posible argumentar desde las consecuencias a las causas, de las observaciones a las hipótesis" (Fisher 1936, p.3). Por tanto, una prueba de hipótesis o de significación se define como un procedimiento para establecer la probabilidad de un resultado, o tomar decisiones sobre una hipótesis nula falsa.

En el enfoque de Fisher, el investigador establece una hipótesis nula de que una muestra proviene de una población infinita con una distribución muestral conocida. Se dice que la hipótesis nula está "refutada" o rechazada, como Fisher lo llamó, si la estimación muestral se desvía de la media de la distribución muestral por más que un criterio específico, que es el nivel de significancia. Según Fisher (1966, p. 13), "es habitual y conveniente para los experimentadores tomar el 5 por ciento como un nivel estándar de significancia, en el sentido de que las pruebas están preparadas para refutar todos los resultados que no alcancen este estándar. El esquema de prueba de significancia se centra en el rechazo de la hipótesis nula en el nivel  $p \leq .05$ . O como Fisher declaró: "Se puede decir que todo experimento existe sólo para dar a los hechos una posibilidad de refutar la hipótesis nula".

Fisher creía que las estadísticas podrían desempeñar un papel importante en la promoción de la inferencia inductiva, es



decir sacar inferencias de lo particular a lo general, de muestras a poblaciones. Para él, el valor  $p$  asume un papel epistemológico. Como él mismo dijo, "Las conclusiones extraídas de tales pruebas de significancia constituyen los pasos mediante los cuales el investigador obtiene una mejor comprensión de sus materiales, y de los problemas que presenta" (Fisher 1959, p. 76). Proclamó que "El estudio del razonamiento inductivo es el estudio de la embriología del conocimiento" (Fisher 1935b, p. 54), y que "La inferencia inductiva es el único proceso que conocemos por el cual, esencialmente, nuevos conocimientos llegan al mundo" (Fisher 1936, p. 7). Al anunciar esto, sin embargo, era muy consciente de que no todos compartían su enfoque inductivista, especialmente "matemáticos [como Neyman] que han sido entrenados, como la mayoría de los mismos, casi exclusivamente en la técnica del razonamiento deductivo [y que como resultado negaría a primera vista que las inferencias rigurosas de lo particular a lo general fueran incluso posible" (Fisher 1935b, p. 39). Dejando de lado esta concesión, Fisher sostuvo firmemente que el razonamiento inductivo es el medio principal de adquisición de conocimiento, y vio los valores  $p$  de las pruebas de significancia como un nivel probatorio suficiente.

La metodología estadística de Neyman-Pearson fue vista originalmente como un intento de "mejorar" el enfoque de Fisher. Actualmente se la considera la base de las pruebas de hipótesis clásicas. Su trabajo sobre prueba de hipótesis, terminología que empleaba para contrastar con la "prueba de significación" de Fisher, difería notablemente, sin embargo, de la última que era un paradigma de inferencia inductiva. El enfoque Neyman-Pearson formula dos hipótesis que compiten entre sí, la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

En la teoría de Neyman-Pearson, por lo tanto, el investigador elige una hipótesis nula que es una igualdad (generalmente) y la prueba contra la hipótesis alternativa, que es una desigualdad. Su marco introdujo las probabilidades de cometer dos tipos de errores basados en consideraciones

sobre el criterio de decisión, el tamaño de la muestra y los valores de  $H_0$  y  $H_1$ .

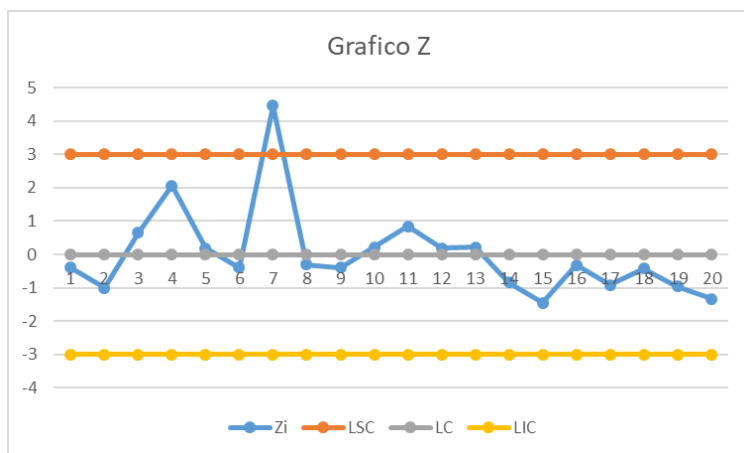
Estos errores son: rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera (error de tipo I), también llamada riesgo del productor y aceptar la hipótesis nula cuando es falsa (error de tipo II), también llamada riesgo del consumidor.

La probabilidad de cometer el error de tipo I se denomina  $\alpha$ , mientras que la probabilidad de cometer el error de tipo II se denomina  $\beta$ .

A diferencia de las ideas de Fisher sobre poblaciones infinitas hipotéticas, los resultados de Neyman-Pearson se basan en el supuesto de un muestreo aleatorio repetido de una población definida. Por consiguiente, la teoría de Neyman-Pearson se adapta mejor a situaciones en las que el muestreo aleatorio repetido tiene significado, como en el caso de experimentos de control de calidad. En los procesos productivos, los ingenieros e ingenieras dedicados al aseguramiento y control de la calidad, monitorean todo el proceso desde las entradas (materias primas, insumos), con técnicas como el muestreo para aceptación; el funcionamiento de los aparatos de medición, con test de precisión y veracidad y estimación de la incertidumbre de medición; el proceso en línea, con las cartas de control estadístico, el producto terminado, con la técnica de inspección y ensayo y la optimización y mejora de los procesos con el diseño de experimentos estadísticos y las curvas de superficie. En este tipo de circunstancias el modelo de Neyman-Pearson, basado en una interpretación frecuentista de la probabilidad tiene sentido:  $\alpha$  es la frecuencia a largo plazo de los errores de Tipo I y  $\beta$  es la contraparte de los errores de Tipo II.

En la gráfica se observa una Carta de control para la fracción defectuosa, con tamaño de muestra variable. La variable aleatoria ha sido estandarizada, con la finalidad de trabajar con límites fijos en 3 y -3. Se observa un punto fuera de los límites de control. Habría que investigar si hay una causa atribuible que lo produce. Si no se halla una causa atribuible, se debe a un error tipo I, lo que en ingeniería de control de

calidad se denomina falsa alarma. Esto da origen a lo que se denomina Longitud media de carrera y es la cantidad de la actualizó, para evitar los problemas de las paradojas. puntos que hay que graficar, hasta obtener un punto fuera de los límites de control, aun cuando el proceso se halle dentro de control, es decir aun cuando la  $H_0$  sea verdadera. La Longitud Media de Carrera tiene una distribución geométrica y en una carta con  $\alpha = 0,05$ ; está dada por su media que es  $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,05} = 20$ . Por lo tanto deberíamos esperar que en promedio, un punto cada 20, salgan fuera de control aunque el proceso se halle dentro de control es decir la  $H_0$  sea verdadera



### Errores en una prueba de hipótesis

Las curvas características de operación son una herramienta robusta para poder elegir el tamaño de la muestra según el valor de error de tipo II ( $\beta$ ) que estemos dispuestos a soportar para un corrimiento determinado de la  $H_0$ . En el eje de abscisa se grafica el valor de la variable aleatoria en estudio o la cantidad de desviaciones estándar que la variable aleatoria se desvía de la  $H_0$  (aumenta o disminuye) y en el eje de ordenadas se grafica el correspondiente valor del error tipo II

( $\beta$ ), para varios tamaños de muestras. Así se puede elegir el tamaño de la muestra teniendo en cuenta que error de tipo II *objetivo* del mundo real, usando relaciones de semejanza entre ambos, podemos afrontar en nuestro proceso para que no deje de ser sustentable técnica ni económicamente.

La teoría de Neyman-Pearson sobre la prueba de hipótesis introdujo el concepto completamente nuevo de la *potencia* de una prueba estadística. La potencia de una prueba se define como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa y se calcula como  $1-\beta$ . La probabilidad de cometer un error de tipo II se puede calcular antes de realizar la prueba y puede elegirse el tamaño de la muestra para disminuirlo. El ingeniero debe diseñar un experimento para controlar la ocurrencia de los errores  $\alpha$  y  $\beta$ . La "mejor" prueba es aquella que minimiza  $\beta$  sujeto a un límite en  $\alpha$ .

Al determinar cuál debería ser este límite en  $\alpha$ , Neyman afirmó más tarde que el control de los errores de tipo I eran más importantes que los de tipo II: "El problema de probar hipótesis estadísticas es el problema de seleccionar regiones críticas. Cuando se intenta resolver este problema, uno debe recordar que el propósito de probar hipótesis es evitar errores en la medida de lo posible. Porque es más importante evitar un error del primer tipo que un error del segundo tipo".

Nosotros creemos que, en los procesos productivos, no se puede determinar a priori cuál de los errores es más importante, ya que el error de tipo I es una falsa alarma y su investigación puede demandar mucha inversión de tiempo y dinero y el error de tipo II, significa que podemos estar trabajando fuera de especificaciones, con el consiguiente retrabajo o desperdicio, cuando se descubre que el proceso está fuera de control estadístico.

El enfoque de Neyman-Pearson es de naturaleza deductiva y discute de lo general a lo particular. Ellos formularon una regla de comportamiento para elegir entre dos cursos de acción alternativos, aceptar o rechazar la hipótesis nula, de manera tal que en el largo plazo de la experiencia, no cometeremos errores grandes. La decisión de aceptar o rechazar la hipóte-

sis en su marco depende de los costos asociados con cometer un error de Tipo I o Tipo II. Estos costos no tienen nada que ver con la teoría estadística, pero están basados en cambio en consideraciones pragmáticas dependientes del contexto donde el juicio personal informado juega un papel vital. Como sabemos en ingeniería en algunos casos será más importante evitar el error de tipo I, aunque en otros casos el error de tipo II.

Desde el punto de vista de la teoría matemática, todo lo que podemos hacer es mostrar cómo el riesgo de cometer esos dos errores puede controlarse o minimizarse. El uso de estas herramientas estadísticas en cualquier caso, para determinar cómo se debe lograr el equilibrio, debe dejarse en manos del investigador”(Neyman- Pearson 1933, pág. 296)

Como se ha establecido existe una incompatibilidad entre el valor  $p$  de Fisher y las pruebas de hipótesis de Neyman y Pearson. A pesar de esta incompatibilidad, el resultado que se observa actualmente es la fusión entre ambas teorías y valor  $p$  está ahora indisolublemente entrelazado con la tasa de error de Tipo I,  $\alpha$ , aunque conceptualmente no sean iguales y no deben tomarse como que  $\alpha$  es el error a priori y el valor  $p$  es el error a posteriori. Como resultado, la mayor parte del trabajo empírico en la ingeniería se lleva a cabo a través de los siguientes pasos operacionales: el ingeniero establece la hipótesis nula( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa( $H_1$ ). Determina con qué valor de alfa va a trabajar. Elige el estadístico de prueba de acuerdo a los datos con que cuenta. Calcula el valor crítico a partir del estadístico de prueba y lo compara con el valor observado de la variable en estudio. A partir de esto toma la decisión de aceptar o rechazar la  $H_0$  y calcula el valor  $p$  de la prueba estadística.

El valor  $p$  es entonces erróneamente interpretado como una tasa de error de tipo I basado en la frecuencia, y al mismo tiempo como una medida incorrecta (es decir,  $p < \alpha$ ) de evidencia contra  $H_0$ . Dado que  $\alpha$  se especifica o se fija *antes* de la recopilación de datos, el procedimiento de Neyman-

Pearson es a veces denominado  $\alpha$  fijo / nivel fijo (Lehmann 1993) o tamaño fijo (Seidenfeld 1979)

Esto contrasta fuertemente con el valor p basado en datos, que es un variable aleatoria cuya distribución es uniforme  $[0, 1]$  bajo la hipótesis nula. Por tanto, los valores de los errores  $\alpha$  y  $\beta$  definen una región "crítica o de" rechazo "para la estadística de prueba, digamos  $z > 1,96$ . Si la estadística de prueba cae en la región crítica,  $H_0$  se rechaza a favor de  $H_1$ ; de lo contrario, no puede rechazarse  $H_0$ .

### **Conclusiones**

Al informar los resultados de una investigación o de un experimento estadístico, definido éste, como toda actividad que realizamos los ingenieros e ingenieras, y que nos permiten obtener valores y a partir de éstos conocimiento validado, el informe de valores p puede resultar más relevante para quien lee, que afirmaciones como la hipótesis nula se rechaza con un nivel de significación de 0,05 o los resultados no fueron significativos en el nivel 0,05. Poder disponer del valor p asociado con una prueba de hipótesis clarifica al lector para conocer con más exactitud qué tan extraño o qué tan común es el valor calculado de la estadística de prueba dado que  $H_0$  es verdadera. En este primer trabajo sobre la epistemología del valor p concluimos que: a) el p-valor se puede definir como el menor nivel de significación al que se puede rechazar una hipótesis nula cuando es verdadera. b) el p-valor se puede interpretar de distinta forma según el enfoque de Fisher o la Teoría de Neyman-Pearson. c) el valor p no es un valor de  $\alpha$ , ya que este último se basa en una probabilidad frecuentista y el valor p, depende del último valor de la estadística muestral observado. d) El avance de la tecnología permite que el cálculo del valor p sea una tarea de suma facilidad para cualquier distribución de probabilidad e) Las pruebas de hipótesis como se presentan actualmente, encuentran un uso muy destacado en las tareas del aseguramiento y control de calidad, dado que en estas actividades se llevan a cabo muestreos permanentemente.

Desde el punto de vista de la tarea cotidiana, disponer del p-valor no implica inconsistencias. En efecto, el investigador podrá fijar de antemano el nivel de significación según lo establece la Teoría de Neyman-Pearson y, con el resultado que reporta el software decidir sobre el rechazo, o no, de la hipótesis nula.

### Referencias:

- Barnard, G.A. (1935). Control Charts and Stochastic Processes, *Journal of the Royal Statistical Society*, 98, 39-54.
- Besterfield, Dale. (2004). *Control de Calidad*. Cuarta Edición Prentice Hall.
- Vocabulario Internacional de Metrología. (2006)
- Canavos, George C.(1995). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos*. Mc Graw Hill España.
- Fisher, RA.(1925). *Métodos estadísticos para investigadores*. Edimburgo:
- Fisher (1935). La lógica de la inferencia inductiva, *Revista de la Royal Statistical Society*, 98, 39-54.
- Miller, David (Comp.). (1995). Popper. *Escritos Selectos*. México D.F. Fondo de Cultura Económica.
- Montgomery, Douglas C. (1997). *Design and Analisis of Experiments*. 5th Edition, John Wiley, EEUU .
- Montgomery, Douglas.(1996) *Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería*. Mc GrawHill: México.
- Neyman, J.,(1923). *First Course in Probability and Statistics*, NewYork: Holt.
- Ortigala, Julio. (2010) Tesis de Maestría. *Propuesta de una metodología para el aseguramiento de la calidad en un laboratorio de calibración, referente a la magnitud densidad, en el marco de la Norma ISO 17025:2005*". Mendoza.
- Popper Karl. (2001). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Madrid, Paidós.

\* \* \*





# 14

## El ingeniero tecnológico, la estadística y la fábrica inteligente, en el marco de la cuarta revolución industrial

*Julio Ortigala*

**Resumen:** En este trabajo se examinó un cambio que se está produciendo en la ingeniería y en la fábrica en general, como consecuencia de la llamada cuarta revolución industrial, la cual trae aparejado la incorporación masiva de sensores, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el big data, la robótica, el machine learning, para transformar la fábrica en fábrica inteligente. Este artículo tiene como objetivo analizar el rol a cumplir por la estadística en el desarrollo de las tecnologías integradas en la cuarta revolución industrial, a través de redes neuronales bayesianas y las tecnologías de la información y de la telecomunicación, conducidos por algoritmos que trabajan con el objetivo de que la ingeniería lleve a cabo una transformación radical en los procesos productivos, dando como resultado una nueva realidad industrial y la aparición de nuevos instrumentos tecnológicos, nuevos medios de producción, y nuevos sistemas productivos, en la ciudad y en el campo, que exigirán nuevos actores para su exitoso y eficiente funcionamiento. En este contexto, la estadística aporta sus instrumentos para el manejo de los miles de datos producidos, con el objetivo de que la ingeniería conduzca como unidad multidisciplinaria a formular o reformular nuevos paradigmas de producción y nuevos sistemas productivos, que exigirán nuevos actores para su eficiente funcionamiento. Paralelamente, la educación superior en este contexto debe actualizar sus perfiles de formación, el perfil de los egresados, los diseños curriculares, las metodologías de la enseñanza y el aprendizaje, lo que requerirá generar cambios en las actuales competencias debido a la nueva formación interdisciplinaria a abordar en la formación profesional. Por tanto, se requerirán nuevos perfiles profesionales que integren los saberes de la ingeniería básica y aplicada, la estadística, la computación y una nueva mirada epistemológica de la metodología de la investigación, que cambiarán los actuales parámetros de educación superior en el ámbito argentino.

**Palabras claves:** estadística, inteligencia artificial, educación superior.

La estadística y la teoría de la probabilidad se han convertido en herramientas básicas en todos los procesos ingenieriles. Los datos organizados en base a la estadística permiten alcanzar y validar el conocimiento y tomar decisiones en condiciones de incertidumbre. Todo sistema de medición tiene variabilidad y debe estimarse la incertidumbre de medición, para conocer si el proceso de medición está bajo control y dentro de tolerancia. A su vez todo proceso productivo debe ser monitoreado en tiempo real, para lo cual se utilizan las herramientas del control estadístico de procesos, entre ellas las llamadas cartas de control estadístico, que permite obtener el llamado cero defectos, lo cual conlleva a un aumento de la calidad y una disminución en los costos industriales.

En estas aplicaciones es una herramienta clave, y probablemente la única herramienta. La estadística es una rama de las matemáticas que se ocupa de la obtención, orden y análisis de un conjunto de datos con el fin de obtener explicaciones y predicciones sobre fenómenos observados. La estadística consiste en métodos, procedimientos y fórmulas que permiten recolectar información para luego analizarla y extraer de ella conclusiones relevantes. Se puede decir que es la Ciencia de los Datos y que su principal objetivo es mejorar la comprensión de los hechos a partir de la información disponible.

La cuarta revolución industrial también denominada Industry 4.0 y Farm 4.0 nacida en Alemania en 2011, se ha visto impactada por la unión en concordancia de las tecnologías en la producción y en las ingenierías y esto abarca los sistemas productivos tradicionales y modernos. La misma, tendrá su efecto transformador en los modelos productivos, aún con más fuerza que lo hicieron las tres anteriores. Esto conlleva a una transformación en las formas de producción y en los diseños curriculares de la educación superior en ingeniería.

Este artículo tiene como objetivo analizar el rol a cumplir por la estadística en el desarrollo de las tecnologías integradas en la cuarta revolución industrial, en donde se destacan la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el big data, la robótica, máquinas que aprenden de máquinas a través de redes neuronales bayesianas y las tecnologías de la información y de la telecomunicación, conducidos por algoritmos que trabajan con el objetivo de que la ingeniería lleve a cabo una transformación radical en los procesos productivos, dando como resultado una nueva realidad industrial y la aparición de nuevos instrumentos tecnológicos, nuevos medios de producción, y nuevos sistemas productivos, en la ciudad y en el campo, que exigirán nuevos actores para su exitoso y eficiente funcionamiento.

Como consecuencia de la llegada de nuevas herramientas en la fábrica o en un yacimiento petrolero, por poner solo un ejemplo, el perfil del egresado tecnológico deberá adecuarse a esta nueva realidad. Será obligación del sistema formal de educación actualizar los contenidos necesarios para tal fin. La conformación de nuevas competencias debe ser atendidas por el sistema formal con la finalidad de que el futuro egresado pueda insertarse con mayor competitividad en el mundo laboral.

### **Aseguramiento de la Calidad**

El aseguramiento de la calidad de productos y procesos, se constituye en una acción estratégica de todas las organizaciones modernas. Lograr la satisfacción plena del consumidor es una de las claves para garantizar el éxito de los negocios. La utilización de la estadística como ciencia del conocimiento, es la base donde se asientan las metodologías conducentes a este objetivo, lo cual se ha visto incrementado en la llamada fábrica inteligente.

En los últimos años, la aplicación de la estadística se ha visto modificada por la aparición de los llamados datos masivos. Lo que se observa como tendencia, es que, en los distintos ámbitos, productivos y de servicios, como en la ingeniería, la administración, la salud, se produce la adquisición de datos

cada vez más complejos, por lo que la aplicación de técnicas estadísticas más abarcativas, es una necesidad cada vez más influyente. Poseer un gran volumen de datos no siempre garantiza que se pueda observar claramente la realidad, lo cual genera una cierta contradicción.

Un ejemplo concreto de lo afirmado se encuentra en el llamado big data y se puede aseverar que poseer un gran volumen de datos, no es la única condición para definir la situación como big data. Existen otras cinco condiciones que se deben reunir para que se pueda definir como big data y que se representan como 5Vs, que representan las iniciales de: volumen, velocidad, valor, veracidad y variedad. Así el big data no obedece solo al volumen sino también a la complejidad de los datos, a la velocidad que se toman, al número y tipo de variables diferentes entre otras características. De forma general, se puede definir al big data como un conjunto de datos grandes, diversos, complejos, longitudinales, generados por una alta gama de elementos de medidas y sensores

Ha sido una práctica habitual considerar “que con suficientes datos, los números hablan por sí mismos, lo cual supone un riesgo que puede conducir a inferencias erróneas” (Crawford, 2013, p.25). Es fundamental considerar el sesgo del muestreo en el análisis estadístico del big data. Este problema ya ha sido investigado (Cao, 2015, p.9). Si la distribución de probabilidad de la población de los datos obtenidos no es simétrica, el problema de la inferencia estadística no paramétrica en big data bajo presencia de sesgo de muestreo, producirá resultados incorrectos.

Cuando no se conoce la distribución de probabilidad de la población, se puede trabajar tomando una muestra aleatoria simple de pequeño tamaño de la población real o tomar una muestra de una población que presenta dos sesgos.

Una de las tareas fundamentales de la ciencia estadística, es la inferencia inductiva de los datos a modelos y conclusiones científicas. Esta tarea central seguirá siendo muy relevante en el advenimiento de conjuntos de datos masivos. Por lo tanto,

la evaluación de las incertidumbres o de los errores de tipo I y tipo II, es crucial y las estadísticas bayesianas o las frecuentistas ofrecen caminos alternativos con una larga historia, para abordar este problema.

### **Control Estadístico de Procesos**

El control estadístico de procesos (CEP) es una de las herramientas estadísticas comprendidas en el aseguramiento de la calidad junto con el seis sigma, el diseño de experimentos y el muestreo para aceptación entre otras herramientas. Con el CEP podemos controlar un proceso dentro de línea, o sea en el momento en que se está fabricando un determinado producto o llevando adelante un proceso, a través de las cartas de control estadístico de procesos. Con el muestreo para aceptación podemos controlar la calidad de las materias primas y los insumos o sea es una metodología fuera de línea.

Los problemas a resolver en relación con el nuevo tipo de datos, están relacionados con el control del espacio temporal, el desarrollo de perfiles en la distribución temporal de los datos, uso de datos autocorrelacionados y monitoreos de datos de alta dimensión. Se requiere para este nuevo tratamiento, el empleo de herramientas aplicables a datos tomados a lo largo del tiempo, que sean capaces de detectar rápidamente un cambio en el proceso especificado debido a causas asignables

Cuando se habla de conjunto de datos masivos, estos pueden ser porque sea un conjunto grande (lo que se denomina a lo largo) o un conjunto muy grande de variables lo que sería un problema de big data a lo ancho. Desde este punto de vista desde la perspectiva de la estadística será necesario examinar la validez de un gran número de hipótesis ligadas a ese enorme número de variables.

Hoy, la información es una cuestión normal, accesible a cualquier persona y no es más un "privilegio". Durante la tercera revolución hace unos 35 años, el concepto de recolección de datos para el control de proceso dio un gran

salto hacia delante. Esto sucedió por la época en que la combinación de tecnología electrónica y la economía permitieron que la medición se volviera digital. Con una señal digital disponible fue posible transferir información a través de un cable directamente desde un calibrador digital, un micrómetro o un indicador hacia un recolector de datos. Esto hizo mucho más práctico la toma de decisiones de control de proceso basadas en el análisis estadístico.

Como la mayoría de las funciones centrales en una empresa industrial, el control estadístico de los procesos inevitablemente debe seguir una triada dada por la obtención de los datos, la tecnología necesaria para este logro y el análisis de los datos, acompañados por el conocimiento y las prácticas desarrolladas y adquiridas durante casi 100 años, desde el iniciático trabajo de Walter A. Shewhart a principios de la década de 1920. El control estadístico de procesos (CEP) es una actividad de importancia central en empresas de todo el mundo, ya que les permite alcanzar niveles más altos de rendimiento en seguridad, eficiencia, calidad, rentabilidad y gestión ambiental. Un análisis retrospectivo de la evolución del control estadístico de procesos desde su introducción, demuestra claramente la constante lucha emprendida para situaciones de aplicaciones nuevas y más exigentes, caracterizados por estructuras de datos más difíciles de manejar que surgen de procesos cada vez más complejos. Una de las tendencias identificables de las 10 décadas de existencia de CEP es el paso de univariante, a multivariante, y a alta dimensión ("megavariado") en la aplicación de variables cualitativas y cuantitativas.

Como respuesta a la creciente disponibilidad de sensores y sistemas de adquisición de datos que recopilan información de unidades de proceso y corrientes (p. ej., temperatura, caudal, presión, pH, conductividad, etc.), los enfoques univariados desarrollados inicialmente evolucionan rápidamente a metodologías de multivariados y aparecen las cartas de control multivariadas, basadas en su gran mayoría en el estadístico T<sup>2</sup> de Hotelling, lo que permite controlar varias variables correlacionadas.

## **Conclusiones**

La revolución 4.0 y la fábrica inteligente han hecho su irrupción en nuestra realidad social y productiva. Su influencia será tan importante como en su momento lo fue la de la electricidad (Schwab, K, 2016, p.32). Aunque su impronta marque diferencias apreciables con la revolución 3.0, hay un elemento en común entre ambas y es la importancia fundamental que representa la alta calidad de los productos obtenidos en las fábricas y la optimización de los procesos productivos.

Es imperioso que nuestros alumnos/as tengan acceso a una formación teórica y práctica en las que se simulen condiciones industriales y tecnologías de vanguardia tales como la industria 4.0. Para lograr esto hay que realizar actualizaciones de nuestros diseños curriculares y la incorporación en nuestros laboratorios universitarios de sensores y procesos totalmente automatizados.

Los datos recopilados durante el monitoreo de la utilización de activos se pueden analizar para mejorar la calidad de los procesos industriales, por ejemplo, a través de la detección de fallas, mantenimiento predictivo y monitoreo del consumo de energía.

El control estadístico de procesos (SPC), el control avanzado de procesos (APC) y las estrategias Six Sigma se pueden utilizar en dichos datos para mejorar el control del proceso. Los grandes datos y la interpretación que se haga a partir de la utilización de las herramientas proporcionadas por la estadística, desempeñarán un papel clave, ya que se utilizarán técnicas de análisis avanzadas para comparar e interpolar los datos recopilados de los sensores con la información relacionada que está disponible en la nube, de modo que se puedan elaborar soluciones más eficientes. Por ejemplo, los datos recopilados mientras se monitorea un comportamiento inusual de una máquina se pueden analizar con datos en la nube para encontrar patrones similares que sugieran alguna anomalía.

## **Bibliografía**

- Markopoulos Angelos and Vosniakos George (2016). New Challenges for Quality Assurance of Manufacturing Processes in Industry 4.0. Solid State Phenomena. Volumen 261. pag(43-55).
- Montgomery, D. (2007). Control Estadístico de la Calidad. México, D.F. Limusa-Wiley.
- Nasir, N., Hashim, A. Y. B., Fauadi, M. H. F.Md. & Ito, T. (2018). Statistical Process Control as a Traceability Tools for Industry 4.0. Mechanical Engineering Research Day. Volumen 2, 89-90.
- Pilloni Virginia.(2015). How Data Will Transform Industrial Processes: Crowdsensing, Crowdsourcing and Big Data as Pillars of Industry 4.0. Department of Electrical and Electronic Engineering (DIEE), University of Cagliari. Cagliari, Italy.
- Rendón H. D. (2013) Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Medellín. Colombia: Ed Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Sackey, S.M. and Bester, A. (2016). Industrial engineering curriculum in Industry 4.0 in a South African context. S. Afr. J. Ind. Eng. [online]., vol.27, n.4, pp.101-114. ISSN 2224-7890. <http://dx.doi.org/10.7166/27-4-1579>.
- Schwab, Klaus(2016). La cuarta revolución industria. España; Ed.Penguin.

\* \* \*



## Innovación Digital para Medir Color Sensorial en Agroindustrias

*Matilde Césari; Santiago Pérez; Higinio Facchini*

**Resumen:** En los últimos tiempos, se ha hecho evidente el impacto de las nuevas aplicaciones de gestión de imágenes digitales y tecnologías de hardware de acceso abierto en entornos informáticos. Sin embargo, aún es bajo el nivel de conocimiento de los profesionales de las respectivas áreas para aprovechar algunos programas especializados, en entornos donde se demandan métodos innovadores de procesamiento de imágenes digitales. Una de esas áreas es la Agroalimentaria, y, específicamente, en los procesos de evaluación sensorial con o sin instrumentos. Es posible utilizar varios tipos de colorímetros o espectrofotómetros para medir su color, pero no corresponde necesariamente al color percibido sensorialmente por alguien (por ejemplo, un jurado). Se han investigado y evaluado herramientas o recursos de procesamiento de imágenes digitales, para la medición y evaluación del color, en estudios de calidad sensorial de alimentos de origen vegetal. El objetivo principal fue establecer una metodología alternativa y/o complementaria a las tradicionales, para medir el color de los alimentos con técnicas de procesamiento de imágenes digitales, combinando un escáner para la captura, edición de imágenes y aplicaciones de exploración de datos (por separado se ha presentado un artículo que describe un Caso de Estudio detallado en ECEFI 2020).

**Palabras claves:** procesamiento digital de imagen, color sensorial, índice de color

El procesamiento digital de imágenes involucra metodologías para el análisis de imágenes, y es útil para obtener información cuantitativa. El avance tecnológico en el desarrollo de hardware y software ha provisto herramientas, para la captura de imágenes, y algoritmos para el análisis,

que permiten evaluar de manera no destructiva y objetiva, el color en un alimento (Medina, Santos, Bonilla).

Se han desarrollado diferentes programas para efectuar labores, como estudiar, por ejemplo, la superficie irregular de un área específica, cuya realización es compleja mediante cálculo de áreas. Sin embargo, cuando se hace uso de una herramienta de edición de imagen se agiliza toda esta labor. El poco conocimiento, para manejar programas especializados en la manipulación y tratamiento de imágenes digitales, es una de las razones por las cuales las investigaciones no tienen los resultados previstos, lo que conlleva a gastos innecesarios de recursos y tiempo.

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada, y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, el fondo, la superficie, el brillo y la temperatura (Delmoro).

Los Espacios de Color son una herramienta importante en el procesamiento digital de imágenes, ya que permiten analizar cada píxel desde otro punto de vista, y así aprovechar toda la información presente dentro de la imagen. Los trabajos más recientes realizados en esta área se relacionan con la segmentación de imágenes a color, la localización de objetos, análisis de textura, morfología matemática, estandarización de imágenes a color, entre otros (Santos, Avila).

Las herramientas comúnmente empleadas en el diseño gráfico, como cámaras digitales, escáneres, computadoras y programas de edición de imágenes, pueden utilizarse para procesar y analizar imágenes mediante la implementación de Sistemas de Visión por Computadora (CVS), y sustituir en gran medida, y más económicamente, el uso de cartas de colores, colorímetros y espectrofotómetros. Las técnicas de visión artificial han sido ampliamente utilizadas en la identificación y análisis de imágenes (Urbano, Cárdenas, Saldana, Castro, Barahona, Fernández, Lu).

Uno de los objetivos de los CVS es reemplazar el proceso de toma de decisiones que se realiza visualmente (por jueces en procesos de evaluación) por métodos automáticos. Éste tipo de sistemas puede ayudar a la toma de decisiones complejas con mayor precisión, rapidez y con mayor consistencia durante largos periodos de tiempo (sun).

La metodología propuesta permite la medición del color, y se puede aplicar, entre otros casos, para medir diferentes atributos de apariencia de los alimentos, cuantificar colores estándar de frutas y hortalizas en RGB, HVS y la evaluación de espacios de color  $L^*a^*b^*$ , además de las condiciones físicas externas que afectan los resultados (Fernandez, Lu, Rodriguez, Girolami, Otlés).

## **Estado del Arte**

### **A. Medición del color**

Hay dos procedimientos fundamentales para medir el color: sensorial e instrumental. En el procedimiento sensorial, la medición estricta consiste en hacer uso de un panel de evaluadores entrenados, siguiendo la Norma IRAM 20022 (2004), y utilizando referencias, que pueden ser el Atlas RHS, las Guías Pantone, el Sistema Munsell, u otros. El sistema visual humano tiene una gran habilidad para discriminar entre colores, pero una pobre memoria visual, por lo que la valoración del color ayudada por patrones, como los mencionados, mejora las valoraciones visuales (Delmoro, Novoa, Heredia, Leon). También se encuadran entre las evaluaciones sensoriales, la aplicación de un sistema visual que compara el producto en estudio con un prisma coloreado estándar. Por otro lado, el método instrumental consiste en el uso de técnicas en las cuales se mide la reflectancia o transmitancia de la muestra. Se utilizan instrumentos conocidos, como espectrofotómetros o colorímetros triestímulos. Tienen la desventaja de que la superficie del material, cuyo color se va a medir, debe ser homogénea y que se mide sobre un área muy pequeña, lo que hace poco representativo al resultado (Delmoro, Mendoza). Estos instrumentos integran el valor de la medida en el área de la

muestra sobre la que se aplican. Debido a la integración efectuada, se obtiene un valor promedio que, en los casos de “muestras texturadas” y “muestras con una distribución de color no uniforme”, no describe adecuadamente la compleja realidad calorimétrica de la muestra original. Esto es especialmente crítico si tenemos en cuenta que la percepción del color puede cambiar en función de la distribución del color en el entorno, por lo que es muy importante que la descripción del color sea plausible perceptualmente (Cuquerella).

La tendencia actual es analizar digitalmente la imagen, y transformar las coordenadas o el espacio de color sRGB (o estándar RGB del inglés Red-Green-Blue), mediante modelos matemáticos, en las correspondientes coordenadas de los espacios cromáticos CIELa\* b\* y CIELuv, para su posterior análisis. Como antecedente se destaca la metodología expuesta en el presente trabajo, para obtener índices de color en base al método de captación de imágenes, acorde con (Vásquez, Padrón, Angulo). Además, se ha considerado que en las imágenes en zona paraxial existen regiones que deben discriminarse. Estas regiones, sino son excluidas, ocasionan errores en el cálculo del valor de color promedio de las muestras. Para evitarlo se incluye una técnica de segmentación por regiones (Guerrero).

Los métodos de digitalización de imágenes, como el que se propone en este trabajo, en general, permiten medir y analizar el color de las superficies de los alimentos. Y aunque no permiten aún reemplazar los sofisticados sistemas de medición instrumentales espectrofotométricos, son una alternativa viable por lo versátil, económica y sencilla (Salomón, Yam), para considerarla al menos como un complemento muy útil. Aunque, en algunas aplicaciones, especialmente en aquellas que no se dispone de instrumental espectrofotométrico, los métodos de digitalización de imágenes podrán incorporarse progresivamente en las tareas cotidianas de estos estudios.

## **B. Procesamiento digital de imagen**

El Análisis Digital de Imágenes es el área de la Ingeniería que se encarga de la extracción de mediciones, datos o información contenida en una imagen. Incluye aquellas técnicas cuyo principal objetivo es facilitar la búsqueda e interpretación de la información contenida en ellas. Un sistema de análisis de imágenes se distingue debido a que tiene como parámetro de entrada una imagen, y cuyo resultado es comúnmente una salida numérica, en lugar de otra imagen. Esta salida es la información referente al contenido de la imagen de entrada (Urbano, Noor). Sin embargo, para llegar desde la imagen original al conjunto de parámetros e información extraída de la misma, es necesario pasar por distintas etapas de procesamiento y filtrado, donde se analiza la imagen y se adecua a cierta aplicación específica.

La segmentación de imágenes, para evaluar características de apariencia de las muestras de alimentos, es el paso previo para la obtención de imágenes con color promediado, que permite extraer regiones de interés para su análisis en imágenes digitales. En la actualidad existe un sin número de herramientas digitales creadas para un trabajo específico, en las diferentes áreas científicas (lamentablemente obtener las licencias representa un alto costo). Luego, la exactitud en la medida del color mediante imagen digital, se realiza comparando los resultados obtenidos con los determinados por un instrumento de referencia, como la guía de color PANTONE® solid (Carls-tadt, New Jersey, USA); y contrastados con resultados de pruebas sensoriales.

## **C. Índice de color**

Éste índice describe la coloración, y permite seguir la evolución del mismo. El modelo  $L^*a^*b^*$  determina el color de acuerdo a la posición en el espacio en tres dimensiones (3D). El sistema definido de esta forma se llama CIELAB, y utiliza las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . En una muestra de alimentos, estos parámetros designan:  $L^*$ : la luminosidad (0=negro y 100=blanco);  $a^*$ : el color rojo (valores positivos) o verde

(valores negativos), y  $b^*$ : el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos);  $a^*$  y  $b^*$  son los dos componentes cromáticos cuyos valores van desde -120 a 120 (Leon Noor, Francis).

Cada color tiene su propia apariencia basada en tres elementos: matiz, valor y croma. Al describir un color usando estos tres atributos se identifica con precisión un color específico, y se distingue de cualquier otro. Cuando se pide que se identifique un color, lo primero que, probablemente, se hace es hablar del matiz. Sencillamente el matiz es como se percibe el color de un objeto: rojo, anaranjado, verde, azul, etc. Los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  permiten describir el matiz o tono. El croma describe lo llamativo o lo apagado de un color - en otras palabras, qué tan cerca está el color ya sea al gris o al matiz puro; también se lo conoce como saturación, y suele obtenerse a partir de la ecuación  $(C^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  (Thai). Algunos autores (López) señalan que este parámetro no es un buen indicador del color, ya que sólo indica la pureza o saturación del mismo, pudiendo suceder, en consecuencia, que muestras con diferente color presenten valores similares de este parámetro. Finalmente, se llama valor a la intensidad lumínica, es decir, a su grado de claridad. El parámetro  $L^*$  nos permite ver la claridad (Albertí).

A partir de estas ternas de valores se pueden establecer relaciones matemáticas, que permiten asignar a cada uno de ellos un valor numérico único, que puede sufrir modificaciones, aumentándolo o disminuyéndolo en forma gradual y uniforme, a medida que evoluciona el color medido, dentro de un intervalo, y para una gama de colores determinada. Esta relación ha sido también utilizada para el desarrollo de diversos modelos matemáticos, con la finalidad de determinar índices de color. Algunos investigadores utilizan solamente los valores de  $a^*$ ; otros la relación  $a^*/b^*$ . También es utilizado para el desarrollo de modelos matemáticos que expresan correlación entre el contenido de licopeno y los cambios de color expresados como  $(a^*/b^*)^2$  (López, Zapata). Tras numerosos estudios y experiencias sobre la evolución del color superficial de alimentos vegetales (frutihortícolas), se

propuso, en 1981, el índice de color definido por la expresión:  $IC = 1000.a/L.b$ . Las medidas de estos parámetros se realizan con un colorímetro triestímulos, iluminante CIE D-65, y área de medida circular de 8 mm de diámetro. Esto da una muy buena correlación con la apreciación visual, en un intervalo de colores determinado y para una gama de colores establecida [35].

### **Propuesta metodológica usando Sistemas Computarizados**

La metodología que se propone considera la utilización de un Sistema Computarizado (SC) formado por un scanner digital (plano) y un computador (Laptop), que puede aplicarse sobre muestras de variedades de hortalizas, o jugos de uva con diferentes procesos de elaboración. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes pasos metodológicos: el diseño experimental, la segmentación de la imagen, el promediado de color de imagen recortada, y la estandarización (contraste) del color promedio según el patrón Pantone (modelo). Estos pasos se presentan a continuación.

#### **A. Diseño experimental**

La propuesta pone énfasis en que la medición del color usando Sistemas Computarizados puede realizarse en paralelo con la prueba sensorial, utilizando los mismos productos evaluados por panel, o degustadas por un grupo de consumidores. Para medir el color se propone seguir el mismo diseño del ensayo planificado para el análisis sensorial del alimento. De esta forma, es como incorporar muestras para un panelista "virtual". Esta muestra puede escanearse, y no manipularse ni antes ni después del proceso de cata. En el diseño de un laboratorio para evaluación sensorial se deben tener en cuenta ciertas características, para evaluar atributos de aspecto y color. Por ejemplo, la luz y el color de paredes y muebles son importantes, como la utilización de lámparas especiales. Considerando esto, también para escanear las muestras se debe considerar algunas indicaciones, basadas en las experiencias propias y de la gran variedad de bibliografía relacionada con captación de imagen digital.

La propuesta metodológica considera un escáner de tipo cama plano, que permita la digitalización de fotos a color de 24 bits y 600ppp, parámetros que se consideran adecuados, y comunes en la mayoría de la bibliografía. Además, este tipo de escáner resulta práctico para su manipulación. En el caso de productos en estado líquido se puede utilizar un envase plástico ultra fino y transparente y, eventualmente, el uso de Petris. En el caso de alimentos sólidos, enteros o procesados, se pueden colocar de manera directa sobre el vidrio del escáner. En cada escaneo se debe limpiar el vidrio del escáner para evitar que se empañe por el sudor de la muestra.

El escáner ya posee un fondo de color blanco mate y la adecuada luminosidad. Pero para tener un ensayo controlado a la luz de los costados, se tiene que tapar el escáner con una caja, o un paño blanco mate, en el caso de líquidos. Se pueden utilizar envases con paredes blancas y fondo transparente. En el caso de sólidos, el producto se puede tapar con caja interior blanca.

## **B. Segmentado de imagen**

La metodología considera que debe incorporarse la segmentación. Se propone su uso para evitar sombras, poniendo fondo negro, y filtrando imperfecciones, manchas, etc. (por ejemplo, los nervios o venas de la hoja de espinaca producen sombras; el epicarpio de las naranjas y los limones presentan manchas por oleocelosis, rameado, y las producidas por los orificios o cavidades naturales de la cáscara; el epicarpio de la papa posee manchas causadas por las hendiduras que resguardan las yemas vegetativas y las lenticelas; en epicarpios de plátanos maduros y verdes son características sus manchas negras “pecas”; en chuletas de cerdo, pechugas de pavo y pulpas de plátano maduro y papayas se hace evidente cierto brillo).

Estas regiones, si no son excluidas, ocasionan errores en el cálculo del valor de color promedio de las muestras. Para evitarlo se puede utilizar una técnica de segmentación por regiones, para subdividir las imágenes en zona paraxial en regiones de interés, mediante el software Adobe®



Photoshop® (Adobe Systems Incorporated, San José, CA, USA) (ASI 2007), o similar. Al efecto se evaluó, con resultados significativos, el software Photoshop CC Extended, versión gratuita o por suscripción. En la evaluación se utilizó la versión C5 y C6 Extended. En las pruebas se trabajó con muestras escaneadas y catalogadas. Se procedió a abrir la imagen original, y a cambiar el espacio de color de RGB a CIE Lab, desde el menú Imagen, seleccionando Modo, Color Lab. Se guardó la imagen con formato del Photoshop, y en la paleta color se cambiaron los reguladores RGB, por los reguladores  $L^*a^*b^*$ .

En muestras de textura lisa o uniforme, como tomate maduro y verde, y papa, no se hace necesaria la segmentación de las imágenes, a menos que se considere alguna mancha o sombra. En el caso de usar Petris, con soluciones o productos líquidos, con la herramienta de Selección Marco Elíptico, se puede seleccionar una circunferencia en el medio de la imagen, descartando los bordes. Según la resolución ppp de la imagen, el diámetro varía. Para las imágenes de 600ppp, se puede recortar una zona circular de 1800 píxeles, a partir del menú contextual (botón derecho del mouse) invirtiendo la selección, y presionando suprimir, para eliminar el fondo y dejar solo la circunferencia con la muestra. Es conveniente usar el color negro para rellenar la zona eliminada.

En productos sólidos se puede utilizar la herramienta de selección Varita Mágica, para seleccionar regiones del fondo a eliminar. Para sombras y manchas o defectos a eliminar, se puede recurrir a la herramienta Gama De Colores, del menú Selección. Con la opción muestreados y pre visualización, con máscara rápida, se puede usar el porcentaje de tolerancia, para indicar más o menos zonas de colores atípicos o sombras, según el ruido.

### **C. Promediado de color de imagen recortada**

Automáticamente, en el menú Filtro, submenú Desenfocar, opción Promediar, se puede realizar la sumatoria de todos los píxeles de las imágenes, menos las sombras, manchas o brillantez seleccionadas. Con la herramienta Cuentagotas se puede tomar una muestra del color promediado, cuyas

coordenadas CIE  $L^*a^*b^*$  quedarán reflejadas en la paleta de colores. Al elegirlo, se está en condiciones de ingresar al selector del color, donde se pueden obtener los parámetros del color medio escaneado.

Por otro lado, la obtención de las coordenadas de color utilizando IMAGEJ inicia con la selección de cada una de las imágenes a procesar. El software carga la imagen y permite delimitar el área de trabajo. Finalmente, se obtienen los valores en el espacio RGB (Vásquez). Efectivamente, usando ImageJ, con Open RGB, se determinaron las coordenadas  $L^*a^*b^*$ , calibradas para observador e iluminante D65/2°.

#### **D. Estandarizar el color promedio según Pantone (modelo)**

Una medida de la exactitud en la determinación del color mediante escáner, se puede obtener comparando los resultados obtenidos con los determinados por un instrumento de referencia. Como instrumento se evaluó el contraste con la guía de color PANTONE® solid matte (Carls-tadt, New Jersey, USA). A través de un algoritmo de aprendizaje de máquina supervisado KNN - k-nearest neighbours (método k-vecinos más cercanos) (Reyes, Rodríguez), se puede obtener la estandarización del color medido, clasificándolo entre una amplia variedad de bibliotecas de colores, entre las que se incluyen las guías de colores PANTONE® (X-Rite, Inc., Grand Rapids, MI, USA (Rodney). En la metodología propuesta, se considera que este método es el más apropiado para encontrar el Pantone más parecido al medido. Básicamente, consiste en comparar la nueva instancia a clasificar con los datos k más cercanos conocidos, y dependiendo del parecido entre los atributos, el nuevo caso se ubicará en la clase que más se acerque al valor de sus propios atributos. Para clasificar un nuevo color, primero, se debe ubicar el dato a clasificar en el plano Euclidiano; segundo, se determina un "radio de vecindad"; tercero, se traza una circunferencia cuyo centro es el dato a clasificar (la circunferencia deberá encerrar uno o varios casos de entrenamiento cercanos a la incógnita).

#### **Conclusión**

Se determinó un nuevo enfoque metodológico de medición del color con técnicas de procesamiento de imagen digital a través de un escáner, programas de diseño gráfico y un modelo de clasificación con catálogo normalizado de color (Pantone). Mediante la medición del color, en relación con la calidad sensorial, se puede diseñar y crear una Paleta de Colores normalizados (Calibre de Color) para cada alimento vegetal.

Los resultados de las mediciones de color y otras características de apariencia, utilizando tecnología de visión artificial, han demostrado que se correlacionan estrechamente con los de la evaluación sensorial visual del color y, por lo tanto, representa un procedimiento práctico, que permite la medida del color sensorial en forma rápida y directa, con la suficiente aproximación y objetividad aceptable, para su fácil transferencia al medio productivo.

La tecnología de procesamiento digital de imágenes es uno de los campos TICs en que más se ven avances, y da más comodidad a la sociedad, brindando mejores opciones a la hora de realizar una determinada actividad. Los programas de tratamiento digital están avanzando rápidamente para satisfacer las necesidades de las personas. Son confiables, ahorran mucho tiempo y sus datos son publicables. En el caso del procesamiento de imágenes digitales utilizando el software ImageJ, se comprobó que permite un análisis rápido de la totalidad de la imagen, y de las coordenadas de color, que pueden transformarse del espacio RGB a  $L^*a^*b^*$  con alta calidad, incluso superior a Photoshop. Si bien ImageJ está relativamente orientado al tratamiento digital de imagen en el ámbito de las ciencias de la salud, es lo suficientemente amplio y potente para ser utilizado en el tratamiento de la imagen en general, en cualquier entorno, aunque especialmente en aquellos de carácter científico o técnico, lo cual lo convierte en un software del que se podría sacar partido en área de agroindustria para el estudio de color en alimentos de origen vegetal. Los macros, los scripts y especialmente los plugins programados en lenguaje Java a partir de la API que ofrece, hacen que ImageJ pueda crecer

hasta llegar a solucionar casi cualquier problema de tratamiento digital de imagen.

A los fines prácticos experimentales, se ha presentado un Caso de Estudio en un artículo por separado en ECEFI 2020.

## Referencias

- Albertí, P.; Panea, B.; Ripoll, Sañudo, C.; Olleta, J.; Negueruela, I. y Serra, X. (2000). *Medición del color. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología–INIA, Madrid, España, pp. 159-166.
- Angulo, J. y Serra, J. (2005). *Segmentación de imágenes en color utilizando histogramas bi-variables en espacios color polares luminancia/saturación/matiz*. Computación y Sistemas, vol. 8, no. 4, pp. 303-316.
- Ávila, M.; Alezones, J.; Jayaro, Y.; Romero, M.; Castellanos, Y.; Pernalet, G. and Crachiolo, S. (2018). *Confiabledad de la evaluación visual de granos de maíces blancos y amarillos en venezuela empleando imágenes digitales*. Bioagro, vol. 30, no. 3.
- Barahona, E.; Medina, J. y Díaz, E. (2012). *Sistema de posicionamiento aplicado a la técnica de impresión 3D modelado por deposición fundida*. Revista de investigación, desarrollo e innovación, vol. 3, no. 1, pp. 25-32, 2012.
- Bonilla-González y Prieto-Ortiz, F. (2016). *Determinación del estado de maduración de frutos de feijoa mediante un sistema de visión por computador utilizando información de color*. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, vol. 7, no. 1, pp. 111-126.
- Cárdenas, J. y Prieto-Ortiz, F. (2015). *Diseño de un algoritmo de corrección automática de posición para el proceso de perforado PCB, empleando técnicas de visión artificial*. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, vol. 5, no. 2, pp. 107-118.
- Castro Camacho, J.; Cerquera Peña, N. y Gutierrez Guzmán, E. (2013) *Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (Psidium guajava cv. Guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes*. Revista EIA, vol. 10, no. 19, pp. 79-89.
- Cuquerella, J.; Martínez-Jávega, J.; Monterde, A.; Navarro, P. y Salvador, A. (2004). *Nuevo sistema de medida de color para cítricos*. Revista Levante Agrícola, Ediciones LAV 372 Especial Postcosecha.

- Delmoro, J.; Muñoz, D.; Nadal, V.; Clementz, A. y Pranzetti, V. (2010). *El color en los alimentos: determinación de color en mieles*. Invenio: Revista de investigación académica, vol. 25, pp. 145-152.
- Fernandez, L.; Castellero, C. y and Aguilera, J. (2005). *An application of image analysis to dehydration of apple discs*. Journal of Food Engineering, vol. 67, no. 1-2, pp. 185-193.
- Francis, F. y Clydesdale, F. (1975). *Food colorimetry: Theory and applications*. Westport, Conn, The AVI Pub. Co, USA.
- Girolami, A.; Napolitano, F.; Faraone, D. y Braghieri, A. (2013). *Measurement of meat color using a computer vision system*. Meat science, vol. 93, no. 1, pp. 111-118.
- Guerrero, M.; Rojas, J.; Acevedo, J.; Serrano, G. y Vivanco, A. (2004). *Segmentación de imágenes de color*. Revista Mexicana de física, vol.50, no. 6, pp. 579-587.
- Heredia, F. (2009). *El color: fundamentos y Aplicaciones*. Universidad Nacional de Sur, Bahía Blanca.
- Leon, K.; Mery, D.; Pedreschi, F. y Leon, J. (2006). *Color measurement in L\* a\* b\* units from RGB digital images*. Food research international, vol. 39, no. 10, pp. 1084-1091.
- López Camelo, A. y Gómez, P. (2004). *Comparison of color index for tomato ripening*. Horticultura Brasileira, vol. 22, no. 3, pp. 534-7.
- Lu, J.; Tan, J.; Shatadal, P. y Gerrard, D. (2000). *Evaluation of pork color by using computer vision*. Meat science, vol 56, n1, pp57-60.
- Medina Andia, J., Ventocilla, I. y Pool, J. (2013). *Diseño de un prototipo para el control de calidad del proceso de selección de limones aplicando técnicas de procesamiento de imágenes*.
- Mendoza, F. y Aguilera, J. (2004). *Application of image analysis for classification of ripening bananas*. Journal of Food Science, vol. 69, pp. 471-477.
- Noor, A.; Mokhtar, M.; Rafiqul, Z. y Pramod, K. (2012). *Understanding color models: A review*. ARPN Journal of Science and Technology, vol. 2, no. 3, pp. 265-275.
- Novoa, D. y Navas, J. (2012). *Caracterización colorimétrica del manjar blanco del valle*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA, vol. 10, no. 2, pp. 54-60.
- Otles, S.; Hajslova, J. y Cajka, T. (2008). *Handbook of Food Analysis Instruments*. Taylor & Francis Group, LLC, ISBN-10, 1420045660.

- Padrón-Pereira, A. (2010). *Procesamiento digital de imágenes de frutos de semeruco (Malpighia glabra L.) durante el crecimiento y maduración*. Revista Científica Electrónica de Agronomía, vol. 17, no. 2, pp. 1-17.
- Reyes, J.; Montes, A.; González, J. y Pinto, D. (2013). Clasificación de roles semánticos usando características sintácticas, semánticas y contextuales. *Computación y sistemas*, vol. 17, no. 2, pp. 263-272.
- Rodney, A. (2005). *Color management for photographers. Hands on techniques for Photoshop users*. Elsevier, Inc., Focal Press, Oxford, United Kingdom, pp. 23.
- Rodríguez-Pulido, F.; Gordillo, B.; González-Miret, M. y Heredia, F. (2013). *Analysis of food appearance properties by computer vision applying ellipsoids to colour data*. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 99, pp. 108-115.
- Saldana, E.; Siche, R.; Castro, W.; Huamán, R. y Quevedo, R. (2014). *Measurement parameter of color on yacon (Smallanthus sonchifolius) slices using a computer vision system*. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 59, no. 2, pp. 1220-1226.
- Salomón, N.; Missler, V.; Delrieux, C. y Miranda, R. (2015). *Análisis digital de descriptores de color en trigo*. *Revista Internacional de Botánica Experimental*.
- Santos, J. y Campañone, L. (2018). *Análisis digital de imágenes para evaluar el encogimiento de fresas sometidas a tecnologías emergentes de procesamiento*. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, vol. 5, no. 2, pp.33-51.
- Sun, D. (2016). *Computer vision technology for food quality evaluation*. Academic Press, 2016.
- Thai, C.; Shewfelt, R. y Garner, J. (1990). *Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models*. *Transactions of the ASAE*, vol. 33, pp. 607-614.
- Urbano, O. y Ceballos, D. (2018). *Evaluación de la calidad el café tostado utilizando herramientas de procesamiento digital de imágenes*. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, vol. 1, no. 30, pp. 30-41.
- Vásquez Riascos, A. (2015). *Estimación de las coordenadas CIEL\* a\* b\* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Yam, K. y and Papadakis, S. (2004). *A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces*. *Journal of Food Engineering*, vol. 61, pp. 137-142.

Zapata, L.; Gerard, L.; Davies, C.; Oliva, L. y Schwab, M. (2007).  
Correlación matemática de índices de color del tomate con  
parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencia,  
docencia y tecnología, vol. 34, no. 18, pp. 207-226.

\* \* \*





## 16

### Caso de Estudio: Procesamiento Digital de Imágenes para Medir Color en Zanahorias y Uva

*Matilde Césari; Santiago Pérez; Higinio Facchini*

**Resumen:** El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información. Las nuevas aplicaciones de gestión de imágenes digitales y tecnologías de hardware de acceso abierto en entornos informáticos han impactado en diversas áreas como la Agroalimentaria, y, específicamente, en los procesos de evaluación sensorial con o sin instrumentos. El objetivo de este trabajo es presentar un caso de estudio de medición y evaluación del color de calidad sensorial de alimentos de origen vegetal. Se obtuvo una medida de la precisión en la determinación del color, mediante un escáner, comparando los resultados con un instrumento de referencia estándar (PANTONE®), y utilizando el análisis de componentes principales, y el análisis de correspondencia simple. Se presentan los resultados experimentales en jugo de zanahoria y uva. La correlación con las pruebas sensoriales muestra que se puede obtener un índice de color más objetivo, utilizando los recursos más baratos y disponibles en la actualidad. La metodología seguida ha sido publicada en el ECEFI 2020.

**Palabras claves:** procesamiento digital de imagen, caso de estudio, índice de color

Para este trabajo se utilizó equipamiento computacional estándar (una PC y un escáner), y varios programas para el procesamiento y tratamiento digital de las imágenes. Algunos fueron comerciales, como Adobe Photoshop (Adobe) y el módulo de análisis sensorial de Xlstat (Xlstat), y otros libres, como IMAGEJ (IMAGEJ) and DTM (Data and Text Mining) (DTM). Photoshop se empleó para la edición de imágenes en general y es ampliamente conocido a nivel mundial; y ImageJ procesa imágenes digitales, escanea de forma personalizada y analiza resolviendo problemas de proceso y análisis de

imágenes de células, imágenes radiológicas, y compara múltiples datos de imágenes. También, ImageJ tiene muchas opciones para mejorar el aspecto de la imagen, manejo de pilas de imágenes (stacks) etc., y además, mediante "plugins", se pueden añadir más funciones, y mediante "macros" se puede programar para realizar tareas repetitivas. Hay una recopilación de ImageJ llamada FIJI (Fiji Is Just ImageJ), versión 7.2, que viene con más opciones (plugins) de serie que ImageJ y que se actualiza automáticamente.

En este trabajo se demostró que el color medido digitalmente mediante escáner, con segmentación y promediado de imagen, esta correlacionado directamente con el color sensorial percibido por el consumidor y los jueces. Sabiendo que las personas tienen la capacidad para asociar formas y colores con determinadas características que integran categorías, se seleccionó una herramienta digital amigable para medir el color y crear una cartilla con diversos colores normalizados descritos por diversos atributos sensoriales. Además, y atendiendo a esta circunstancia, se especificó un procedimiento práctico que permite la medida del color sensorial en forma rápida y directa, con la suficiente aproximación y objetividad aceptable; y se evaluó positivamente el uso de la herramienta IMAGEJ, como un recurso alternativo y versátil para la cuantificación de imágenes.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un sistema computarizado (SC) formado por un scanner digital (plano) y una computadora, aplicado sobre muestras de variedades de zanahoria rallada y en rodajas, y jugo de uva con diferentes procesos de elaboración.

El escáner fue de tipo cama plano y permitió, mínimo, la digitalización de fotos a color de 24 bit y 600ppp. En el caso del jugo de uva se utilizó un envase plástico ultra fino y transparente y, cuando fue necesario, se recurrió al uso de Petris. En el caso de la zanahoria, enteras o procesadas, se colocaron de manera directa sobre el vidrio del escáner. En

cada escaneo se limpió el vidrio del escáner para evitar que se empañara por el sudor de la muestra (Fig. 1 y 2).



Fig. 1. Imágenes escaneadas de una muestra de Jugo de uva.



Fig. 2. Imágenes escaneadas de una muestra de Jugo de uva y zanahoria rallada y en rodajas.

En el caso de la zanahoria se utilizó la técnica de segmentación por regiones para filtrar las imperfecciones, manchas y/o sombras. Estas regiones, si no son excluidas, ocasionan errores en el cálculo del valor de color promedio de las muestras. La segmentación permitió subdividir las imágenes en zona paraxial en regiones de interés, usando el software Adobe® Photoshop® (Adobe Systems Incorporated, San José, CA, USA). En la Fig. 3, se ve un ejemplo para la zanahoria rallada.

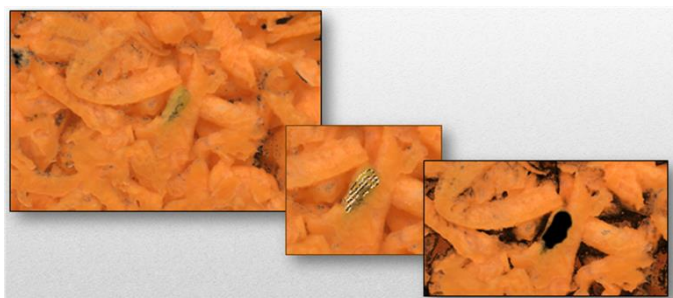


Figura 3. Ejemplo de selección de eliminación (negro) de manchas y sombras en zanahoria rallada.

Para el tratamiento de las imágenes se utilizó el software Photoshop CC Extended, versión gratuita o por suscripción. En esta aplicación se cambió el espacio de color de RGB a CIE Lab, desde el menú Imagen, seleccionando Modo, Color Lab. Se guardó la imagen con formato del Photoshop, y en la paleta color se cambian los reguladores RGB, por los reguladores  $L^*a^*b^*$ . Para las imágenes de 600ppp, se recortó una zona circular de 1800 píxeles, a partir del menú contextual (botón derecho del mouse) se invirtió la selección, y se presionó suprimir, para eliminar el fondo y dejar solo la circunferencia con la muestra. Se usó el color negro para rellenar la zona eliminada. En lo productos sólidos se utilizó la herramienta de selección Varita Mágica, para seleccionar

regiones del fondo a eliminar. Para sombras y manchas o defectos a eliminar, se recurrió a la herramienta Gama De Colores, del menú Selección. Con la opción muestreados y pre visualización, con máscara rápida, se usó el porcentaje de tolerancia, para indicar más o menos zonas de colores atípicos o sombras, según el ruido (Fig. 4).

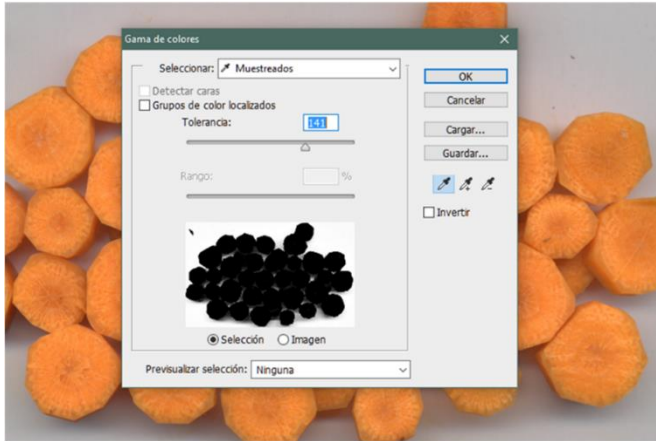


Figura 4. Ejemplo de selección de fondo en rodajas de zanahoria con herramienta Gama De Colores.

Posteriormente, en el menú Filtro, submenú Desenfocar, opción Promediar, se realizó la sumatoria de todos los píxeles de las imágenes, menos las sombras, manchas o brillantez seleccionadas. Con la herramienta Cuentagotas se tomó una muestra del color promediado, cuyas coordenadas CIE  $L^*a^*b^*$  quedaron reflejadas en la paleta de colores. Al elegirlo, se ingresó al selector del color, donde se pudieron obtener los parámetros del color medio escaneado (Fig. 5 y 6).

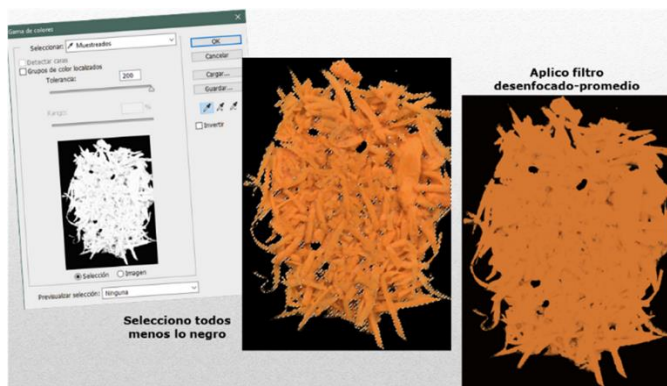


Fig. 5. Ejemplo de selección y promediado del color en zanahoria ralada.

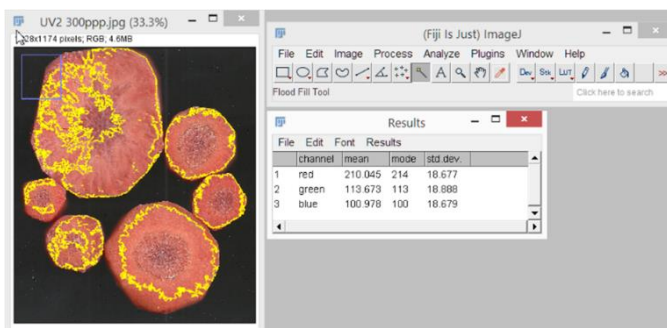


Fig. 6. Obtención de las coordenadas RGB a partir del área seleccionada con ImageJ.

La obtención de las coordenadas de color utilizando el aplicativo IMAGEJ inicia con la selección de cada una de las imágenes a procesar. El software carga la imagen y permite delimitar el área de trabajo. Finalmente, se obtienen los valores en el espacio RGB (Vázquez). Efectivamente, usando ImageJ, con Open RGB, se determinaron las coordenadas  $L^*a^*b^*$ , calibradas para observador e iluminante D65/2° (Fig. 7).



Fig. 7. Obtención de las coordenadas  $L^*a^*b^*$  a partir de RGB con ImageJ

Finalmente, y con objeto de alcanzar una medida de la exactitud en la determinación del color mediante escáner, se compararon los resultados obtenidos usando como instrumento de referencia la guía de color PANTONE® solid matte (Carls-tadt, New Jersey, USA). Efectivamente, y a través de un algoritmo de aprendizaje de máquina supervisado KNN - k-nearest neighbours (método k-vecinos más cercanos) (Reyes, Rodriguez), se realizó la estandarización del color medido, clasificándolo entre una amplia variedad de bibliotecas de colores, entre las que se incluyen las guías de colores PANTONE® (X-Rite, Inc., Grand Rapids, MI, USA (Rodney). Éste método es el más apropiado para encontrar el Pantone más parecido al medido. Básicamente, porque consiste en comparar la nueva instancia a clasificar con los datos k más cercanos conocidos, y dependiendo del parecido entre los atributos, el nuevo caso se ubicará en la clase que más se acerque al valor de sus

propios atributos. Para clasificar cada color, primero, se ubicó el dato a clasificar en el plano Euclidiano; segundo, se determinó un “radio de vecindad”; y tercero, se trazó una circunferencia cuyo centro es el dato a clasificar (la circunferencia deberá encerrar uno o varios casos de entrenamiento cercanos a la incógnita).

### **Resultados del Caso de Estudio**

Los resultados de la medición del color “sensorial”, en los estudios sensoriales de 12 variedades de zanahoria rallada y en rodaja (INTA EEA Mendoza), y en pruebas de calidad sensorial de jugo de uva envasados (en la fábrica de la Facultad de Ciencias Agrarias), con tratamiento de baño María y Tinganizado, y su asociación con atributos sensoriales relacionados al color, se visualizan en las Fig. 8 y 9, respectivamente.

Para el análisis de las tablas, se aplicó el Análisis de Componente Principales, para estudiar la relación lineal de los colores CIELab; y con el Análisis de Correspondencias Simples o “Binarias”, se estudian las distribuciones en fila y columnas de una tabla de contingencia o, en general, para cualquier tabla de números no negativos (en este caso son valores de pertenencia en un conjunto difuso (Césari)). Para la caracterización de las clases se utilizaron los “valores test”, que son índices descriptivos construidos siguiendo la metodología de pruebas de hipótesis de Fisher (Langrand). Para la puesta en práctica de la estrategia se utilizó el software de libre distribución para uso académico DTM-Minería de Datos y Textos, y el módulo de análisis sensorial del software comercial Xlstat.

En la Fig. 8 se observa como el color digital permite explicar el color sensorial percibido por el panel de cata, de las muestras frescas, a baño María y tinganizado. Por ejemplo, se observa que la muestra fresca tiene menos  $b^*$  y más  $L^*$ , es decir, más verde y más color amarillo claro. Mientras que la muestra baño María y tinganizado tiene menos  $L^*$  y más  $b^*$ ; es un amarillo más pardo, ámbar, pero en el caso de baño María al tener más  $a^*$  (rojo) se asocia a un amarillo melón y



tinganizado, y al tener menos a\*, se asocia a un amarillo limón.

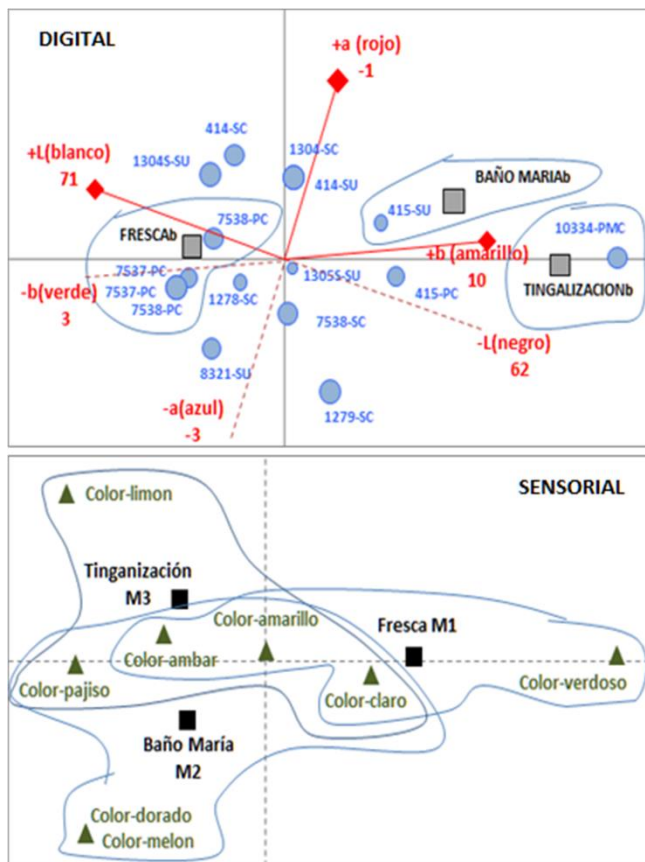


Fig. 8. Resultados del color sensorial medido digital y sensorialmente de jugo de uva producido con tratamiento de baño María y Tinganizado.

	Color knn	L	a	b	IC
BEATRIZ	7412-SC	60	30	53	9.4
ELISUNG	7413-PC	61	33	54	10.0
JULIA	01315-SU	61	28	49	9.4
L1G	7412-SC	60	30	53	9.4
L3G	7412-SC	60	30	53	9.4
L4G	01315-SU	61	28	49	9.4
M133	01315-SU	61	28	49	9.4
M134	7412-SC	60	30	53	9.4
M13G	7413-PC	61	33	54	10.0
MUSICO	7413-PC	61	33	54	10.0
REF11	138-SU	64	32	55	9.1
TEXTO	7413-PC	61	33	54	10.0

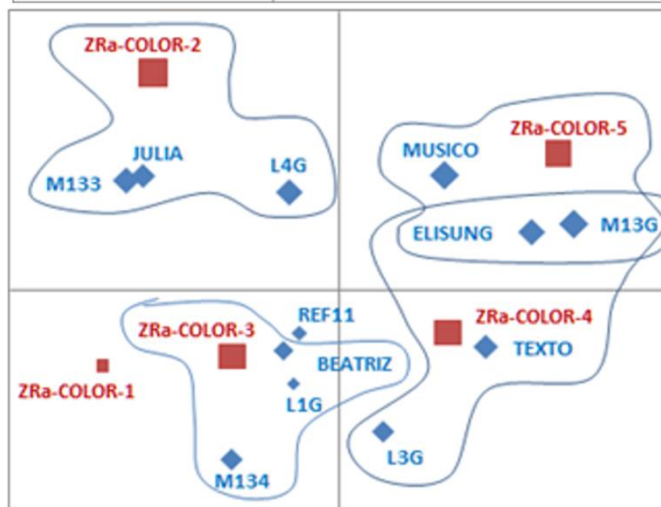
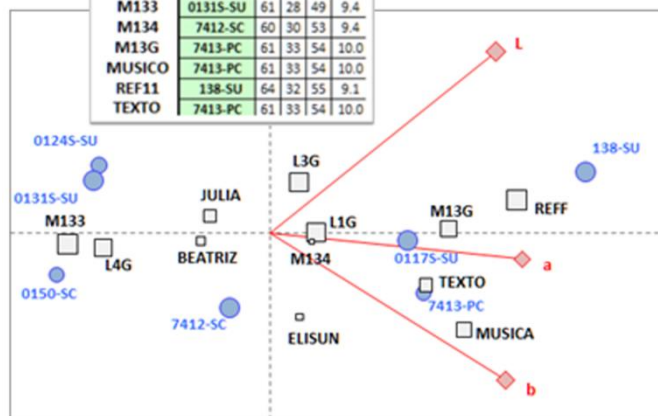


Fig. 9. Resultados del color sensorial medido digital y sensorialmente de 12 cultivares de zanahoria. Proximidad significa asociación.

En la Fig. 9, se observa la directa relación del color medido sensorial y digitalmente de 12 muestras de cultivares de zanahoria. Las 12 variedades se caracterizan dentro de 4 Pantones, dentro de la gama de naranjas con un índice de color que varía de 9 a 10 (característico de la zanahoria rallada). Las principales diferencias entre los diferentes colores que se perciben como un naranja más apagado (1), o más vivo (5), se explican por el parámetro  $a^*$ , cuyo valores varían de 28 para los colores y cultivares a la izquierda y 33 para los cultivares a la derecha, lo que determina pigmentación un poco más roja que determina el naranja sea más vivo. Destaca el cultivar Reff, ya que en los estudios sensoriales no fue posible definir su intensidad de color naranja. Sin embargo, se pudo encontrar un Pantone que explica lo atípico de esta muestra, que se comporta con un color naranja intenso, pero mucho más claro que las otras (mayor  $L^*$ ).

### **Conclusiones**

Los resultados de las mediciones de color y otras características de apariencia, utilizando tecnología de visión artificial, han demostrado que se correlacionan estrechamente con los de la evaluación sensorial visual del color y, por lo tanto, representa un procedimiento práctico, que permite la medida del color sensorial en forma rápida y directa, con la suficiente aproximación y objetividad aceptable, para su fácil transferencia al medio productivo.

Además, los programas de tratamiento digital están avanzando rápidamente para satisfacer las diversas necesidades de aplicaciones profesionales e industriales. Son confiables, ahorran mucho tiempo y sus datos son publicables.

Finalmente, se verificó que en el caso del procesamiento de imágenes digitales utilizando el software ImageJ, se puede realizar un análisis rápido de la totalidad de la imagen, y de las coordenadas de color, que pueden transformarse del

espacio RGB a L\*a\*b\* con alta calidad, incluso superior a Photoshop.

## Referencias

- Adobe Adobe Systems Incorporated, Available: [www.adobe.com](http://www.adobe.com)
- Césari, R. y Césari, M. (2012). *Material pedagógico de cursos de postgrado*. Maestría en Medio Ambiente de la UNCuyo y Especialización en Redes de Datos de la FRM, UTN, Mendoza. Argentina.
- DTM, Data and Text Mining, Software Estadística Exploratoria Multidimensional, Available: <http://ses.telecom-paristech.fr/lebart/>
- IMAGEJ de ImageJ, Available: [www.imagej.net](http://www.imagej.net).
- Langrand, C. y Pinzón, L. (2009). *Análisis de datos: métodos y ejemplos*. C. S. Perdomo (Ed.), 388 pp., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garabito, Bogotá, Colombia, 2009.
- Reyes, J.; Montes, A.; González, J. y Pinto, D. (2013). Clasificación de roles semánticos usando características sintácticas, semánticas y contextuales. *Computación y sistemas*, vol. 17, no. 2, pp. 263-272.
- Rodney, A. (2005). *Color management for photographers. Hands on techniques for Photoshop users*. Elsevier, Inc., Focal Press, Oxford, United Kingdom, pp. 23.
- Vásquez Riascos, A. (2015). *Estimación de las coordenadas CIEL\* a\* b\* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Xlstat, Adisoft Xlstat para Microsoft Excel desarrollada por Addinsoft 1996-2019, Available: [www.xlstat.com/es/products/xlstat-pro/](http://www.xlstat.com/es/products/xlstat-pro/)

\* \* \*

## Obtención de las funciones polinómicas interpoladoras para un robot manipulador industrial. Un enfoque del modelo cinemático inverso

*Alejandro Hossian; Emanuel Alveal; Roberto Carabajal;  
César Echeverría*

**Resumen:** La mecánica analítica constituye una sólida herramienta matemática para formular modelos de sistemas mecánicos. El “Modelo Dinámico” de un manipulador robótico analiza la relación entre el movimiento producido en el robot y los pares/fuerzas aplicados en las articulaciones del mismo. Se presenta un proceso de construcción del modelo dinámico de un robot manipulador en base a la formulación de las ecuaciones de Lagrange, las cuales describen la dinámica de un robot manipulador mediante el balance de la energía cinética y potencial de sus eslabones). Con este modelo se analizan fenómenos físicos como: “Efectos Inerciales” – “Fuerzas Centrípetas y de Coriolis” – “Par Gravitacional” y “Fricción”. Este proceso posee como “insumos de entrada” los parámetros dinámicos (masas, longitudes y momentos de inercia de eslabones) y la matriz de transformación homogénea suministrada por modelo cinemático directo y como “productos de salida” las fuerzas y pares de torsión que se deben aplicar en cada articulación.

**Palabras claves:** Modelo Dinámico, Lagrange, Efectos Inerciales, Fuerzas Centrípetas, Coriolis, Par Gravitacional, Fricción.

### Introducción

Cuando un robot realiza una tarea, es preciso que describa una trayectoria determinada. Este artículo se enfoca en la generación de trayectorias. En la figura 1 se muestra como el manipulador se mueve desde el punto A hasta el B; para ello, se calcula una trayectoria para cada articulación. La trayectoria es una línea de tiempo de posición, velocidad y aceleración para cada grado de libertad. Así como el modelo

cinemático y dinámico de un robot se focaliza en la obtención de estrategias de control para sus movimientos, el control cinemático se ocupa de establecer la evolución temporal que debe seguir cada articulación del manipulador para alcanzar los objetivos del usuario [1]. Una forma suave y controlada de movimiento para el efector final, consiste en que cada articulación se mueva de acuerdo a una función continua de tiempo. Es conveniente que cada articulación comience y finalice su movimiento de manera simultánea, siendo que el movimiento del robot sea lo más coordinado posible [2].

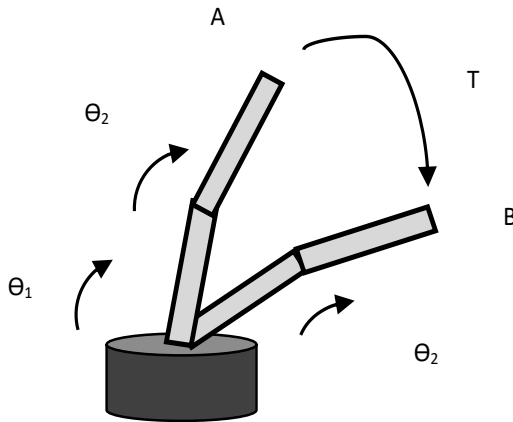


Figura 1: Trayectoria (T) del órgano terminal del robot desde un punto A hasta B con las variables articulares  $\theta_1$  y  $\theta_2$

## Objetivos

Este grupo de investigación, lleva a cabo un proceso que se basa en dos objetivos: el primero es de carácter “didáctico – pedagógico”, el cual se focaliza en los diversos tópicos de las ciencias básicas en la formación del ingeniero, los cuales conforman un conjunto de herramientas para modelar el funcionamiento de un manipulador. El segundo es de carácter “científico – tecnológico”, y se orienta a la aplicación de estas herramientas para la obtención de instrumentos que permiten comprender el funcionamiento de estos sistemas. Este

segundo objetivo consiste en la implementación de un modelo de proceso de investigación en base a tres fases: una primera fase corresponde a la Cinemática del Robot, para la obtención de los Modelos Cinemático Directo e Inverso y del Modelo Diferencial de los manipuladores; una segunda fase se corresponde con la Dinámica del Robot, que se aplica a la obtención del Modelo Dinámico de estos brazos; y una tercera fase vinculada a los aspectos que hacen al Control del robot, cuyos algoritmos permiten mejorar las características de velocidad y precisión. El problema que se analiza en este artículo se encuadra dentro de la tercera fase del modelo de proceso de investigación, correspondiente al campo del Control del Robot.

El problema del control puede abordarse en base a dos enfoques: el control cinemático y el control dinámico [3]. Desde un punto de vista cinemático, el control selecciona trayectorias que idealmente debe seguir el robot para ajustarse lo mejor posible a los requisitos del usuario.

Desde un punto de vista dinámico, el control custodia que las trayectorias seguidas por el robot  $q(t)$  sean lo más similares posibles a las propuestas por el control cinemático; para lo cual, debe usar las referencias suministradas por el modelo dinámico.

El modelo de proceso de investigación y desarrollo con sus tres fases que ilustra este segundo objetivo central, se detalla en la figura 2. En dicha figura se observa resaltado el módulo de Control Cinemático y su vinculación con la fase de Control; así como también, el suministro de insumos entre las diferentes fases del proceso.

A tal efecto, la fase de cinemática del robot genera referencias a las fases de dinámica y control del robot [4]; y la fase de dinámica suministra insumos a la fase de control, para la realización del control dinámico [5].

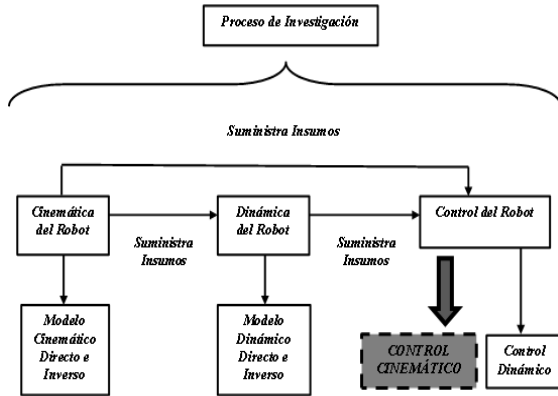


Figura 2: Modelo de Proceso de Investigación y Desarrollo

## Descripción del problema propuesto

El problema que se aborda en el marco del proceso de investigación descrito en la figura 2, corresponde al módulo del control cinemático; sobre todo, en la propuesta de un método de análisis para la generación de trayectorias articulares. En este sentido, este artículo parte de obtención de los modelos cinemáticos directo e inverso. Se dispone de la matriz de transformación homogénea con la información de las coordenadas cartesianas del efector final en función de las variables articulares, respecto al sistema de referencia asociado a la base del robot. En base a estas expresiones, es posible obtener las ecuaciones cinemáticas inversas (1), las cuales constituyen el insumo central de este proceso metodológico para la obtención de las trayectorias articulares.

## Trajectorias en el espacio cartesiano

En el estudio de los modelos cinemáticos se aborda la cuestión de las relaciones que tienen lugar entre el espacio de las variables articulares y el espacio de trabajo del robot, también llamado espacio cartesiano.

La posición y la orientación en el espacio de las variables articulares, se especifican mediante el hace uso de un vector



de dimensión  $n$ . El espacio de trabajo de un manipulador en el espacio tiene dimensión 6, siendo necesario 3 valores para especificar la posición y otras 3 para la orientación.

Para un caso simple; el usuario puede especificar que el manipulador debe desplazarse desde un punto inicial "A" a un punto final "B" en un cierto período de tiempo, pasando por dos puntos intermedios, y desarrollando una trayectoria en línea recta en su espacio de trabajo a velocidad constante. En la figure 3, se muestra un robot de 2 grados de libertad.

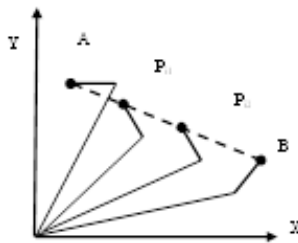


Figura 3: Trayectoria en el espacio de trabajo para un robot de dos grados de libertad

En lo que se refiere a la selección de los puntos muestreados en el espacio cartesiano, es preciso aplicar un criterio de selección que permita alcanzar una solución de compromiso entre la cantidad de puntos elegidos y el error que se comete entre la trayectoria resultante y la trayectoria cartesiana deseada por el usuario (2).

Cabe señalar que, si bien las trayectorias que se calculan en el espacio articular son relativamente simples y pueden asegurar que el robot alcance los puntos iniciales, intermedios y final, la forma espacial que adopta la trayectoria del extremo del manipulador, no constituye exactamente una línea recta en el espacio [2]. Es decir que el resultado final del movimiento del extremo, es una trayectoria que intenta aproximarse en menor o mayor medida a la línea recta deseada por el usuario, tal como se ilustra en la figura 4.

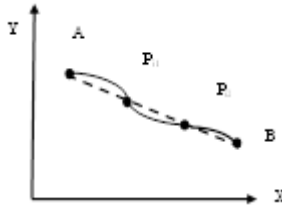


Figura 4: Trayectoria real aproximada a la trayectoria recta deseada en el espacio de trabajo

### Trayectorias en el espacio articular

Establecidos los puntos por los que debe pasar el manipulador, se hace uso de las ecuaciones obtenidas de la cinemática inversa para hallar sus coordenadas en el espacio articular [6]; para luego ser utilizados en la construcción de las funciones continuas de posición, velocidad y aceleración en este espacio ( $q_i(t)$ ,  $q_i'(t)$  y  $q_i''(t)$ ).

Obtenida la secuencia de configuraciones articulares por cuales debe pasar el efector final del manipulador; estos valores se deben interpolar para cada articulación de una manera sencilla y procurando que los movimientos se realicen con la máxima suavidad posible.

Desde el punto de vista matemático, esta suavidad se expresa en términos de la continuidad de la primera derivada (velocidad articular), e inclusive en la segunda (aceleración articular).

En la figura 5 se ilustran los valores de las variables articulares para la articulación 1, las cuales se corresponden con los puntos inicial, final e intermedios que se observan en el espacio de trabajo de la figura 3. Con igual criterio se obtienen los valores para la articulación 2, asumiendo que el tiempo requerido por segmento es el mismo para cada articulación.

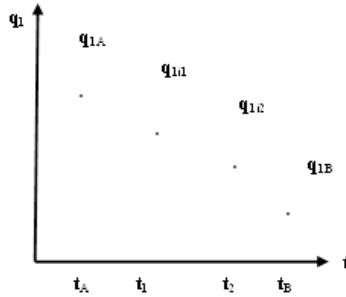


Figura 5: Valores de la coordenada articular  $q_1$  para los instantes muestreados en el espacio de trabajo

Para unir los puntos de la figura 4 se selecciona una función continua, cuyos parámetros le imponen a las funciones de posición, velocidad y aceleración (3). Si se deseara que la velocidad articular fuese constante entre dos instantes de la trayectoria, de manera que no supere un valor establecido; una alternativa sería que la trayectoria articular se aproxime por segmentos lineales, usando una función cuadrática que sustituya a los segmentos rectos en puntos cercanos a los cambios de pendiente de los mismos.

A continuación, se desarrolla la forma de obtener los coeficientes de este polinomio de grado 3 para un tiempo  $t_0 = 0$ ; habida cuenta de que es la clase de función polinómica que se usa en el caso de estudio del presente artículo.

$$q(t) = Dt^3 + Ct^2 + Bt + A \quad 1)$$

Con la idea de obtener movimientos “suaves” la determinación de los coeficientes de esta función polinómica se realiza en términos de las siguientes cuatro condiciones de contorno:

- I.  $q(t_{inicial}) = q(0) = q_{inicial}$
- II.  $q(t_{final}) = q_{final}$
- III.  $\dot{q}(t_{inicial}) = \dot{q}(0) = 0$
- IV.  $\dot{q}(t_{final}) = 0$

De hacer cumplir las condiciones de contorno I y II a la ecuación 1), se obtienen las siguientes relaciones 2 y 3:

$$q(t_{inicial}) = q(0) = A \Rightarrow q_{inicial} = A \quad 2)$$

$$q(t_{final}) = q_{final} = Dt_{final}^3 + Ct_{final}^2 + Bt_{final} + A \quad 3)$$

Derivando la expresión 1 con respecto al tiempo se obtiene la expresión 4:

$$\dot{q}(t) = 3Dt^2 + 2Ct + B \quad 4)$$

Haciendo cumplir las condiciones de contorno III y IV, se obtienen las siguientes relaciones 5 y 6:

$$\dot{q}(t_{inicial}) = \dot{q}(0) = B = 0 \Rightarrow B = 0 \quad 5)$$

$$\dot{q}(t_{final}) = 3Dt_{final}^2 + 2Ct = 0 \quad (\text{Dado que } B = 0) \quad 6)$$

Obtenidos los coeficientes A y B, restan obtener los coeficientes C y D. En tal sentido, haciendo uso de las condiciones de contorno 3 y 6 se arriba a un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, que permite la determinación de los coeficientes C y D. Resuelto el sistema de ecuaciones, se tienen las expresiones 7, 8, 9 y 10 para todos los coeficientes:

$$A = q_{inicial} \quad 7)$$

$$B = 0 \quad 8)$$

$$C = \frac{3(q_{final} - q_{inicial})}{t_{final}^2} \quad 9)$$

$$D = \frac{-2(q_{final} - q_{inicial})}{t_{final}^3} \quad 10)$$

Existen casos donde, el usuario también define referencias de puntos de paso intermedios. En estos casos se procede a modificar las condiciones de contorno III y IV, de manera tal que dichas velocidades adopten determinados valores.

$$\dot{q}(t_{inicial}) = \dot{q}_{inicial} \quad \text{y} \quad \dot{q}(t_{final}) = \dot{q}_{final}$$

Es posible hallar la trayectoria articular mediante interpolación cúbica entre 2 puntos intermedios. La elección de las velocidades articulares deseadas en los puntos de paso es de gran importancia; teniendo lugar en la literatura diversas alternativas en este sentido, a saber:

- A. Las velocidades cartesianas lineales y angulares son especificadas por el usuario (4).
- B. El sistema generador de trayectorias selecciona de manera automática las velocidades en los puntos intermedios.
- C. El sistema generador de trayectorias selecciona de manera automática las velocidades en los puntos intermedios; de tal forma que, en dichos puntos, la aceleración sea continua.

Distintos tipos de funciones polinómicas interpoladoras pueden ser utilizadas para concatenar los puntos inicial, intermedio y final para la generación de la trayectoria en el espacio articular. Si bien es natural plantear estos interpoladores para el espacio articular, también son aplicables a las variables cartesianas.

Cabe señalar, que las trayectorias articulares ajustadas a requerimientos de usuario son utilizadas por el control dinámico para generar las actuaciones que permiten controlar el movimiento de las articulaciones, procurando que la diferencia entre las trayectorias reales y las deseadas, tienda asintóticamente a cero [6].

### **Método de obtención de las trayectorias articulares en el marco del módulo de control cinemático**

Conforme a la figura 2 se resalta el módulo del “Control Cinemático”, a partir del cual se estructura un método que permite obtener las trayectorias en el espacio articular (posición, velocidad y aceleración).

El método propuesto en el presente trabajo tiene como “insumo de entrada” la matriz de transformación homogénea [7] suministrada por modelo cinemático directo. Esta matriz, posee toda la información referida a la posición y orientación

cartesiana del extremo final del manipulador en términos de las variables articulares del mismo. En forma análoga, el método proporciona como “producto de salida” las funciones polinómicas interpoladoras de posición, velocidad y aceleración articulares. En la figura 6 se muestra este escenario global, con la entrada y la salida al módulo cinemático para la implementación del método de generación de trayectorias articulares.

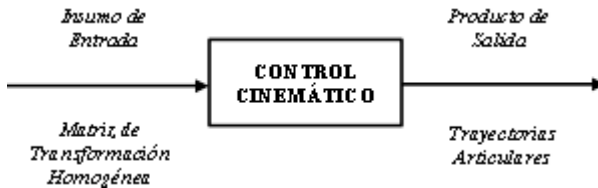


Figura 6: Insumo de entrada y Producto de salida al Módulo Cinemático para la implementación del método de obtención de trayectorias articulares

El núcleo de aplicación del presente método se conforma de tres etapas que se desarrollan en forma interconectada, a los efectos de obtener las correspondientes trayectorias articulares [8]. La primera etapa; se focaliza en la conversión de los puntos suministrados por la matriz de transformación homogénea en el espacio cartesiano. Obtenidos estos valores de la etapa anterior; en la segunda etapa se procede a la obtención de un primer prototipo de las funciones polinómicas interpoladoras representativas de las trayectorias articulares. Obtenidas estas trayectorias a nivel de proyecto preliminar; la tercera etapa del método tiene como eje la custodia del cumplimiento del criterio de diseño, que se hayan establecido. El modo de operar del método de obtención de trayectorias articulares se ilustra en la figura 7.

*Matriz de Transformación Homogénea*

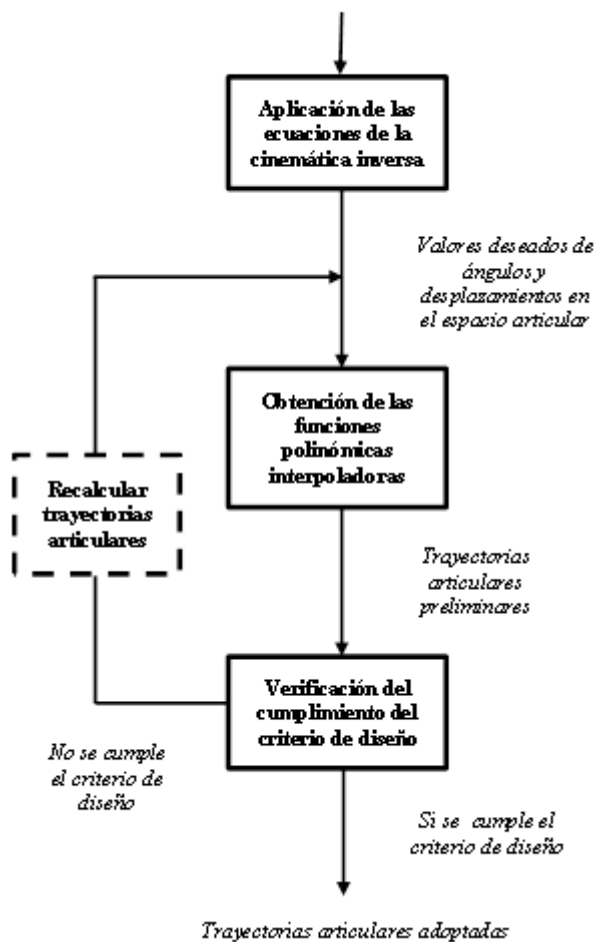


Figura 7: Método de obtención de las trayectorias articulares en el marco del módulo de control cinemático

Un criterio a seguir consiste en monitorear que el valor máximo obtenido de aceleración articular no supere un tope admisible como valor de tolerancia estipulado por el fabricante

( $q_{max}'' \leq q_{adm}''$ ). Otro criterio a considerar, está cifrado en controlar que la diferencia entre la trayectoria real obtenida y la deseada, no esté por encima de la cuota de error tolerada en términos de los requisitos de usuario. En caso de que el criterio de diseño a considerar no se satisfaga, se recalculan las trayectorias articulares en función del criterio de diseño adoptado (caja de borde punteado en figura 7). Si el criterio se satisface, se adoptan las trayectorias articulares que correspondan en esa instancia de la metodología.

### Caso de estudio

El siguiente caso de estudio trata la obtención de las trayectorias articulares de un robot manipulador esférico de 3 grados de libertad RRP. Es decir que el robot, posee 2 articulaciones rotatorias representadas por las variables articulares,  $\Theta_1$  y  $\Theta_2$ , y una articulación prismática representada por la variable articular  $D_3$ . En la figura 8 se ilustra el esquema del robot manipulador con las correspondientes variables articulares y el sistema de referencia  $S_0$  ( $X_0$ ,  $Y_0$  y  $Z_0$ ).

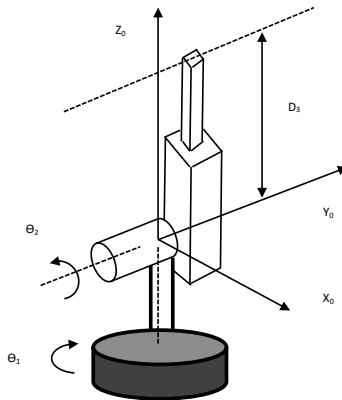


Figura 8: Robot manipulador esférico RRP



Se ha decidido no incluir el control de la orientación del manipulador en el análisis del presente caso; dado que las 3 primeras filas y las 3 primeras columnas constituyen la caja de rotación, es de interés la última columna de la matriz de transformación homogénea  ${}^0T_3$ . Esta columna especifica la posición del extremo para un determinado punto del espacio cartesiano en términos del sistema de referencia  $S_0$ , y en función de las variables articulares, tal como lo establece la cinemática directa. Esta matriz constituye el elemento de entrada al método propuesto, y es la siguiente (5):

$${}^0T_3 = \begin{pmatrix} c_1c_2 & -s_1 & c_1c_2 & c_1s_2D_3 \\ c_2s_1 & c_1 & s_1s_2 & s_1s_2D_3 \\ -s_2 & 0 & c_2 & c_2D_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La posición del extremo para ese punto del espacio cartesiano, tiene las siguientes tres coordenadas dadas por las expresiones a, b y c:

$$P_x = c_1s_2D_3 \quad \text{a)}$$

$$P_y = s_1s_2D_3 \quad \text{b)}$$

$$P_z = c_2D_3 \quad \text{c)}$$

Primera Etapa: Ecuaciones de la cinemática inversa.

Mediante el manejo de las expresiones a, b y c; es posible expresar las variables articulares en función de las posiciones cartesianas del extremo. Se realizan los siguientes manejos algebraicos con las expresiones a, b y c: dividiendo miembro a miembro la expresión b por la a, y simplificando, se obtiene la ecuación d). Elevando al cuadrado las expresiones a y b, y sumándolas miembro a miembro (teniendo en cuenta que  $\sin^2(x) + \cos^2(y) = 1$ ), se llega a la ecuación e). Finalmente; elevando al cuadrado la expresión c, y sumando el resultado obtenido a los cuadrados de las expresiones a y b, se obtiene la ecuación f). Se obtienen las siguientes expresiones d, e y f:

$$\theta_1 = \arctg \left( \frac{P_{ye}}{P_{xe}} \right) \quad \text{d)}$$

$$\theta_2 = \arctg \left( \frac{\pm \sqrt{(P_{xe}^2 + P_{ye}^2)}}{P_{ze}} \right) \quad \text{e)}$$

$$D_3 = \sqrt{(P_{xe}^2 + P_{ye}^2 + P_{ze}^2)} \quad \text{f)}$$

**Segunda Etapa:** Funciones polinómicas interpoladoras.

Las ecuaciones d,e y f permiten obtener los valores de variables articulares para determinadas posiciones del efector terminal en el espacio cartesiano. Para este caso, el extremo del manipulador se debe mover desde un punto inicial  $P_{ie}=(0,1,1)$  hasta un punto final  $P_{fe}=(0,2,0)$ . Se asume una trayectoria en línea recta entre ambos puntos en un período de 5 seg., y una aceleración articular admisible de  $12^\circ/\text{seg}^2$ .

Se sustituyen las coordenadas cartesianas del punto inicial del extremo:  $P_{ixe}=0$ ,  $P_{iye}=1$  y  $P_{ize}=1$  en las ecuaciones d,e y f, obteniendo los correspondientes valores de las variables en el espacio articular para  $P_{ie}$ . Realizando el mismo procedimiento para el punto final del extremo: se reemplazan las coordenadas cartesianas  $P_{fxe}=0$ ,  $P_{fye}=2$  y  $P_{fze}=0$  en las ecuaciones d,e y f, se obtienen los correspondientes valores de las variables en el espacio articular para  $P_{fe}$ .

En consecuencia: el punto  $P_{ie}$  corresponde a las variables articulares:  $\Theta_{11}=90^\circ$ ,  $\Theta_{12}=45^\circ$  y  $D_3=\sqrt{2}$ ; mientras que el punto  $P_{fe}$  corresponde a las variables articulares:  $\Theta_{f1}=90^\circ$ ,  $\Theta_{f2}=90^\circ$  y  $D_3=2$ . Tanto el punto inicial  $P_{ie}=(0,1,1)$ , como el punto final  $P_{fe}=(0,2,0)$ , se encuentran en el plano  $Z_0-Y_0$ . El análisis de la situación física real en el espacio de trabajo, indica que la trayectoria en línea recta del extremo también ocurre en este plano. La variable articular  $\Theta_2$  pasa de un ángulo de  $45^\circ$  en el plano  $Z_0-Y_0$  a uno de  $90^\circ$  con respecto al eje  $Z_0$ . Y la variable articular  $D_3$  fue creciendo desde un valor de  $\sqrt{2}$  hasta 2. Esta situación física se ve en la figura 9.

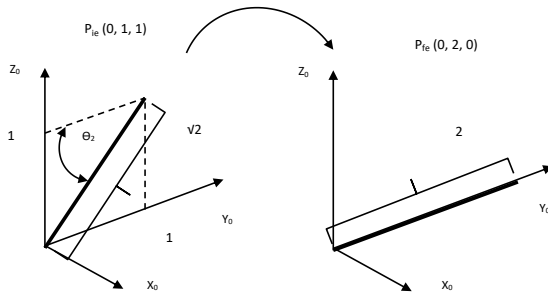


Figura 9: Trayectoria del extremo del manipulador en el espacio de trabajo desde  $P_{ie}(0, 1, 1)$  hasta  $P_{if}(0, 2, 0)$

Se obtienen los coeficientes de las funciones polinómicas interpoladoras, que son representativas de cada variable articular; como funciones cúbicas del tiempo. Se proponen funciones polinómicas cúbicas del tipo:  $q(t) = Dt^3 + Ct^2 + Bt + A$ ; cuyos coeficientes se calculan mediante las expresiones 7, 8, 9 y 10, tomando en cuenta las condiciones de contorno III y IV ( $\dot{q}(t_{inicial}) = \dot{q}(0) = 0$  y  $\dot{q}(t_{final}) = 0$ ). Estas condiciones son válidas para este caso de análisis y se asume que los valores de las coordenadas cartesianas se miden en metros. Se calculan los coeficientes de las funciones para cada variable; por la ecuación 8, que  $B=0$  para todas las variables articulares.

Para la variable articular  $\Theta_1$ :

$$A = \theta_{li} \Rightarrow A = 90^\circ, \quad C = \frac{3(90^\circ - 90^\circ)}{5 \text{ seg}^2} = 0^\circ / \text{seg}^2 \quad \text{y}$$

$$D = \frac{-2(90^\circ - 90^\circ)}{5 \text{ seg}^3} = 0^\circ / \text{seg}^3$$

Se concluye que  $\Theta_1$  se mantiene constante e igual a  $90^\circ$ ; lo que es lógico, dado que el brazo se mueve durante los cinco segundos en el plano  $Z_0 - Y_0$ . Por consiguiente, se cumple:

$$\theta_1(t) = 90^\circ \quad \dot{\theta}_1(t) = 0 \quad \text{y} \quad \ddot{\theta}_1(t) = 0 \quad \text{g)}$$

Para la variable articular  $\Theta_2$ :

$$A = \theta_{li} \Rightarrow A = 45^\circ, \quad C = \frac{3(90^\circ - 45^\circ)}{5 \text{ seg}^2} = 5,4^\circ \text{ seg}^2 \quad \text{y}$$

$$D = \frac{-2(90^\circ - 45^\circ)}{5 \text{ seg}^3} = -0,72^\circ / \text{seg}^3$$

Con estos coeficientes se confeccionan las funciones de posición, velocidad y aceleración articular para la variable articular  $\Theta_2$ .

$$\theta_2(t) = -0,72t^3 + 5,4t^2 + 45^\circ \quad \text{h)}$$

$$\dot{\theta}_2(t) = -2,16t^2 + 10,8t \quad \text{i)}$$

$$\ddot{\theta}_2(t) = -4,32t + 10,8 \quad \text{j)}$$

Se verifican los siguientes valores de interés, inicial, intermedio y final:

$$\theta_2(0 \text{ seg}) = 45^\circ, \quad \theta_2(5 \text{ seg}) = 90^\circ \quad \text{y} \quad \theta_2(2,5 \text{ seg}) = 67,5^\circ$$

$$\dot{\theta}_2(0 \text{ seg}) = 0^\circ / \text{seg}, \quad \dot{\theta}_2(5 \text{ seg}) = 0^\circ / \text{seg} \quad \text{y}$$

$$\dot{\theta}_2(2,5 \text{ seg}) = 13,5^\circ / \text{seg} = \theta_{2MAX}, \quad \ddot{\theta}_2(0 \text{ seg}) = 10,8^\circ / \text{seg}^2 \quad \text{y}$$

$$\ddot{\theta}_2(5 \text{ seg}) = -10,8^\circ / \text{seg}^2$$

Estos son los valores máximos de aceleración articular para la variable articular  $\Theta_2$ . Este valor no debe superar el valor admisible establecido por fabricación, de acuerdo al criterio de diseño, que para este caso se estableció en  $\Theta_{2ADM} = 12^\circ / \text{seg}^2$ . Por otra parte, se observa que para  $t = 2,5 \text{ seg}$  donde la velocidad articular alcanza su valor máximo de  $13,5^\circ / \text{seg}$ , la aceleración articular es nula. Es decir:  $\ddot{\theta}_2(2,5 \text{ seg}) = 0^\circ / \text{seg}^2$

Para la variable articular  $D_3$ :

$$A = D_3t \rightarrow A = 21/2 = 1,4141 \text{ m}, \quad C = 3(2\text{m} - 1,4141\text{m}) / 5 \text{ seg}^2 = 0,0703 \text{ m} / \text{seg}^2$$

$$y D = -2(2m - 1,4141m) / 5 \text{seg}^3 = -0,0094m/\text{seg}^3$$

Con estos coeficientes se confeccionan las funciones de posición, velocidad y aceleración articular para la variable articular  $D_3$ .

$$D_3(t) = -0,0094t^3 + 0,0703t^2 + 1,4141 \quad \text{k)}$$

$$\dot{D}_3(t) = -0,0282t^2 + 0,1406t \quad \text{l)}$$

$$\ddot{D}_3(t) = -0,056t + 0,1406 \quad \text{m)}$$

Se verifican los siguientes valores de interés, inicial, intermedio y final:  $D_3(0 \text{seg}) = 1,4141m$ ,  $D_3(5 \text{seg}) = 2m$  y

$$D_3(2,5 \text{seg}) = 1,7m \quad (\text{punto de inflexión en } D_3(t))$$

$$\dot{D}_3(0 \text{seg}) = \dot{D}_3(5 \text{seg}) = 0m/\text{seg}$$

$$\dot{D}_3(2,5 \text{seg}) = 0,1752m/\text{seg} = D_{3MAX}$$

$$\ddot{D}_3(0 \text{seg}) = 0,1406m/\text{seg}^2$$

$$\ddot{D}_3(5 \text{seg}) = -0,1406m/\text{seg}^2$$

Estos son los valores máximos de aceleración lineal para la variable articular prismática  $D_3$  ( $0,1406 m/\text{seg}^2$  en valor absoluto). También se observa que para  $t = 2,5 \text{seg}$  donde la velocidad lineal alcanza su valor máximo de  $0,1752m/\text{seg}$ , la aceleración lineal de la articulación prismática es nula. Es decir:  $\ddot{D}_3(2,5 \text{seg}) = 0m/\text{seg}^2$

A los efectos ilustrativos, se representan las funciones polinómicas interpoladoras obtenidas para cada una de las variables articulares, en las figuras 10 a 16.

Variable articular  $\Theta_1$ : esta variable permanece constante e igual a  $90^\circ$  en los 5 segundos que dura el movimiento; por lo tanto, se muestra solo el gráfico de figura 10 correspondiente a la posición articular, siendo nulas las velocidades y

aceleraciones articulares en los 5 segundos. De las ecuaciones g, se representa solo  $\Theta_1$ .

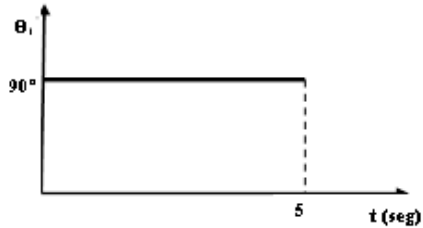


Figura 10: Evolución temporal de la variable articular  $\Theta_1$

Variable articular  $\Theta_2$ : las figuras 11 a 13 representan las gráficas de la evolución temporal de la posición, velocidad y aceleración articular, conforme a las ecuaciones h, i y j.

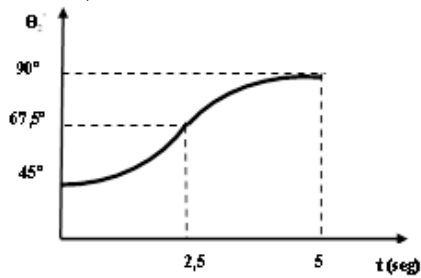


Figura 11: Evolución temporal de la posición articular  $\theta_2$

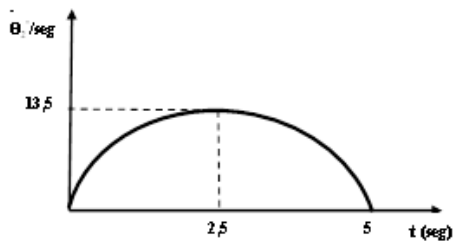


Figura 12: Evolución temporal de la velocidad articular  $\dot{\theta}_2$

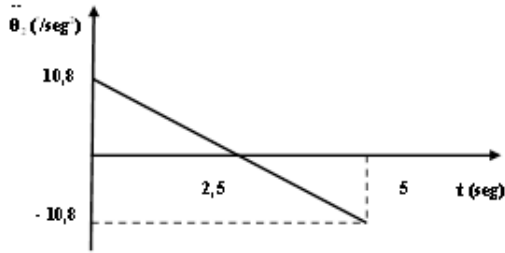


Figura 13: Evolución temporal de la aceleración articular  $\ddot{\theta}_2$

Variable articular  $D_3$ : las figuras 14 a 16 representan las gráficas de la evolución temporal de la posición, velocidad y aceleración articular, conforme a las ecuaciones k, l y m.

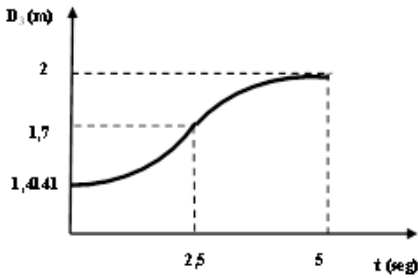


Figura 14: Evolución temporal de la variable articular  $D_3$

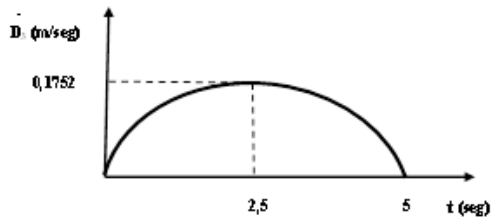


Figura 15: Evolución temporal de la velocidad articular  $\dot{D}_3$

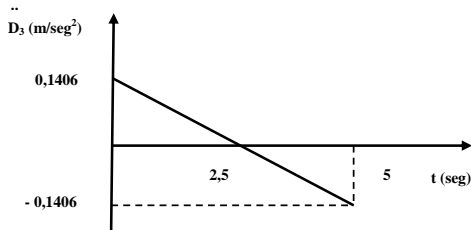


Figura 16: Evolución temporal de aceleración articular  $\ddot{D}_3$

### Tercera Etapa: Cumplimiento del criterio de diseño.

Como se puede observar a partir del desarrollo de la fase anterior, se cumple el principal criterio, dado que la máxima aceleración articular para la articulación 2 es de  $10,8^\circ/\text{seg}^2$ , menor que el valor admisible proporcionado por fabricación de  $12^\circ/\text{seg}^2$ . Es decir, se cumple que:  $\Theta_{2\text{MAX}} < \Theta_{2\text{ADM}}$ .

Bajo la premisa del cumplimiento de esta condición de diseño, se adoptan las trayectorias articulares obtenidas para este caso de estudio, las cuales serán muestreadas con una frecuencia a establecer, y así generar referencias articulares al módulo de control dinámico.

### **Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos en el caso de estudio se obtuvieron en base a la determinación de las trayectorias en el espacio articular (posición, velocidad y aceleración). Para estas trayectorias se adoptaron funciones polinómicas interpoladoras que promuevan suavidad en los movimientos, evitando superar velocidades y aceleraciones máximas permitidas; Se propuso polinomios de tercer grado. Para la obtención de los coeficientes de estas funciones, se plantearon condiciones de borde iniciales y finales; tales como velocidades articulares nulas en el instante inicial y final. A la luz de estas consideraciones, y en base a la elección de un tiempo de tarea de 5 segundos, se obtuvieron valores razonables de velocidades y aceleraciones. Así es que para la articulación 2 tienen lugar la velocidad máxima ( $13,5^\circ/\text{seg}$ ) a



los 2,5 seg) y la aceleración máxima (10,8°/seg<sup>2</sup> a los 0 y 5 seg). En la articulación 3, suponiendo dimensiones en metros, las velocidades y aceleraciones máximas son muy bajas.

En lo que se refiere al criterio de diseño adoptado, es interesante discutir el siguiente punto: se obtuvo la aceleración máxima y se verificó que no superara el valor admisible. Otra forma de proceder es tomar la expresión general de la velocidad articular para función cúbica 4):

$\dot{q}(t) = 3Dt^2 + 2Ct + B$  y derivarla para obtener la aceleración articular  $\ddot{q}(t) = 6Dt + 2C$  que es la expresión de una recta y cuyo valor máximo se da en  $t=0$ ; es decir,  $\ddot{q}(0) = \ddot{q}_{MAX} = 2C$ .

El valor del coeficiente C, está dado por 9):

$$C = 3(q_{final} - q_{inicial}) / t_{2final}$$

y sustituyendo se tiene:

$$\ddot{q}_{max} = 2C = 23(q_{final} - q_{inicial}) / t_{2final} = 6(q_{final} - q_{inicial}) / t_{2final}$$

Como se debe cumplir:  $\ddot{q}_{MAX} < \ddot{q}_{ADM}$  si se toma la igualdad en la expresión anterior, se está adoptando el valor admisible de aceleración como valor de diseño. De esta forma, haciendo esta sustitución se obtiene el tiempo final mínimo requerido para que el manipulador realice su tarea, respetando el tope admisible para la aceleración:

$$\ddot{q}_{adm} = 6(q_{final} - q_{inicial}) / T_{2final-min}$$

$$T_{final-min} = ((6(q_{final} - q_{inicial})) / \ddot{q}_{ADM})^{1/2}$$

Este valor de tiempo, u otro mayor, es el que debe utilizarse para la construcción de los coeficientes de la función polinómica interpoladora.

En el marco de los criterios de diseño, hay que conocer las coordenadas de los puntos de paso del extremo del manipulador en el espacio cartesiano de trabajo, en base a los valores que toma  $D_3(t)$  en el tiempo y haciendo respetar la trayectoria deseada por el usuario. Se asume que esta trayectoria deseada en el espacio de trabajo es una línea recta entre el punto inicial y final (recta en el plano  $Z_0 - Y_0$  como lo muestra la recta punteada en la figura 17).

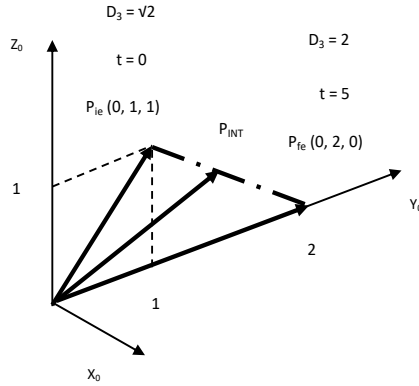


Figura 17: Trayectoria cartesiana del extremo del manipulador que pasa por los puntos  $P_{ie}$ ,  $P_{INT}$  y  $P_{fe}$  donde la longitud del manipulador varía en el tiempo según función polinómica k).

Esta recta pasa por el punto inicial del movimiento:  $Y_0=1$ ;  $Z_0=1$  ( $t=0$ ,  $D_3=\sqrt{2}$ ) y el punto final del mismo:  $Y_0=2$ ;  $Z_0=0$  ( $t=5$ ,  $D_3=2$ ). La ecuación del extremo del manipulador en el espacio cartesiano está dada por:  $Z_0=-Y_0+2$  para  $1 \leq Y_0 \leq 2$  &  $0 \leq Z_0 \leq 1$ . En la figura 17 se observan las flechas de los vectores que representan la posición del extremo  $D_3$  del manipulador en ambos puntos, y también en un punto de paso para un instante intermedio entre 0 y 5 seg. Es interesante observar, que si el usuario desea conocer la ubicación ( $Y_0$ ,  $Z_0$ ) en el espacio de trabajo cuando el extremo alcanza un cierto valor de  $D_3$ , lo que sucede en algún instante intermedio entre 0 y 5 seg (punto  $P_{INT}$  en la figura 17), se plantean dos condiciones de borde; a saber: una que refleje la pertenencia del extremo  $P_{INT}$  a la recta en el espacio de trabajo, y la segunda que vincula las coordenadas del extremo  $Y_0$  y  $Z_0$  con el módulo de la variable articular  $D_3$ . Así se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones (6):

$$2=Z_0+Y_0 \quad D_3^2=Z_0^2+Y_0^2 \quad n)$$

Una propuesta de trabajo para volcarla y probarla en ordenador, consiste en resolver en forma general este sistema para esta recta en el espacio de trabajo. Despejando  $Y_0$  de la

primera y se sustituye en la segunda, se llega a la siguiente ecuación cuadrática en  $Y_0$ :

$2Y_0^2 - 4Y_0 + (4 - D_3^2) = 0$ , cuyas soluciones son:

$Y_{01,2} = 4 \pm \sqrt{(8D_3^2 - 16)} / 4$ , que tiene solución para:

$(8D_3^2 - 16) \geq 0$ ; y se toman los valores positivos de la resolvente, y de  $D_3$  por ser una distancia. Si se desea saber las coordenadas  $Y_0$  y  $Z_0$  cuando el extremo alcanza el valor  $D_3 = 1,7\text{m}$  (esto ocurre para  $t = 2,5\text{seg}$ ); resolviendo el sistema se obtienen dos valores (1,66 y 0,33; siendo este último el válido, dado que se debe cumplir  $0 \leq Z_0 \leq 1$ ). Para  $Z_0 = 0,33\text{m}$  es  $Y_0 = 1,67\text{m}$ . Así es que para cada instante  $t$ , es posible obtener una terna de valores: ( $t=0$ ): ( $D_3 = \sqrt{2}$ ,  $Y_0 = 1$ ,  $Z_0 = 1$ ) (punto inicial)

( $t=2,5$ ): ( $D_3 = 1,7$ ,  $Y_0 = 1,67$ ,  $Z_0 = 0,33$ ) (punto de paso intermedio)

( $t=5$ ): ( $D_3 = 2$ ,  $Y_0 = 2$ ,  $Z_0 = 0$ ) (punto final)

Se continúa muestreando en ordenador para más instantes, obteniendo más ternas de valores ( $D_3$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ); usando la ecuación k):  $D_3(t) = -0,0094t^3 + 0,0703t^2 + 1,4141t$

De esta manera, el usuario puede conocer la longitud del brazo del manipulador para cada instante, y fundamentalmente, en el espacio de trabajo para cada valor de  $Y_0$  y  $Z_0$ ; y respetando la trayectoria prefijada para este caso de:  $Z = Z_0 + Y_0$ .

### **Conclusiones y futuras líneas de trabajo**

Se extraen las siguientes conclusiones de esta propuesta: 1) el problema analizado en este trabajo, se enmarca en el modelo de proceso de investigación y desarrollo con sus tres fases (cinemática, dinámica y control); y más precisamente, en el marco de desarrollo del módulo de control cinemático. 2) En este contexto, se implementa un proceso metodológico que se soporta mediante tres etapas; el cual se nutre con la matriz de transformación homogénea, y proporciona aquellas trayectorias articulares que se ajustan a los requisitos de usuario y deben cumplimentar, al menos, un criterio de diseño. 3) Se describe un caso de estudio de un robot esférico

RRP de tres grados de libertad aplicando el proceso metodológico expuesto; el cual permitió obtener las trayectorias articulares para este caso, y bajo la premisa del cumplimiento de una determinada condición de diseño. 4) Se presenta una discusión de estos resultados en base a dos enfoques: a) la obtención de un lapso mínimo de tiempo para la ejecución de la tarea del robot, teniendo en cuenta una aceleración admisible suministrada por el fabricante; b) el conocimiento de las coordenadas de los puntos de paso del extremo del manipulador en el espacio cartesiano, en base a los valores que toma  $D_3(t)$  en el tiempo y respetando la trayectoria deseada por el usuario.

Se está trabajando en las siguientes líneas de investigación: I) una propuesta metodológica que hace uso del modelo diferencial, aplicando el método de segmentos lineales con transición parabólica a las variables cartesianas. II) la simulación de ambas metodologías en un ordenador, para luego implementarla en un prototipo real que ya se dispone en nuestra casa de estudios. III) planteo de distintas condiciones de contorno para mayor cantidad de puntos de paso intermedios; haciendo uso de diferentes heurísticas para la determinación de las velocidades en dichos puntos. IV) Una línea de estudio se basa en obtener la función lineal  $D_3(t)$  que vincula los puntos inicial y final de la trayectoria del extremo  $D_3$ . Si se obtiene esta recta para el caso de estudio, la misma es:  $D_3(t)=0,1171t+1,4141$ . Luego tomando la función cúbica obtenida k):  $D_3(t)=-0,0094t^3+0,0703t^2+1,4141$ , si se realiza la diferencia entre ambas funciones se obtiene otra función cúbica  $D_{dif}$ , cuya expresión es:  $D_{dif}(t)= -0,0094t^3+0,0703t^2-0,1171t$ .

Si se deriva esta expresión y se la anula, se obtienen los instantes y los valores extremos correspondientes a esos instantes. Obteniéndose los siguientes valores: para  $t_1=1,05$ seg es  $D_{dif1}=-5$ cm. En la figura 18 se puede observar que para los instantes  $t=0$ ,  $t=2,5$  y  $t=5$ ; los valores son iguales para ambas funciones cúbica y lineal. Asimismo, para los instantes 1,05 y 3,93; se obtienen las máximas diferencias de 5cm entre ambas trayectorias articulares.

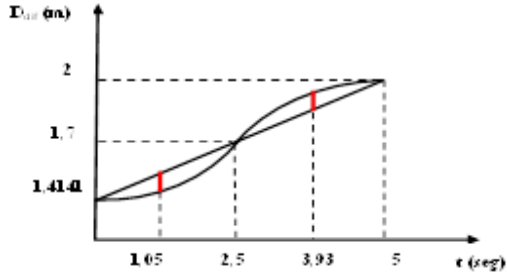


Figura 18: Función diferencia entre las trayectorias articulares cúbica y lineal con las diferencias máximas en rojo

## Notas

- (1) El proceso de obtención de estas ecuaciones es muy dependiente de la configuración del robot y es frecuente que la solución no sea única.
- (2) El número de puntos muestreados está limitado por la respuesta en tiempo real que debe proporcionar el sistema de control, con el consiguiente costo computacional.
- (3) Es de destacar el factor de sencillez de la función elegida, habida cuenta de que la misma será de uso vital para generar referencias al control dinámico.
- (4) Cabe consignar, que en aquellos puntos donde el jacobiano de las velocidades es singular, el usuario está imposibilitado de asignar libremente las velocidades; lo que da lugar a que el sistema incluya alguna de las alternativas B o C.
- (5) Cabe aclarar que por una cuestión de sencillez de notación, se adopta  $c1 = \cos(\Theta1)$ ,  $s1 = \sin(\Theta1)$ ,  $c2 = \cos(\Theta2)$  y  $s2 = \sin(\Theta2)$ .
- (6) Este es un sistema de una recta y una circunferencia de radio  $D3$  y centro  $Y0 - Z0$ . Para cada  $D3$  hay una circunferencia que pasa por el punto de intersección entre el extremo de ese  $D3$  y la recta deseada en el espacio de trabajo ( $Z = Z0 + Y0$ ).

## Referencias

- [1] Ollero Baturone, A., "Robótica Manipuladores y robots móviles". Ed. Alfaomega, España, 2007.
- [2] Craig, J. J., "Introduction to Robotics". Ed. Addison Wesley, Reading, MA, 1989.

- [3] Barrientos, Antonio; Peñín, Luis Felipe; Balaguer Carlos y Aracil Rafael. "Fundamentos de Robótica". Editorial McGraw – Hill. Madrid – España, 2007.
- [4] Reyes Cortés, F., "Robótica – Control de Robots Manipuladores". Ed. Alfaomega, México, 2011.
- [5] Kelly, R. & Santibáñez, V., "Control de Movimiento de Robots Manipuladores". Ed. Prentice Hall – México, 2003.
- [6] Torres, F., Pomares, J., Gil, P., Puente, S. & Aracil, R., "Robots y Sistemas Sensoriales". Ed. Prentice Hall – España, 2002.
- [7] Iñigo Madrigal, R. & Vidal Idiarte, E., "Robots industriales manipuladores". Ed. Alfaomega, México, 2004.
- [8] Spong, M. & Hutchinson, S. "*Robot Modeling and Control*". Ed. John Wiley & Sons, 2006.

\* \* \*

# 18

## Simulación numérica de flujos cavitantes en inyectores/atomizadores con asimetría en la dirección del flujo

*Miguel G. Coussirat, Flavio H. Moll*

**Resumen:** El flujo cavitante está relacionado con flujos turbulentos y multifásicos con transferencia de masa entre el líquido y su fase gaseosa. La cavitación en los inyectores/atomizadores de presión afecta fuertemente el comportamiento del chorro de líquido/spray en su salida. El tipo de atomización inducida por cavitación permite desarrollar dispositivos más eficientes si este estado de cavitación está bien controlado. Los experimentos muestran que se alcanza una mejora en la calidad de la pulverización cuando hay un estado de cavitación completamente desarrollado en la boquilla. La cavitación desarrollada formada en la boquilla muestra tanto una forma compleja como un comportamiento no estacionario debido al complejo patrón de flujo asociado. Este trabajo trata del estudio numérico de boquillas con asimetría en la dirección de avance del flujo y secciones rectangulares tanto en entrada y de salida para casos en los que aparece el estado de cavitación completamente desarrollado. Una calibración cuidadosa de los modelos de viscosidad turbulenta seleccionados se convierte en una tarea importante para obtener predicciones de flujo precisas. Los resultados obtenidos muestran que es posible captar las principales características de la cavidad y las frecuencias representativas de las inestabilidades. Las conclusiones obtenidas podrían ser útiles para el diseño de inyectores de combustible ya que la simulación adecuada de la condición de flujo de cavitación desarrollada y las posibles frecuencias de resonancia, útiles para mejorar la atomización del flujo y la integridad del inyector, podrían capturarse con precisión mediante este tipo de modelado numérico.

**Palabras claves:** Cavitación desarrollada; Inyectores; Atomizadores; Turbulencia; Modelos de viscosidad turbulenta; Validación / Calibración.

### Introducción

La aparición de cavitación dentro de un equipo fluidodinámico está directamente relacionada con la caída de presión local

dentro del dispositivo. Comprender el fenómeno del flujo de cavitación tiene una gran importancia, ya que desempeña un papel importante en el desempeño del dispositivo, e.g. en la atomización del aerosol de combustible, que afecta en gran medida el rendimiento y las emisiones de los motores Diésel (Coussirat et al., 2016-2021). La cavitación es un fenómeno complejo que se presenta en los flujos de líquidos cuando la presión hidrodinámica,  $p_c$  en algún lugar desciende alcanzando la presión de vapor del líquido,  $p_v$ . Este nivel de presión baja provoca que el flujo de líquido inicial se convierta en un flujo de dos fases, es decir, burbujas de líquido de vapor. El inicio de la cavitación por vaporización del líquido puede requerir la existencia de tensiones inferiores a la presión de vapor debido a la tensión superficial de la burbuja. Sin embargo, la presencia de partículas de gas no disueltas, capas límite y turbulencia modificarán y a menudo enmascararán una desviación de esta presión crítica  $p_c$  de  $p_v$ . (Knapp et al. 1973, Brennen 1995-2005, Franc et al., 2005, (Coussirat et al., 2016-2018).

Debido al alto costo de los experimentos la opción del modelado numérico de este problema ha cobrado mucha importancia dando lugar al desarrollo de una importante rama de la ingeniería denominada Mecánica de Fluidos Computacional, (CFD son sus siglas en inglés). La CFD consiste en el desarrollo/uso de códigos numéricos que modelan flujos complejos de fluidos sobre la base física del fenómeno de flujo turbulento y cavitante en este caso, que involucra transferencia tanto de masa como momentum (Brennen 2005). Debido a que el flujo es turbulento, existen distintos submodelos de turbulencia, que se han adaptado y desarrollado específicamente para estudiar los flujos de cavitación. Los modelos de Simulaciones Promediadas de Reynolds + Modelo de Viscosidad Turbulenta (RAS+ EVM, en inglés) se vienen desarrollando desde hace tres décadas, siendo ahora una opción común para trabajos de CFD (Coussirat et al., 2018-2021). Para el flujo de cavitación se usa el Modelado basado en Ecuaciones de Transporte (TEM, en inglés), junto con las formulaciones RAS + EVM antes mencionadas. TEM consiste en resolver una ecuación



de transporte para la fracción de vapor,  $f_v$ , con términos fuente apropiados para regular la transferencia entre fases. La combinación de estos modelos se denomina frecuentemente modelado de flujo multifásico turbulento (RAS/EVM/TEM), y actualmente se encuentran disponibles varias formulaciones para uso industrial (Versteeg et al., 2007).

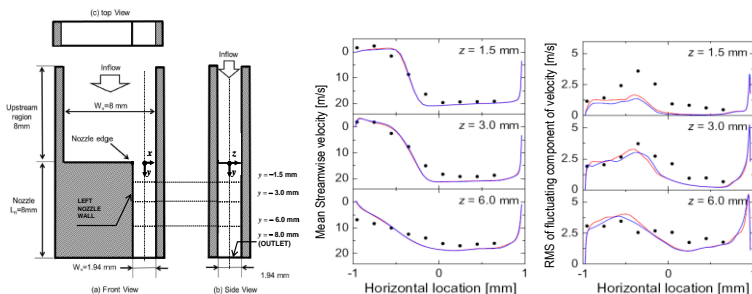
Un objetivo de este trabajo es continuar trabajos anteriores (Coussirat et al., 208-2021) que se centraron en la calibración de los EVMs, ya que existe una estrecha relación entre la condición de inicio/desarrollo de la cavitación y el nivel de turbulencia en el flujo. La distribución espacial y la tasa de cambio en el nivel de turbulencia producido por la cavitación podrían estar relacionadas con algunas escalas de turbulencia propias presentes en el proceso, que conducen a un 'estado de turbulencia no estándar'. Por lo tanto, los flujos de cavitación no deben modelarse como flujos turbulentos simples con cizalladura (shear turbulent flows) ya sean estos flujos internos o externos, siendo común a todos éstos el desarrollo de capas límites o capas de cizalladura o corte (e.g., capas límites sobre sólidos, chorros capas de mezcla y estelas).

Debido a su geometría, los inyectores no están en ninguna de estas categorías de flujo, comúnmente, los EVM sin calibrar predicen un exceso del nivel de viscosidad turbulenta,  $\mu_t$  cuando aparece la cavitación (Coussirat et al., 2016, Coutier et al, 2003), calculando así niveles más bajos para la presión dinámica produciendo un valor de presión absoluta más alto y menos cavitación. La sobreestimación de  $\mu_t$  afecta directamente a la región de cavitación debido a las altas tensiones calculadas dentro del flujo, lo que limita tanto a la cavitación como a la distribución de velocidad en las zonas de recirculación.

Otro objetivo del trabajo es comparar los resultados de EVMs con los obtenidos mediante la técnica denominada Simulación de Grandes Vórtices (Large, Eddy Simulations, LES), ya que LES permite obtener una forma de cavidad más detallada en casos de cavitación poco desarrollada, pero requiere más

recursos computacionales (Biçer et al, 2014, Biçer 2015, Coussirat et al., 2016-2021).

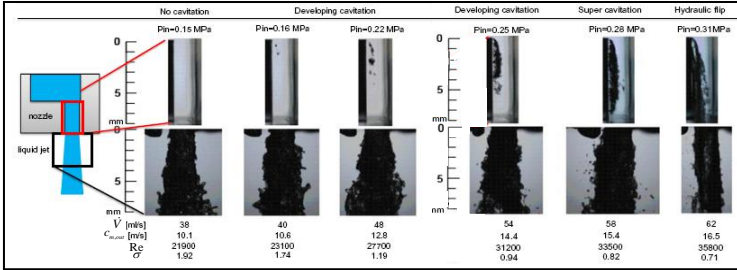
Para satisfacer los objetivos planteados en este trabajo, se modelará mediante EVMs el flujo interno cavitante dentro de un inyector Diesel de alta presión con una configuración de entrada de boquilla asimétrica y secciones cuadradas en la salida, ver Fig.1, para ver si es posible obtener una resolución suficiente en el patrón de flujo y la forma de la cavidad en estados de cavitación incipiente y desarrollado.



**Fig.1.** Geometría, condiciones de borde, experimentos y CFD para perfiles de las velocidades medias (i.e., mean streamwise),  $c_m$  y la desviación típica de las fluctuaciones de la  $c_m$  (i.e.,  $c'_{RMS}$ , RootMeanSquare fluctuations), número de Reynolds,  $Re=27,700$ , ver Fig.2. **Nomenclatura:** •, Experimentos (Laser-DopplerVelocimeter); CFD, modelo de LES, con modelos de SubGrid Scale (SGS) de: Smagorinsky (trazo rojo) y Vreman (trazo azul), [Biçer 2015](#).

Se pretende así obtener una buena precisión en las predicciones que entregan los modelos RAS/EVM desarrollados para uso general, cuando se aplican a dispositivos de diseño donde aparecen flujos de cavitación. En trabajos anteriores se demostró que la calibración de los EVMs utilizados requieren de una atención especial y minuciosa basada en la relación biyectiva que hay entre la formación de la cavidad y el nivel de turbulencia que existe en el lugar, lo que afecta a la presión reinante que es la que limita o no el crecimiento de la cavidad. Para analizar con más detalles la interacción de turbulencia y cavitación, se revisaron nuevamente algunos de los experimentos utilizados en trabajos previos (Coussirat et al., 2016-

2018). Para las tareas de calibración se utilizaron los datos experimentales de Biçer et al., 2014 y Biçer 2015 para los campos de velocidad media y de sus fluctuaciones, ver Fig.1 y Fig.2.



**Fig.2.** Patrones de flujos cavitantes (Biçer 2015). **Nomenclatura:**  $\sigma$ , Re, Números de Cavitación y de Reynolds, ver Ec.1;  $p_{in}$ , presión entrada;  $p_{out}$ , presión salida ( $=1.0e+5$ Pa);  $p_v$ , presión vapor a 19C ( $=2,300$ Pa);  $\rho_l$ , densidad fase líquida a 19C ( $=998$ kg/m<sup>3</sup>);  $c_{m,out}$ , velocidad media salida;  $w_{out}$ , ancho boquilla;  $\nu$ , viscosidad fase líquida a 19C ( $=1.35e-6$ m<sup>2</sup>/s).

### Flujo turbulento y cavitante en toberas asimétricas: datos experimentales y desarrollos numéricos previos

Existe mucha información experimental relacionada con boquillas de entrada simétricas con diferentes tamaños y formas de secciones de salida (ver referencias en Coussirat et al., 2016-2018). También se dispone de información relacionada con boquillas de entrada asimétricas (Biçer et al., 2014 y Biçer 2015), Fig.1 y Fig.2. En estas bases de datos, además de la medida de campos de  $c_m$  y  $C_{RMS}$  hay imágenes de la forma de la cavidad cuando se cambian los parámetros de funcionamiento del equipo, siendo estos datos muy útiles para la calibración de códigos CFD.

La configuración experimental consistió en usar una bomba de émbolo para descargar agua del grifo filtrada a una temperatura ambiente de 19C en el aire ambiente a través de una boquilla rectangular, Fig.1. El caudal de entrada (fase líquida) se midió con un caudalímetro insertado en el circuito hidráulico y se midió la presión estática aguas arriba de la boquilla

con un manómetro tipo Bourdon. La velocidad  $c_m$  y su fluctuación  $c_{RMS}$ , (ambas en la dirección de la corriente  $y$ ) se midieron usando un Velocímetro Láser Doppler (LDV) en tres posiciones ( $y_1=-1.5$ ,  $y_2=-3.0$ ,  $y_3=-6,0$  mm, respectivamente), en el plano medio en profundidad del canal de la boquilla, marcado en la vista lateral, ver Fig.1. La forma de la cavidad se registró con una cámara de alta velocidad en la zona en donde se produce la cavitación en el interior de la boquilla (también hay registros de la atomización del flujo a la salida de la boquilla). La incertidumbre reportada en las mediciones fue de  $\sim 1\%$  para el LDV y de  $\sim 3.7\%$  para el caudal. No hay datos para el nivel de  $fv$  en la cavidad ni medidas de presión local desafortunadamente. Detalles de estos experimentos pueden verse en Biçer 2015, en donde se generaron diferentes condiciones de cavitación cambiando el caudal, clasificándolos mediante el uso de los números de Reynolds,  $Re$  y Cavitación,  $\sigma$  calculados a partir de la Ec.1. Se destaca aquí que  $Re$  y  $\sigma$  no están estrechamente relacionados entre sí, (Sou et al., 2008), siendo ambos necesarios para la clasificación de flujo. La  $p_{out}$  permanece constante e igual a la presión atmosférica, porque allí hay ya un chorro libre (flujo subsónico con tensiones superficiales despreciables). De esta manera, se reproducen estados desde sin cavitación hasta el de cavitación desarrollada, Fig.2. La separación del flujo ocurre sólo en la entrada de borde afilado de la boquilla y la condición de cavitación incipiente aparece a lo largo de la pared izquierda de la boquilla en la zona de estrechamiento.

$$Re = c_{m,out} w_{out} / \nu ; \quad \sigma = (p_{out} - p_v) / (0.5 \rho c_{m,out}^2) \quad (1)$$

Más detalles del flujo puede verse en Coussirat et al., 2016 y Coussirat et al, 2021, donde también se demuestra que es posible capturar varias de las características de flujo bajo condición de cavitación incipiente (estado estacionario), mediante una cuidadosa calibración de los EVMs, siendo esta tarea necesaria por la estrecha relación entre la condición de inicio/desarrollo de la cavitación y el nivel de turbulencia en el flujo. Como ya se señaló, la distribución espacial y la tasa de cambio del nivel de turbulencia producido por la cavitación podrían estar relacionadas con algunas escalas de turbulencia

típicas del proceso, lo que lleva a un 'estado de turbulencia no estándar'. Luego, los flujos de cavitación no deben modelarse como casos de flujos de cizallamiento turbulentos, (Coussirat et al., 2018-2021). Note que la transición entre distintos tipos de cavitación es abrupta por la corta longitud de la boquilla, siendo esto un problema añadido para el modelado CFD, porque dificulta la definición de las condiciones de borde.

Se indicó que los EVMs no calibrados predicen en exceso el nivel de  $\mu_t$  que conduce a valores más bajos para la presión dinámica, lo que produce un valor de presión absoluta más alto y menos cavitación. Esta sobreestimación  $\mu_t$  afecta directamente a la región de cavitación debido a las altas tensiones calculadas, limitando tanto la cavitación como la distribución de velocidad en las zonas de recirculación (Shi et al., 2010, Biçer et al., 2014, Coussirat 2018-2021). También fue demostrado por Coussirat et al., 2016-2018 que existe una mayor dependencia del EVM utilizado para la turbulencia que de los modelos de cavitación en los resultados obtenidos para el estado de cavitación incipiente. Los modelos de cavitación utilizados han mostrado ligeras diferencias en la forma de la cavidad y los niveles de fracciones de vapor pronosticados. En Coussirat 2021 se demuestra que es posible obtener buenas predicciones del patrón del flujo cuando los inyectores no tienen simetría en la entrada a la boquilla, Fig.1. En esta situación, el flujo dentro de la boquilla tiene un patrón diferente al de una boquilla simétrica estudiada en Coussirat et al., 2018, demostrando que usando EVM para casos de cavitación incipiente es posible obtener resultados numéricos de calidad comparable a los obtenidos mediante LES. Se sabe que el modelado LES permite obtener una forma de cavidad más detallada en casos de cavitación poco desarrollada, pero requiere más recursos computacionales que el uso de EVMs.

La pregunta aquí es: *'¿es posible obtener una resolución suficiente en la forma de la cavidad en un estado de cavitación desarrollada (no estacionaria) mediante el uso de EVM?'* El objetivo principal de este trabajo es dar respuesta a esta pregunta. Para ello se simulaban casos en donde la cavitación ya se corresponde a  $\sigma=1,19$  en donde la cavitación es del tipo

desarrollada y presenta un comportamiento no estacionario, pero con un patrón oscilatorio del que es posible obtener frecuencias de desprendimiento de vórtices y compararlas contra datos experimentales, ver Fig.2.

## Metodología

Todas las simulaciones que se llevaron adelante han sido de casos bidimensionales (2D), siguiendo la línea de trabajos previos ya realizados por los autores del presente trabajo. En lo que sigue se discuten resultados de algunas referencias que aportan elementos para la correcta definición del problema. Sou et al., 2014 Biçer et al., 2014 y Biçer 2015 Coussirat 2018-2021 simularon el caso de  $\sigma=1,19$ , como 2D, Fig.1, y bajo condiciones no estacionarias utilizando la opción RAS/EVM. Se seleccionaron tres modelos de turbulencia del tipo EVM, (i.e., Estándar  $k-\varepsilon$ , SST  $k-\omega$  y RNG  $k-\varepsilon$ , ver detalles en Versteeg et al., 2007). Se destaca que Biçer 2015 utiliza las funciones Standard Wall para los EVM seleccionados y el amortiguamiento Van Driest para el modelado LES, (Sou et al., 2014). En contraste, Coussirat et al, 2018-2021 no utilizan funciones de pared cuando usan los modelos de la familia  $k-\varepsilon$ , remarcando que el modelo SST  $k-\omega$  no hace uso de éstas. Las conclusiones de todos estos autores señalan que los EVM seleccionados dieron buenas predicciones para la longitud, el grosor de la cavidad y el desprendimiento de cavidades, pero utilizando mallas de discretización muy finas (tamaño de celda de  $50 \times 50 \mu\text{m}$  y pasos de tiempo del orden de  $O(10^{-8}\text{s})$ ). En los casos de cavitación desarrollada, el desprendimiento de cavidades también se simuló bien.

Resultados de mayor calidad fueron obtenidos mediante LES, pero utilizando un tamaño de celda de malla mínimo de  $\sim 4 \times 4 \mu\text{m}$  i.e., un orden de magnitud menor comparado con la malla usada para EVM (Sou et al., 2014, Biçer, 2015). Se concluyó que el uso de un modelo de turbulencia (EVM sin calibrar o LES) junto con una malla muy fina puede simular el desprendimiento de cavidades y el flujo de chorro reentrante, pudiendo predecir cuantitativamente el espesor de la cavidad y su longitud, la velocidad media del flujo y sus fluctuaciones

turbulentas. Esta combinación podría usarse para explorar los fenómenos de cavitación dentro de las boquillas de los inyectores de combustible, pero el principal problema aquí sigue siendo los altos requisitos computacionales para estas simulaciones no estacionarias, sobre todo cuando se utiliza la opción LES.

### **Calibración adecuada de los EVM, discusión**

Se trata aquí de optimizar recursos computacionales utilizando mallas más gruesas, pero utilizando EVM bien calibrados para así mejorar la predicción de  $\mu_t$  a efectos de lograr niveles adecuados de presión que disparen el efecto de cavitación, tratando de extrapolar los resultados ya obtenidos para casos de flujos estacionarios por Coussirat et al., 2016-2018. Cuando el efecto de cavitación se magnifica, el flujo se vuelve no estacionario y se comienza a ver un patrón de desprendimiento vorticoso fluctuante. En trabajos previos (Coussirat et al., 2016-2021) ya exploró la calibración mediante la manipulación de parámetros característicos, fundamentados en la física del problema. Se concluyó que el modelo SST  $k-\omega$  bien calibrado permite obtener buenas predicciones de la cavidad para casos de cavitación incipiente mediante la manipulación del coeficiente de calibración  $\beta^*$ . El modelo SST  $k-\omega$  es un modelo de turbulencia que calcula la  $\mu_t$  del flujo y consta de dos ecuaciones de transporte para las cantidades turbulentas de: energía cinética turbulenta,  $k$ , y su tasa de disipación,  $\omega$  (ver detalles en Versteeg et al., 2007).

Existen varios parámetros de calibración en este modelo y sobre fundamentos físicos se seleccionó el parámetro  $\beta^*$ . Este parámetro es responsable del nivel calculado en la disipación de la energía cinética turbulenta,  $k$ , y la producción de su tasa de disipación  $\omega$ . También controla las condiciones de contorno calculadas para  $k$  y  $\omega$  en las paredes (Menter, 1994; Wilcox, 1998; Menter et al., 2003; Coussirat et al., 2018-2021,). El valor base para  $\beta^*$  ( $= 0,09$ ) fue ya establecido por Wilcox, 1988, examinando la denominada capa cercana a la pared (wall-layer). Todos los flujos reales poseen lo que se llama capa límite (CL). La estructura de la CL es compleja y

para su estudio se la divide en distintas partes. Dentro de la CL, la capa cercana a la pared se define como la porción de la CL lo suficientemente alejada de la pared para hacer que la viscosidad molecular  $\mu$  sea insignificante en relación con  $\mu_t$ , pero lo suficientemente cerca de la pared como para que los efectos convectivos sean todavía insignificantes en relación con la velocidad a la que la turbulencia está siendo creada y destruida (i.e., estado de turbulencia de equilibrio).

En estas condiciones las tensiones de corte de Reynolds, se definen como,  $\tau_T = \rho \langle u'v' \rangle$ , siendo  $u'v'$  los momentos de 2<sup>do</sup> orden de las fluctuaciones turbulentas de las velocidades medias  $c_m$  (en las direcciones  $x$  e  $y$ ) para casos de flujos bidimensionales (2D). Estas  $\tau_T$  representan transferencia de momentum en direcciones perpendiculares a las del flujo principal. Se remarca que estas  $\tau_T$  son originadas por las fluctuaciones turbulentas de las velocidades que están correlacionadas entre ellas, son constantes en esa zona y se igualan a la llamada velocidad de fricción o velocidad de corte,  $u^*$ . Las  $\tau_T$  se suman a las tensiones viscosas, definidas como  $\tau = \mu \partial c_m / \partial y$  constituyendo esto parte de lo que se llama modelo de CL de tres capas, válido para flujos de cizalladura (White, 1991). Se muestra así que la transferencia de momento en la dirección perpendicular al flujo principal es proporcional al gradiente de velocidades medias en la dirección normal al flujo para el caso de flujos de cizalladura.

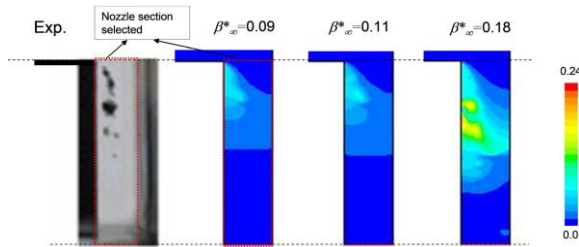
La velocidad de fricción se define dimensionalmente como:  $u^* = (\tau/\rho)^{0.5} = [(\mu/\rho)(\partial c_m/\partial y)]^{0.5}$ , para flujo laminar; mientras que  $u^* = (\tau_T/\rho)^{0.5} = (\rho \langle u'v' \rangle / \rho)^{0.5} = \langle u'v' \rangle^{0.5}$ , para flujo turbulento. De estas expresiones puede verse que  $u^*$  está físicamente relacionadas con el transporte de momento desde un nivel a otro en la CL. Note que al ser la tensión de corte total  $\tau + \tau_t$  constante (y considerada  $\sim \tau_t$ ) en la zona cercana a la pared e igual a la velocidad de fricción implica que:  $\tau_t / k = (\beta^*)^{0.5}$  lo que conduce al valor estándar de  $\beta^*$ , ya que una gran cantidad de medidas experimentales para casos de flujos de cizallamiento indican que la relación  $\tau_t/k$  es aproximadamente 3/10



(Towsend, 1976), proveyendo así el valor base de 0,09 para  $\beta^*_{\infty}$ .

### Resultados obtenidos

Coussirat et al., 2021 demostraron que a  $\sigma=1,19$  todavía es posible una simulación estacionaria para comparar resultados experimentales y resultados CFD para los campos de velocidad media y fluctuante. Se ve también como la cavidad muestra un comportamiento no estacionario incipiente, con desprendimiento de estructuras vorticosas, Fig.3.



**Fig.3:** resultados CFD estacionario (M03,  $\sigma=1.19$ ): Cavidad con  $f_v$ . **Nomenclatura:** Exp., Experimentos (Biçer et al, 2014, Biçer 2015); Marco en rojo: volumen de control donde se midió/simuló mediante CFD;  $\beta^*_{\infty}$ , parámetro de calibración EVM SST (Coussirat et al., 2021)

Se demostró que las mejoras en las predicciones del campo de velocidad fluctuante provocan una predicción de la forma de la cavidad más precisa. El campo de velocidad media  $C_m$  no sufre fuertes variaciones cuando se realizó la calibración, pero el campo  $C'_{RMS}$  predicho se ve fuertemente afectado por la calibración (ver detalles en Coussirat et al., 2021). Este hecho destaca la estrecha relación entre el nivel de turbulencia y el fenómeno de inicio de la cavitación, porque se demostró que suprimiendo el nivel de  $\mu_t$  mediante la calibración, aumenta la  $f_v$  predicha. También se demostró que distintos modelos de cavitación TEM ofrecen casi idénticos resultados, independientes éstos del EVM que se use para el modelado de la turbulencia. Pese a esto, se seleccionó el modelo TEM más completo (Singhal et al, 2002) para futuras aplicaciones. Los modelos TEM permiten el cálculo de la densidad del flujo

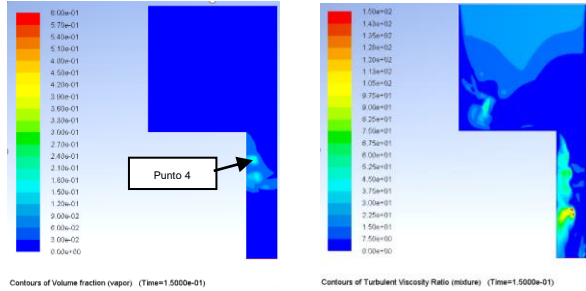
bifásico, mientras que el EVM SST  $k-\omega$  calcula la viscosidad de la mezcla. En flujos de cizallamiento normalmente la relación  $\mu_t/\mu$  (i.e., tasa de viscosidad turbulenta respecto de la molecular de la mezcla) es de 100 a 200, se ve claramente cuán importante es el efecto del correcto modelado de la turbulencia, ya que asumiendo que el modelo TEM predice correctamente la  $f_v$ , independientemente de su nivel en distintos lugares de la cavidad, la  $\mu_t$  será siempre dos órdenes de magnitud superior en esa zona, afectando claramente al patrón de flujo y el campo de presiones estimado, el que a su vez dispara el efecto de cavitación, formándose así el ciclo interdependiente entre nivel de turbulencia y nivel de  $f_v$ . El parámetro  $\beta^*_\infty$  permite calibrar este nivel de  $\mu_t$  de forma exitosa, pero no directa ya que, como se señaló anteriormente afecta tanto la ecuación de  $k$  como la de  $\omega$  en el modelo SST  $k-\omega$ .

El paso siguiente es el modelado de flujos en donde la cavitación ya esté desarrollada, lo que implica un modelado del tipo no estacionario. En el presente trabajo se utilizaron las mismas definiciones para el dominio de cálculo, Fig.1, y sólo se varió el caudal de entrada para tener un  $\sigma=0,94$ . Se usó una discretización temporal de 1<sup>er</sup> orden con pasos de tiempo ( $\Delta t$ ) de un orden de  $O(10^{-6}s)$ , i.e., dos órdenes de magnitud mayores que los de LES. La Fig.4 muestra resultados para el caso de  $\sigma=0,94$  en donde ya es necesario una simulación no estacionaria. Puede verse claramente que se captura una estructura de desprendimiento de vórtices, tanto en la  $f_v$  como en la tasa  $\mu_t/\mu$ .

Desafortunadamente, los datos experimentales de Biçer et al., 2014 y de Biçer 2015 no muestran datos de nivel de  $f_v$  ni de las frecuencias asociadas al desprendimiento. Para ver si estos resultados preliminares obtenidos están correlacionados con frecuencias típicas de desprendimiento para casos de flujos cavitantes en distintos dispositivos, se comparan con algunas referencias bibliográficas relacionadas con la experiencia que ya se posee al respecto. Puede señalarse que se sabe que la inestabilidad de la cavitación está

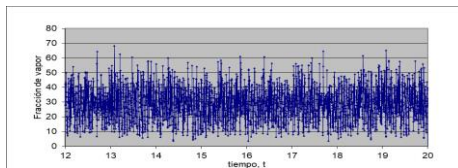
correlacionada con señales de ruido de frecuencia alta, en un rango de  $f \sim 5\text{-}10\text{ kHz}$  y baja, en un rango de  $f \sim 100\text{-}200\text{ Hz}$ , (Escaler et al., 2006 y Coussirat et al., 2016).

Por lo tanto, si los tiempos característicos de desprendimiento son de  $O(10^{-2}\text{s-}10^{-4}\text{s})$  se comprueba la buena selección del  $\Delta t$  para la simulación CFD.



**Fig.4:** Resultados CFD no estacionario EVM SST  $k-\omega$ :  $\sigma=0.94$ , M03 ( $\beta^*_{\infty}=0.18$ ,  $\Delta t=5 \times 10^{-6}$ ): Izq.: Cavitación con  $f_v$ . Der.: tasa de viscosidad turbulenta molecular,  $\mu_t/\mu$ , EVM SST (Coussirat et al., 2021). Nomenclatura: El Punto 4 señala donde se analizó la frecuencias de variación de fracción de vapor asociada al desprendimiento de estructuras vorticosas, típicas de procesos no estacionarios.

La Fig.5. muestra la señal de la variación temporal de la  $f_v$  obtenida en el Punto 4, con niveles de su variación que está en el rango de 0,2-0,55, lo que podría llevar a pensar que es bajo. Las fotografías sólo muestran el desarrollo de la cavitación y no se poseen datos acerca del nivel de la  $f_v$  en los experimentos, no pudiendo tenerse una clara conclusión al respecto. Una transformada de Fourier de esta señal permite ver que la frecuencia fundamental es del orden de los 1000Hz para este caso, viendo que esta dentro de los rangos típicos para flujos cavitantes.



**Fig.5:** Resultados CFD no estacionario EVM SST  $k-\omega$ :  $\sigma=0.94$ , M03 ( $\beta^*=0.18$ ,  $\Delta t=5 \times 10^{-6}$ ): Obtención de la evolución de la variación de la fracción de vapor en el Punto 4, ver Fig.4. Frecuencia de desprendimiento  $\sim 1000\text{Hz}$

## Conclusiones

Mediante CFD se ha logrado capturar la frecuencia de desprendimiento utilizando un EVM calibrado especialmente (SST  $k-\omega$ ). Esta calibración es producto de la experiencia acumulada para la resolución de casos estacionarios de flujos cavitantes en boquillas (i.e., cavitación incipiente, levemente desarrollada, con un rango de  $1,91 < \sigma < 1,19$ ). La frecuencias de desprendimiento obtenida están acordes a las frecuencias típicas de desprendimiento para casos de flujos cavitantes. La calibración usando el parámetro  $\beta^*$  permite ajustar el nivel de  $f_v$  obtenido en casos no estacionarios, debiendo buscar bases de datos en donde se cuente con medidas de la  $f_v$  dentro de la cavidad para evaluar con más precisión las calibraciones efectuadas.

El hecho de que el parámetro  $\beta^*$  afecte a las dos ecuaciones simultáneamente es un elemento a tener en cuenta en futuros trabajos, tratando de identificar la producción de efectos similares con parámetros de calibración que sean más locales de modo de tener un control aún mayor a la hora de efectuar la calibración.

## Referencias:

- Coussirat, M., Moll, F., Cappa, F., and Fontanals A., (2016), 'Study of Available Turbulence and Cavitation Models to Reproduce Flow Patterns in Confined Flows,' J. Fluids Eng., 138(9).
- Coussirat M., Moll F. and Fontanals A., (2018), 'Cavitating Flow Pattern Characterization in Square Section Injectors by Means Of CFD,' Mec. Comput., Vol XXXVI:1163–1172.
- Coussirat, M., Moll, (2021), 'Recalibration of Eddy Viscosity Models for Numerical Simulation of Cavitating Flow Patterns in Low Pressure Nozzle Injectors,' J. Fluids Eng. March, 143(3).
- Knapp R., Daily J. and Hammit F., (1970), 'Cavitation,' McGrawHill, New York, USA.

- Brennen C., (1995), 'Cavitation and Bubble Dynamics,' Oxford University Press, New York, USA.
- Franc J. and Michel J., (1995), 'Fundamentals of Cavitation', Springer, Germany.
- Brennen C., 2005, 'Fundamentals of Multiphase Flows,' Cambridge University Press, California, USA.
- Versteeg H. and Malalasekera W., (2007), 'An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method,' 2nd Ed., Addison-Wesley.
- Coutier-Delgosha, O., Reboud, L. and Y. Delannoy, Y., (2003), 'Numerical Simulation of the Unsteady Behaviour of cavitating Flows,' Int. J. Numer. Meth. Fluids 42 pp 527–548.
- Biçer B., Sou A., (2014), 'Numerical Simulation of Turbulent Cavitating Flow in Diesel Fuel Injector,' Proceedings of the 3rd Intern. Symp. of Maritime Scie., Nov.10-14, Kobe, Japan.
- Biçer B., (2015), 'Numerical Simulation of Cavitation Phenomena inside Fuel Injector Nozzles', PhD Thesis, Kobe University, Japan.
- Sou, A., Maulana, M., Isozaki, K., Hosokawa, S., and Tomiyama, A., (2008), 'Effects of Nozzle Geometry on Cavitation in Nozzles of Pressure Atomizers', J. Fluid Sci. Tech., 3(5), pp. 622–632.
- Shi J. and Arafin M., (2010), 'CFD Investigation of Fuel Property Effect on Cavitating Flow in Generic Nozzle Geometries,' ILASS–Europe2010, 23rd Ann. Conf. on Liquid Atomiz. and Spray Syst., Czech Republic.
- Menter F., 1994, 'Two Equations Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications,' AIAA Journal, 32(8), pp. 1598–1605.
- Wilcox D., 1998, 'Turbulence Modeling for CFD,' DCW Industries, Inc., La Cañada, California.
- Menter F., Kuntz M., and Langtry R. , 2003, 'Ten Years of Industrial Experience With the SST Turbulence Model,' Turb., Heat and Mass Transfer, Vol.4, K. Hanjalic, et al., eds., House, pp. 625–630.
- Wilcox D., 1988, 'Reassessment of the Scale-Determining Equation for Advanced Turbulence Models,' AIAA Journal 26(11).
- White, F. (1991) 'Viscous fluid flow'. 2nd ed., McGraw-Hill, Inc.
- Townsend, A. A., 1976, 'The Structure of Turbulent Shear Flow', 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 107-108.
- Singhal, A., Athavale, M., Li, H., and Jiang, Y., 2002, 'Mathematical Basis and Validation of Full Cavitation Model,' ASME J. Fluids Eng. 124(3), pp. 617–624.

Escaler X., Egusquiza E., Farhat M., Avellan F., Coussirat M., 2006, 'Detection of Cavitation in Hydraulic Turbines,' *Mechanical Systems and Signal Processing* 20(4), pp. 983–1007.

\* \* \*



3

FUNDAMENTOS LÓGICOS Y  
EPISTEMOLÓGICOS DE LA  
TECNOLOGÍA





# 19

## Modelos como herramientas inferenciales

*Juan Redmond, Rodrigo López-Orellana*

**Resumen:** El objetivo del presente artículo es presentar el enfoque no representacionista de la práctica de modelización donde la función de SuR, como condición de adecuación, toma un papel protagónico. En efecto, sostenemos que los modelos son herramientas que nos permiten generar hipótesis plausibles sobre sus sistemas-objetivo (*'target systems'*). Las hipótesis inferidas son siempre acciones de un agente. A través de esas acciones, los científicos construyen hipótesis a partir de la información fiable que involucran los modelos acerca de los fenómenos. Un ejemplo de esta función de los modelos son los modelos DIBs (*broplet interface bilayers*; bicapas artificiales en interfaz gotas acuosas y gotas de hidrogel), considerados muy útiles para el estudio de las proteínas de membrana.

**Palabras Clave:** modelización, inferencias subrogativas, sistemas-objetivos, modelos DIBs, biología celular.

### Función inferencial de los modelos

Defendemos aquí que los modelos tienen un carácter inferencial. El objetivo central de este trabajo es mostrar la función inferencial de los modelos científicos. Nos incluimos entonces en el enfoque de filosofía de la ciencia que entiende que los modelos nos permiten hacer inferencias subrogativas acerca de los fenómenos, antes que ofrecer representaciones del mundo real —por mucho que sean consideradas como abstracciones o simplificaciones de los fenómenos—. Esto significa que son herramientas que nos permiten generar hipótesis plausibles sobre sus sistemas-objetivo (*'target systems'*). Por supuesto, esta afirmación tiene su origen en la búsqueda de una respuesta a la pregunta '¿los modelos que construyen los científicos les ayudan realmente a comprender

el mundo?'. Esta es una pregunta esencial y previa a cualquier pregunta sobre la efectividad de la representación (*homomorfía, isomorfía*) que tiene un modelo determinado. Esta idea es defendida por autores como Uskali Mäki (2009), Robert Sugden (2000) y Mauricio Suárez (2004), entre otros, dentro de las perspectivas pragmáticas de la modelización científica.

Siguiendo a Mäki (2009, 32-33), un modelo es simplemente 'un modelo de algo', específicamente de un sistema de fenómenos. En estricto rigor, esto no es una perogrullada. Un modelo representará un sistema de fenómenos como su 'sustituto'. Es decir, un modelo  $M$  representa un sistema-objetivo  $SO$  en el sentido de que  $M$  es representativo de  $SO$ : en otras palabras,  $M$  es el sistema sustituto/subrogante de  $SO$ . Esto puede sugerir una mejor forma de definir la representación con modelos. En definitiva, la función primordial de un modelo es posibilitar un razonamiento subrogativo. Lo que se afirma aquí es que, como señala Mäki (2009), la función epistémica de los modelos (como sustitutos) se traduce en conseguir conocimiento no examinando directamente a  $SO$ , sino más bien examinando directamente a  $M$  (conocimiento indirecto de  $SO$ ), siempre y cuando  $M$  sea 'coherente' o se 'dirija' al sistema de destino en aspectos adecuados y en grados suficientes.

La pregunta es cuál es la forma más ajustada a la evidencia científica en la que se relacionan  $M$  y  $SD$ ; en definitiva, cómo podemos conseguir conocimiento científico de  $SD$  a través de  $M$ . Sugden (2000, 3) afirma que la mejor manera de responder a esta pregunta es asumiendo que la brecha entre el 'mundo del modelo' y el mundo real solo puede llenarse mediante inferencias inductivas. Además, señala que tendremos más confianza en tales inferencias en cuanto más creíble sea un modelo como 'relato' de lo que 'podría haber sido verdad'. Para Sugden, los modelos describen 'mundos creíbles' que están sustentados en una información fiable acerca de los fenómenos particulares de estudio y que proviene —en algunos de sus aspectos— de teorías pertinentes que hayamos aceptado anteriormente. La

modelización y teorización científicas proceden generalmente de esta manera, dependen de la habilidad de los científicos para realizar inferencias inductivas a partir de los modelos, a pesar de que los científicos no sean capaces de justificarlas del todo y que dejen lagunas en su razonamiento explícito. Es por este motivo que se vuelve necesario apartar cualquier consideración representacional o estructuralista de los modelos. En efecto, no hace falta asumir entidades como las 'estructuras' ni que estas compartan cierta homomorfía, porque la representación científica no es objetiva en este sentido, no es independiente del agente. Las inferencias son siempre de un agente, son acciones de un agente. A través de esas acciones, los científicos construyen hipótesis a partir de la información fiable que involucran los modelos acerca de los fenómenos.

Al respecto, Suárez (2004) señala que, de manera general, en una representación se especifica cierta función: un sistema fuente o un objeto *A* representa un sistema objetivo o un objeto *B*. Esto es, *A* cumple cierta función respecto de *B*. La pregunta por responder es entonces en virtud de qué *A* es una representación de *B*. Pero,

*[e] objetivo de una teoría sustantiva de la representación es establecer las condiciones generales que deben cumplir [los] modelos [...] para llevar a cabo una función representacional: no es necesario estipular las condiciones para una representación precisa, verdadera o completa. (Suárez, 2004, 767)*

La estrategia de Suárez es entonces revisar cuáles pueden ser esas condiciones generales. Argumenta que la mejor forma de definir el concepto científico de representación es mediante dos condiciones necesarias: su *direccionalidad esencial* (o *fuerza representacional de su fuente*) y su *capacidad de permitir el razonamiento y las inferencias sustitutivas*. A partir de esto, la noción de representación involucrada en la actividad científica de la modelización debe considerarse como minimalista y deflacionaria; como analogía a las definiciones minimalistas y deflacionarias de la verdad.

Según Suárez (2004, 770–771), esto supone 1) abandonar la búsqueda de condiciones universales necesarias y suficientes que se cumplan en todas y cada una de las instancias reales concretas de la representación científica. La representación no es el tipo de noción que requiera o admita tales condiciones. En el mejor de los casos, solo podemos intentar describir sus características más generales. Además, 2) supone dejar de identificar y asociar características más profundas a la representación que los que ya se encuentran en la superficie de la propia práctica. Para Suárez, la representación solo tiene los siguientes rasgos irreductibles:

la *fuerza representacional de su fuente* (o el modelo), que se expresa en el siguiente esquema: ‘*A* representa a *B* solo si la fuerza representacional de *A* apunta a *B*; y

la *capacidad inferencial*, que permite un razonamiento sustitutivo o subrogativo.

i. señala simplemente que un modelo *M* es usado por un agente *A* (el científico) en su práctica de representar científicamente un fenómeno *f*. De esta manera, basta con analizar el uso de *M* para comprender su función y alcance. Reduce la representación al uso de *M* y a la ‘direccionalidad’ de *M* hacia *f*. Ahora, ii. señala simplemente que *M* le permite a *A* extraer hipótesis específicas acerca de *f*. Estas hipótesis no tienen por qué considerarse ‘verdaderas’, ya que los modelos solo nos proporcionan una aproximación a *f*. Las inferencias que hacemos de *f* son plausibles, no hay por qué predicarles la verdad.

Suárez advierte que i. no implica solamente un forma básica u ordinaria de representación, que se suele identificar como denotación, sino que —en cuanto *representación científica*— esta añade una forma característica de *objetividad* a los rasgos fenomenológicos de la representación ordinaria, que se traduce simplemente en su valor cognitivo. Esto es muy importante para la cognición con modelos y es solo en este sentido que hablamos de ‘objetividad’.

Las representaciones científicas tienen valor cognitivo porque tienen como objetivo proporcionarnos información específica sobre sus objetivos. La información que proporcionan es específica en el sentido de que no podría ser igualmente transmitida por ningún otro signo [un modelo, o cualquier otra herramienta de representación] elegido arbitrariamente. (Suárez, 2004, 772)

Remarcando lo dicho anteriormente, no hay que concebir esta objetividad bajo la metáfora del 'reflejo en el espejo' (*mirroring*), que especifica una relación diádica entre la representación y lo representado (similitud o isomorfismo). La única forma de entender la representación científica y su carácter objetivo para el conocimiento es:

[*Inf*]. *A* representa a *B* solo si (i) la fuerza representacional de *A* apunta hacia *B*, y (ii) *A* permite a los agentes competentes e informados hacer inferencias específicas con respecto a *B*. (Suárez, 2004, 773)

Este será el esquema central de la concepción inferencialista de la representación científica. [*Inf*] traduce esos dos rasgos irreductibles de la representación en “[dos] requisitos [mínimos] sobre la supuesta fuente de una representación, dado un supuesto objetivo” (Suárez, 2004, 773). Es decir, se mantiene cuando y solo cuando se aplican algunos medios de representación concretos y se rellenará (*A* o *B*) de forma diferente en cada instancia de representación.

Esta forma de caracterizar la representación atiende a cuestiones pragmáticas específicas: en (i) se requiere que se den los usos previstos por los agentes para el éxito de la representación; y en (ii) se especifica una habilidad pragmática que depende del objetivo y el contexto de la investigación particular. Por eso se vuelve tan importante el análisis del uso y la manipulación de un modelo dentro del contexto específico de la experimentación.

### **Aplicación al caso de los modelos DIBs**

Los modelos, entonces, pertenecen a un dominio a parte de las teorías. Y como crítica al enfoque semanticista, las teorías

no deben identificarse con una clase de modelos. En este sentido, los modelos deben ser analizados en relación a su independencia. Por su naturaleza, un instrumento o herramienta es independiente de la cosa en la que opera, aunque se conecta con ella de alguna manera. Es en este mismo sentido que los modelos median entre teoría y fenómenos; por ello decimos que implican alguna forma de representación, ya sea de algún aspecto del mundo o algún aspecto de la teoría en cuestión (Frigg, 2006; Frigg y Nguyen, 2016).

Para Morrison y Morgan (1999a, 7-8; 1999b), a pesar de sus éxitos en la reconstrucción axiomática de teorías de la física —o a su “herencia bastante rica”<sup>(1)</sup>—, los semanticistas siguen defendiendo una caracterización de ‘modelo’ subsidiaria a las propias teorías científicas, es decir, recurren inevitablemente a los axiomas o leyes de las teorías (Frigg y Hartmann, 2018). Para ellas, las nociones de ‘realización de un modelo’ o ‘representación’ no nos permiten una comprensión de cómo funcionan realmente los modelos para darnos información sobre el mundo. Afirman que es mejor poner énfasis en, por un lado, el proceso de construcción y manipulación de los modelos en la propia práctica científica; por otro, en las formas en que interactúan modelos y teoría y que convierten a los modelos como fuentes de conocimiento científico. Principalmente, los modelos científicos se construyen con el propósito de establecer hipótesis a partir de la información fiable que involucran los modelos acerca de los fenómenos.

Podemos ejemplificar esta idea con el caso de las bicapas artificiales modelo que se usan para estudiar la función y las propiedades de la bicapa lipídica celular, ensambladas *in vitro* a partir de lípidos sintéticos o naturales (Mueller et al., 1962). Estas son producidas en laboratorio, ya que la estructura de las membranas naturales es muy frágil, tienen un grosor medido en nanómetros— (véase figura 1). Cualquier manipulación que provoque una mínima rotura, rompería o modificaría inmediatamente su condición natural. Por ello los científicos prefieren manipular bicapas artificiales como

'membranas modelo' que se entienden como mediando entre la teoría celular —con respecto de las funciones vitales de la célula— y el sistema de fenómenos seleccionados que ocurren naturalmente en la membrana celular. En el caso de los estudios de la nutrición celular, las vesículas modelo —tipo de bicapa artificial con forma de concha esférica que encierra generalmente agua— se utilizan para transportar proteínas dentro y fuera de estas; por su parecido con las bicapas naturales, se establecen condiciones hipotéticas desde las cuales los científicos logran hacer extrapolaciones y comprender dicho proceso de nutrición (Trimble et al., 1988).

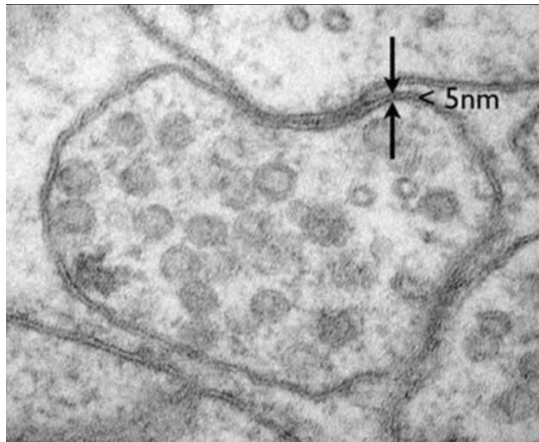


Figura 1. Micrografía electrónica de membrana plasmática.  
Fuente: Center For Advanced Microscopy, The University of Utah, Fig. 2.

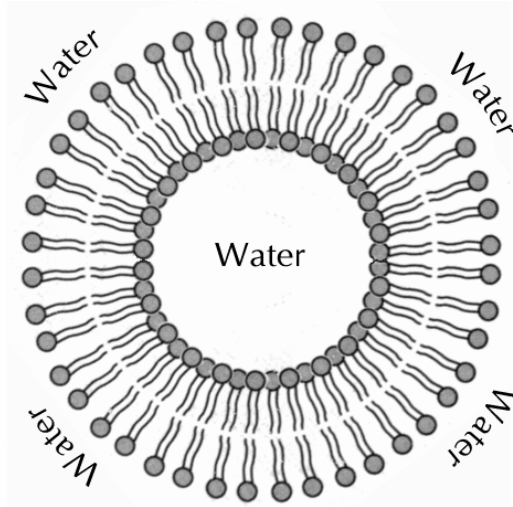


Figura 2. Dibujo esquemático de una vesícula, membrana artificial. Fuente: Gradzielski, 2003, R657.

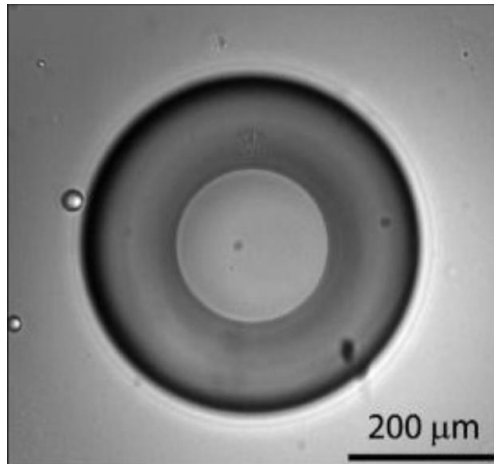


Figura 3. Vista superior de la formación de una bicapa artificial. Fuente: Booth et al., 2017.



En la Figura 1 se muestra una micrografía electrónica de membrana plasmática (natural) de menos de 5 nanómetros de diámetro. Esta membrana está compuesta por una bicapa lipídica, cada capa es una sola molécula de espesor. El micro tamaño y fragilidad de este sistema de fenómenos ejemplifican su complejidad y dificultad de manipulación directa. En la Figura 2 se muestra un modelo esquemático o dibujo de una vesícula para la construcción artificial de una membrana. Este tipo de modelos se construyen generalmente con la finalidad de establecer los protocolos para la construcción de bicapa artificial, que a su vez será el modelo para la experimentación (Figura 3).

En la Figura 3 vemos esta formación de una bicapa artificial en interfaz gotas acuosas y gotas de hidrogel, de nanolitros, que se conoce como 'broplet interface bilayers' o DIBs. Se forman dos monocapas lipídicas, una en cada interfaz aceite-agua. Cuando ambas monocapas se tocan logran formar una bicapa, es decir, una protocelda encapsulada en hidrogel. Estas construcciones son bastante estables y adecuadas especialmente para la electrofisiología de un solo canal y para la obtención de imágenes ópticas con las cuales trabajar. Esto es muy importante para poder elaborar hipótesis relevantes sobre su sistema-objetivo a partir de la experimentación. Por ello estos modelos DIBs son considerados herramientas muy útiles para el estudio de las propiedades eléctricas de células y el estudio de las proteínas de membrana. También se usan con el propósito de comprender y mejorar las propiedades de los tejidos vivos (Booth et al., 2017), entre otras cuestiones. Incluso, algunas preparaciones incluyen proteínas purificadas o fragmentos de membranas de células eucariotas reconstituidas. Con esto, además de la ingeniería físico-química celular, se mejoran estos modelos con ingeniería biológica de tal manera que las membranas artificiales logren responder a señales de los tres tipos: físicas, químicas y biológicas. La idea es que permitan estudiar las funciones de una bicapa natural, como su capacidad de permeabilidad, resistencia, sensibilidad, la función de los orgánulos de la célula, los procesos de endocitosis y exocitosis, entre una

gran variedad de fenómenos que ocurren en la célula y que dependen de su estructura.

### **Consideraciones finales**

Desde una perspectiva inferencial podemos concebir estos modelos como buenos ‘instrumentos de investigación’ y como ‘herramientas efectivas para la generación de hipótesis’, cuyo fin es la explicación y comprensión científica de los fenómenos. Los modelos DIBs se construyen con este propósito. La relación que se establece entre estos modelos y el fenómeno de la bicapa lipídica de las células se establece a partir de la intención del agente epistémico de generar información relevante. Estos modelos se dirigen a su fenómeno objetivo intencionalmente. La intención es que esta información, resultado de la experimentación con las membranas artificiales, pueda asociarse a dicho fenómeno natural de forma adecuada y en un grado suficiente para una mejor comprensión de esa realidad.

### **Nota**

(1) Se refieren a la gran cantidad de vertientes que ha tenido la llamada ‘familia semanticista’ en filosofía de la ciencia.

### **Referencias**

- Booth, M. J., Restrepo Schild, V., Downs, F. G., & Bayley, H. (2017). Functional aqueous droplet networks. *Molecular BioSystems*, 13(9), 1658–1691. doi: 10.1039/C7MB00192D
- Frigg, R. (2006). Scientific representation and the semantic view of theories. *Theoria*, 21(1), 49–65. doi: <http://dx.doi.org/10.1387/theoria.553>
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2018). Models in science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/models-science/>
- Frigg, R., & Nguyen, J. (2016). Scientific representation. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/scientific-representation>

- Gradzielski, M. (2003). Vesicles and vesicle gels. Structure and dynamics of formation. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 15(19), R655–R697. doi: <https://doi.org/10.1088/0953-8984/15/19/202>
- Knuuttila, T. (2011). Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(2), 262–271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.034>
- Mäki, U. (2009). MISSing the world. models as isolations and credible surrogate systems. *Erkenn*(70), 29–43. doi: <https://doi.org/10.1007/s10670-008-9135-9>
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999a). Introduction. In M. Morrison & M. S. Morgan (Eds.), *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 1–9). Cambridge: Cambridge University Press.
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999b). Models as mediating instruments. In M. Morrison & M. S. Morgan (Eds.), *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 10–37). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mueller, P., Rudin, D., Ti Tien, H., & et al. (1962). Re- constitution of cell membrane structure in vitro and its transformation into an excitable system. *Nature*, (194), 979–980. doi: <https://doi.org/10.1038/194979a0>
- Suárez, M. (2004). An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of Science*, 71(5), 767–779.
- Sugden, R. (2000). Credible worlds: the status of theoretical modelos in economics. *Journal of Economic Methodology*, 7 (1), 1–31. doi: <https://doi.org/10.1080/135017800362220>
- The University of Utah, C. A. M. (2016). Electron mi- croscopy tutorial. The University of Utah. Retrieved 17/08/2019, from <https://advanced-microscopy.utah.edu/education/electron-micro/index.html>
- Trimble, W. S., Cowan, D. M., & Scheller, R. H. (1988). Vamp-1: a synaptic vesicle-associated integral membrane protein. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85(12), 4538–4542. doi: <https://doi.org/10.1073/PNAS.85.12.4538>

\* \* \*



## 20

### Certeza en la ciencia y la educación

*Juan Ernesto Calderón*

**Resumen:** La pandemia ha sido y es un factor disruptivo en todos las actividades humanas. Las relaciones humanas, el mundo del trabajo, los medios de producción han cambiado o acelerado las transformaciones que se insinuaban. Dentro de todo este abanico, nos vamos a centrar en tres elementos: la ciencia, la educación y la ciudadanía. Sólo comprendiendo el carácter provisorio de la ciencia, la función crítica de la educación y la relación de éstos con la construcción permanente de la ciudadanía, se podrá pensar en una salida superadora de la humanidad, la cual debe basarse en la formación del llamando espíritu científico.

**Palabras claves:** ciencia; educación; ciudadanía; razón; posverdad; espíritu científico.

#### 1. Introducción

El impacto de la pandemia y las respuestas a ella tanto de forma individual como colectiva son hechos que pueden analizarse desde diferentes perspectivas. Más allá del aspecto sanitario, la pandemia impacta en todos los órdenes de la vida: la economía, la política, la educación, la salud, en el ejercicio de derechos y el estado de derecho, los medios de producción, el ejercicio de la ciudadanía, las formas de trabajo, etc. La emergencia sanitaria ha puesto a la humanidad frente a otra prueba. No es un dato menor ver cómo siempre el espíritu anti científico emerge: hoy las redes de información se transforman a veces en una gigantesca usina de rumores y de información errónea cuando no decidida y voluntariamente falsa. El miedo lleva a conductas contrarias a lo racional. Es en ese punto donde las tendencias totalitarias, alejadas de la verdadera democracia, abrevan de la falta de pensamiento crítico, de la falta de espíritu científico. El gran desafío es enfrentar estos desafíos con más ciencia y con más educación.

Hacer que lo que hoy se llama pos verdad, solo otra forma de hablar de dogmatismo e irracionalidad, no nos haga retroceder como humanidad. En la presente contribución, nos centraremos en el papel de la ciencia y de la educación. Específicamente, analizaremos los grados de certeza a los cuales la ciencia puede efectivamente acceder y lo que muchas veces se le exige socialmente. Junto con lo anterior plantearemos la necesidad de la formación del espíritu científico y cómo éste es el elemento clave para pensar en una educación que sea un instrumento para desarrollar la ciudadanía.

## **2. La certeza en la ciencia**

Sin lugar a dudas, el año 2020 será recordado por el COVID-19 y sus efectos. ¿Qué debemos aprender de la presente crisis sanitaria? ¿En qué ámbitos, en qué dimensiones, en qué escalas hemos de pensar este asunto? Estas preguntas son ineludibles en este año donde la humanidad se ha enfrentado a algo desestructurante. Las pandemias siempre han estado presentes en la historia de la humanidad. Hoy, sin embargo, el mayor desconcierto surge de que la humanidad no pensaba en que algo así, algo que se daba antes, fuera a desafiarnos de esta manera. La creencia de que la humanidad estaba en un estadio de desarrollo donde estos desafíos estaban superados, ha sido refutada. El ser humano siempre ha de convivir con estos riesgos. Las pandemias seguirán siendo un compañero de viaje de la especie.

Cuando pensamos la ciencia en relación con la pandemia no estamos hablando de la cuestión exclusivamente médica sino que apuntamos a una visión integral del saber científico. Una de las enseñanzas de la crisis sanitaria es que una situación tan compleja no puede ser trabajada sólo por algunos especialistas. El saber científico es la mejor herramienta que tenemos para entender y transformar el mundo. El saber científico se define como un saber fundamentado desde la época de Platón y provisorio desde el Racionalismo Crítico de Karl Popper. Estas dos características históricas muchas veces aparecen contrapuestas en el ideario común aunque no debería ser así. El problema central de los que afirman esta apa-

rente contradicción es que pretenden que el saber científico, para ser fundamentado, debe ser absolutamente necesario. De manera solapada se le ha exigido a la ciencia una certeza de la cual hoy sabemos que carece.

Lo importante que debemos rescatar en relación a la pandemia es cómo la ciencia ha mostrado su carácter conjetural (Popper, 1992). Este carácter conjetural implica el reconocimiento de los límites propios del saber científico y al mismo tiempo la importancia que tiene este saber para afrontar esa realidad. En muchos casos los que renegaron de la ciencia y postularon conductas dogmáticas, son una muestra cabal de lo que se ha dado en llamar la 'posverdad'. Matthew D'Ancona (2017) es uno de los autores que llama la atención sobre cómo esta idea de la posverdad consiste en dejar de lado la ciencia y poner en su lugar la propaganda. El discurso deja de intentar fundamentarse para buscar convencer a través de emociones. La verdad se entiende más como la imposición de una voluntad de poder, para usar la clásica referencia a la doctrina de la verdad de Friedrich Nietzsche (2019). De acuerdo a esta concepción, el diálogo, la crítica y la pregunta son sólo una forma entre otras de entender la búsqueda de la verdad.

### **3. La necesidad de la educación**

La educación será, según el criterio señalado en el apartado anterior, sólo una manera de transmitir una voluntad de poder. Este punto es central porque nos remite a la necesidad de hacer que la educación sea la forma en la cual el espíritu científico, entendido como el compromiso con el conocimiento y la objetividad del mismo, tenga vigencia. En este sentido, el espíritu científico debe ser recreado por la educación. ¿Están los ciudadanos en condiciones de incorporar el espíritu científico (el compromiso con el conocimiento, el régimen de objetividad, atender a lo que no es obvio, etc.) en sus deliberaciones públicas? ¿Es ello requisito necesario para la democracia? Partimos de dos premisas. La primera es que no podemos pensar en forma separada el llamado 'espíritu científico' de la ciencia y la segunda que en nuestro mundo la ciencia y

el saber científico nos constituyen de manera radical. Pensemos en todos los artefactos que nos rodean y nos hacen ser y actuar de una manera, en las nuevas tecnologías de la comunicación que han creado formas diferentes de relacionarnos y de interactuar. Al momento de vivir en comunidad la presencia de la ciencia nos plantea una serie de desafíos, porque no se trata ya de meros artefactos sino de vínculos que se reconstruyen en prácticas sociales en las que se juega la nueva vida y nuevas formas de ejercer la ciudadanía.

Sin embargo, estos cambios que impone la ciencia generan siempre movimientos de resistencia. Estos movimientos pueden explicarse por “razones” y argumentos que señalan las falencias o peligros de la ciencia. Uno de estos movimientos parte de la premisa de que la acción humana y la democracia responden a cánones distintos de la ciencia y de que aplicar ésta a aquélla es una ampliación impropia. Según esta concepción, el modelo “científico-tecnológico del pensar”, nos condujo a una reducción de lo humano y a una visión unidimensional del hombre (Horkheimer, 1967).

Según sus críticos, el modelo científico tecnológico hace eclosión en la segunda guerra mundial. Esta fecha es la bisagra que marca la culminación de la modernidad y el inicio de la llamada “posmodernidad”. Los horrores que vivió la humanidad hizo que se abandonaran los proyectos, las utopías y los grandes relatos. El hombre, desencantado y abatido, se refugia en la soledad del narcisismo consumista (Lipovestky, 2000).

La crítica posmoderna es certera para las formas que intentaron hacer de la ciencia un dogma incuestionado de progreso y bienestar. Sin embargo, dicha crítica no toca el espíritu científico entendido como una lucha permanente contra el dogmatismo, sin importar su origen. Así caracterizado el espíritu científico es lo contrario a la objeción señalada. Además esta crítica comete otro error al darle a la posmodernidad una entidad que no tiene. Se consideró que la posmodernidad era una nueva etapa histórica cuando en realidad no es más que una variante del escepticismo. En la medida en que es una varian-



te del escepticismo es útil para purgar y poner en cuestión lo que parece inmutable. Pero como el escepticismo se queda en la mera destrucción deja el camino libre para la arbitrariedad y la sin razón.

Sin embargo, la ciencia y el cambio están. Si la ciencia no se la asimila y asume, el uso de la misma queda liberado al arbitrio de la irracionalidad y el dogmatismo. Por esto la respuesta no es rechazar el espíritu científico sino incorporarlo. El espíritu científico sirve para formar ciudadanos críticos, ciudadanos que sepan oponerse con fundamento a lo dado y desarrolla o sostiene una actitud de observación sobre el mundo. Esta actitud es necesaria para poder tomar decisiones que involucren a toda una comunidad, permitiendo la apertura de la pregunta y del diálogo como base para cualquier vínculo socio político. La democracia en tanto forma de vida se sostiene en la autonomía de los sujetos, en sus capacidades de discernimiento, de diálogo y argumentación. Así, si bien la democracia representativa es el sistema político que predomina en el mundo occidental, la crisis de los actores que se arrogan la representación, hace que la opinión pública sea un tema trascendente. La incorporación del espíritu científico y la formación de la opinión pública son requisitos necesarios para una verdadera democracia. El adjetivo “verdadera” en este caso hace referencia a una democracia que se define por la participación activa de sus ciudadanos en los debates y en la toma de decisiones. En las falsas democracias no hay debate ni participación porque sólo se mantiene la forma.

Los movimientos que atentan contra la democracia están enraizados en pensamientos fundamentalistas que niegan el espíritu científico. Si tomamos un ejemplo violento como el del ISIS, vemos que abreva en la más rancia tradición anti científica y dogmática. También, aunque no con el mismo grado de violencia, algunos movimientos antiglobalización e inclusive partidos políticos de la más diversa especie ideológica abrevan en las mismas ideas. Estos movimientos van de la mano con el miedo natural a los cambios a lo nuevo y desconocido que la ciencia y la tecnología generan día a día. Los cambios en el mundo del trabajo están produciendo la obs-

lescencia vertiginosa de los saberes y de las instituciones. La educación está en crisis porque no puede ofrecer respuestas con la velocidad necesaria. Las instituciones van detrás de un mundo en permanente cambio. El Estado, institución pensada para cobijarnos y ampararnos, aparece como convidado de piedra frente a los movimientos globales. El derecho aparece condenado a ser un digesto de nombres dados a situaciones que ya han sido superadas. Estos hechos generan miedo y la tentación de echarle la culpa a la ciencia.

Sobre esta base, ¿cuál es la relación entre estos tres elementos básicos: ciencia, opinión pública y democracia?, ¿habrá alguna que sea más cercana a la democracia? De acuerdo con Jürgen Habermas (1986) hay tres modelos teóricos para abordar esta relación.

El primero es el modelo desicionista. En este modelo el científico asesora al político pero, la decisión es en el fondo irracional. El político sólo usa el saber científico para imponer su voluntad. Este ejercicio de la voluntad nada tiene que ver con el espíritu científico. Por ello, este modelo no deja lugar para una discusión racional. La democracia y la opinión pública son sólo nombres vacíos que se usan para encubrir la voluntad del que toma la decisión.

Frente a la irracionalidad de las decisiones sostenidas por el modelo anterior, el modelo tecnocrático pretende la total racionalización del ejercicio del poder. La relación saber científico - práctica política se invierte. No es la voluntad del político la que decide porque las decisiones las toma el especialista, tornando la actividad del político mera ficción. Este modelo parte en el fondo de una idea dogmática del saber científico, asumiéndolo como indiscutible. Si las decisiones se toman siguiendo el dogma de la ciencia, entonces caemos nuevamente en el modelo desicionista, porque hay decisiones que dependerán exclusivamente de la voluntad del especialista y no de una discusión racional y abierta como propone el espíritu científico. La ciencia es sólo un instrumento y la democracia y la opinión pública términos vacíos de contenido.

Por esta razón, el modelo decisionista y el modelo tecnocrático llevan a un decisionismo ampliado.

El tercer modelo, el modelo pragmatista, propone, no una relación de subordinación entre política y ciencia sino, una interrelación entre ambas: “*.., de forma que por un lado los científicos asesoran a los políticos y, por el otro, éstos hagan encargos a científicos para atender a las necesidades de la práctica*” (Habermas, 1986, p. 138). Este punto es crucial para Habermas, en la medida en que es, precisamente, la necesidad de una adecuada traducción de los avances científicos a la esfera de la opinión pública, lo que permite la cientifización de la política. Sólo la completa información de la opinión pública, mediante la traducción a un lenguaje compartido por todos los integrantes de la comunidad, hace posible una verdadera democracia, a la cual está referida, en forma necesaria, este modelo.

Habiendo reconocido que el espíritu científico es necesario para la democracia, nos resta ahora indagar si los ciudadanos están en condiciones de incorporarlo. Aquí aparecen nuevamente las razones y los miedos. Más arriba señalamos que la educación sufre una gran crisis por los permanentes cambios. Esta inestabilidad es una razón para entender el porqué de la dificultad en incorporar el espíritu científico y también el miedo que conlleva el tener que vérnosla permanentemente con lo desconocido. Sin embargo, no hacerlo es dejarlo al arbitrio de los otros. Es, en definitiva, negarnos la autonomía. Esto aparece claro en nuestros días: se ha demostrado que el peligro para la democracia no es la modernidad o el espíritu científico sino el espíritu premoderno o precientífico.

#### **4. Conclusión**

La génesis de la educación se dio en Grecia con el surgimiento de la *Polis* y del *logos*. La *Polis* representa una forma diferente de relación entre las personas que habitan un mismo lugar geográfico: ya no se puede entender la cohesión de una comunidad sobre la base de las relaciones de sangre o de pertenencia a un clan. Con las ciudades estado aparece la comunidad de iguales, unidos a través de lazos abstractos

como son las leyes y la constitución. El *logos*, por su parte, hace que la educación no dependa de los caprichos de los dioses sino que sea una actividad donde la fundamentación racional tenga la última palabra. Comprender la génesis de la educación es hoy de suma importancia: la educación estuvo asociada desde sus orígenes a la ciencia y al ejercicio de la ciudadanía. La educación siempre debe estar cerca del espíritu científico, entendido como esa permanente búsqueda de nuevos horizontes, donde el ejercicio de la crítica y la apertura de la pregunta sea el denominador común de la vida ciudadana.

### Referencias:

- D'Ancona, M. (2017) *Post Truth: The New War on Truth and Now to Fight Back*. London, Penguin.
- Habermas, J. (1986). "Política científizada y opinión pública". En su: *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid, Tecnos.
- Horkheimer, M. (1967). *Crítica a la razón instrumental*. [http://www.olimon.org/uan/horkheimer-critica\\_de\\_la\\_razon\\_instrumental.pdf](http://www.olimon.org/uan/horkheimer-critica_de_la_razon_instrumental.pdf)
- Lipovetzky, G. (2000). *La era del vacío: ensayos sobre el individualismo contemporáneo*. Barcelona, Anagrama.
- Nietzsche, F. (2019) *Sobre verdad y mentira en sentido extramoral*. Roma, Greenbooks.
- Popper, K. (1992) *El desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones*. Bs. As., Paidós.
- Roetti, J. (2012). Las formas de la ciencia y la metafísica. En Raúl Milone (ed.) *Ciencia y Metafísica*. Mendoza: Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. p. 7-17

\* \* \*

# 21

## La ciencia como fenómeno connatural de la vida social

*Oscar Enrique Santilli*

**Resumen:** El presente trabajo tiene como propósito estudiar el fenómeno de la ciencia como hecho connatural a la sociedad, tanto en su dimensión productiva cuanto en su estatuto constitutivo, en virtud de que todo hecho científico deriva de una esencia humana que no puede entenderse fuera del ámbito de la vida social. Los desarrollos científicos así como su implementación práctica dependieron de la instauración del hombre en el marco general de las sociedades. De ellas extrajo los elementos básicos de su conformación científica así como los insumos y las direcciones investigativas hacia las cuales se orientó toda investigación. La conciencia formada y la ética fueron determinaciones fundamentales dentro de las cuales debió moverse el conocimiento científico. El progreso de este conocimiento y su aplicación reconocieron el límite del bien humano como punto irrebalsable para mantener a una sociedad científicamente desarrollada en el contexto de una eticidad científicamente fundamentada. Se concluyó que la ciencia mostró un carácter connatural con la sociedad en la cual se desarrolló y a la cual conformó esencialmente. Se trabajó la temática desde el análisis del fenómeno estudiado para llegar a la síntesis integradora y concluyente.

**Palabras claves:** ciencia, sociedad, bien, fin del hombre

### Ciencia, hombre y sociedad

La ciencia tiene para el hombre y la sociedad un valor que excede el de ser considerada sólo como un instrumento que permite el conocimiento y el reconocimiento de elementos que conforman su totalidad histórica y personal. La ciencia constituye mucho más que el cúmulo de los saberes alcanzados en los distintos campos específicos; saberes que,

por cierto, responden a intereses focalizados en cada área temática y cuyas estrategias de acceso a esos saberes se encuentran mediadas por los métodos especiales que cada disciplina encuentra como apropiados.

Conforme al objeto de su estudio, a su naturaleza particular y a la circunstancia tempo-espacial en que se halla ese objeto y su investigador será la metodología pertinente y los instrumentos técnicos de uso para el acceso eficaz y eficiente. La ciencia contiene en su caudal de contenidos los procesos históricos sociales que han llevado al alcance de esos contenidos y por tanto no puede quedar separada como un producto aislado de las circunstancias epocales, culturales incluso económico-políticas que inciden de algún modo en su composición estructural y en su cuerpo teórico-práctico.

## **Discusión**

La ciencia puede integrarse a un modo de vida que, no por ser científico debiera ser necesariamente ajeno u opuesto al modo cotidiano como afrontamos los problemas y circunstancias relacionadas con el acto permanente de interacción social que constituye la esencia de nuestra vida comunitaria. Ese modo demanda el uso racional y el conocimiento fundado a la hora de tomar decisiones que involucran aspectos de la vida que no pueden quedar librados a percepciones que no se asienten en ningún conocimiento cierto o que no impliquen un basamento cultural significativo que pudiera defender una posición. Por esto mismo es que se estima que el conocimiento científico no tiene por qué enfrentarse inexorablemente al contenido religioso o a otras formas de concepciones teóricas o sistemas de representación que expresen una cosmovisión o explicación de determinados fenómenos.

La ciencia no entra en conflicto con la sociedad si por sociedad entendemos el ámbito específico que se necesita para que aquella nazca, se produzca y desarrolle. Por el contrario, la sociedad ha de ser el espacio que justamente genere y promueva las condiciones para su desarrollo

productivo. La ciencia no surge del aislamiento indefinido del individuo aún cuando la investigación científica requiera, incluso en muchos casos, la autoconcentración y retiro de un entorno potencialmente distractivo que interfiera con la rigurosidad y secuencia metódica de una investigación. El trabajo silencioso en la soledad del laboratorio o del estudio, para el caso de disciplinas que así lo requieran no implica, y menos, exige, el aislamiento definitivo y la negación social del investigador.

El punto central aquí es que la investigación científica proviene de la sociedad y se vuelve a ella como fin de su labor y sentido último para el cual se realiza todo avance de la ciencia. Aún en los casos en que ese desarrollo científico pareciera alejarse de las necesidades imperiosas del hombre en la medida que su objeto de estudio semejara estar fuera del alcance de la mayoría de los mortales, todo ese bagaje teórico y toda experiencia realizada representan un capital humano fundamental que anida en el cuerpo cultural de las sociedades y se transmite históricamente.

En sintonía con lo expuesto, habrá que considerar particularmente el rasgo de la 'apertura' de la ciencia, como asegura Mario Bunge en su obra: *La ciencia, su método y su filosofía*, donde afirma que "la ciencia es abierta; no reconoce barreras a priori que limiten el conocimiento" (1987,32). Si bien las limitaciones del conocimiento científico pueden surgir de diversos flancos, como por ejemplo, el escaso desarrollo de instrumentos o el alcance limitado de su eficacia que retrasan el avance progresivo de la investigación en una línea de trabajo, su impulso no reconoce barreras hasta que se enfrenta con ellas.

La apertura de la ciencia cobra una significación crucial en el entorno social de su desarrollo e implementación a través de las formas en que ese conocimiento puede materializarse e incidir en el diario vivir del hombre singular como de la sociedad en su aspecto colectivo. Pero es justamente este sentido aperturista el que debe estar regulado por la racionalidad prudente que toma insumos del mismo

conocimiento científico. Este conocimiento debe, recíprocamente volver sobre los mecanismos que implementa para observar y considerar el modo de uso, la factibilidad de la aplicación y examinar exhaustivamente las posibles consecuencias que no pueden nunca ser ajenas a una valoración ético-científica. No cabe duda que la aperturidad de la ciencia no es a costa de ningún precio, sino más bien todo lo contrario; los beneficios y potenciales perjuicios que el uso del conocimiento científico alcanzado, a través de las técnicas y tecnologías, es capaz de producir, son los baremos que han de tenerse muy en cuenta a la hora de fomentar desarrollos investigativos en diversos campos.

La ciencia es un producto social y como tal debe volver hacia ella sus aportes. Los actos de la ciencia son actos humanos y no pueden quedar desvinculados de las implicancias que esos actos produzcan en la sociedad de la cual proviene. El conocimiento científico como fenómeno humano debe reconocer límites provenientes de desarrollos concomitantes con su propio desarrollo interno. La ética es también una ciencia y se desarrolla en forma paralela a sus demás conciencias laterales.

El hombre no despliega un camino de cientificidad que se halle divorciado de todos los demás aspectos de la vida que componen y circundan sus producciones sino todo lo contrario, es la coimplicación de fenómenos científicos lo que es propio de la ciencia tanto para definir su campo de investigación cuanto para intervenir en la sociedad con sus avances y las producciones tecnológicas derivadas de ellos.

Mario Bunge afirma:

*“los modernos sistemas de conocimiento científico son como organismos en crecimiento: mientras están vivos cambian sin pausa. Ésta es una de las razones por las cuales la ciencia es éticamente valiosa: porque nos recuerda que la corrección de errores es tan valiosa como el no cometerlos, y que probar cosas nuevas e inciertas es preferible a rendir culto a las viejas y garantidas. La ciencia, como los organismos, cambia a*



*la vez internamente y debido a sus contactos con sus vecinos; esto es, resolviendo sus problemas específicos y siendo útil en otros campos". (C, M y F, 1987, 33)*

Siempre deberemos recordar que la ciencia tiene una dimensión ética que no puede soslayar en virtud de que el elemento ético es constitutivo del proceder humano en términos estrictamente filosóficos y la ciencia es un producto humano que se integra a una totalidad existencial dentro de la cual no es posible escindir partes sin sacrificar la integralidad constitutiva de la dimensión humana. La ciencia en la sociedad no puede entenderse como un agregado yuxtapuesto sino como un desarrollo que se desprende de la condición humana de la cual ella depende.

De allí que toda formación científica implique necesariamente una formación humana integral de modo que los estudios científicos y los progresos científicos puedan incorporarse al crecimiento del hombre desde una perspectiva comprensiva en un doble sentido: por una parte; crecimiento como aumento de conocimientos desplegados en el interior del espacio de cada ciencia y su correlativa importancia a la hora de especializar los campos del saber y el provecho derivado de esos adelantos tanto en el ámbito de las ciencias básicas como de las ciencias aplicadas y, por otra parte; comprensivo como aumento de la cualificación de la condición humana a través del incremento de la conciencia de sí mismo y del otro en tanto fin primordial de todo saber, máxime aún, de todo saber que se precie de científico.

## **Conclusiones**

En orden a lo expresado podemos concluir que la ciencia es un fenómeno de la vida social aunque implique, en muchos casos, el trabajo individual de manera exhaustiva y concentrada en la interioridad del espacio de investigación. Como fenómeno, la ciencia y su desarrollo reflejado en la tecnología como implementación práctica a través de las producciones que materializan los avances científicos, es un hecho social.

Este carácter fundamental de la ciencia implica el compromiso con el otro, tanto en su dimensión individual como colectiva, la cual supone la responsabilidad ineludible de la realización del bien comunitario en primer orden y del bien individual como consecuente. En este sentido traemos a colación las palabras del Profesor Luis Gómez quien en su trabajo *La Ética y la Tecnología* afirma: “La Tecnología en tanto actividad libre y racional del ser humano es moralmente buena o mala, en correspondencia con quienes la producen, la distribuyen, o la usan” (UTN. Material de cátedra, 2019). La misma afirmación es válida para la ciencia pues como también sostiene Bunge; “La ciencia es útil y porque busca la verdad, es eficaz en la provisión de herramientas para el bien y para el mal” (C,M y F, 1987, 34). Queda declarado el acto fundamental y fundacional de que la ciencia es un fenómeno connatural con la sociedad y debe, a través de la realización del bien, buscar el perfeccionamiento de los individuos y las comunidades.

La aplicación de la ciencia hacia el bien social debe ser un mandato que surja de la misma naturaleza del conocimiento científico siempre que éste se halle unido a una voluntad dirigida al bien. Su mismo carácter de científicidad, ha de quedar vinculado estrechamente al núcleo humano en su origen como conocimiento y en su función como instrumento de perfeccionamiento.

La dirección hacia el bien que el desarrollo científico ha de tener se interpreta de dos modos; en primera medida, el bien aparece como el fin de todo accionar humano siempre que éste se encuentre impregnado de una voluntad prudente, en otro sentido, el bien aparece como elemento esencial de la acción del conocer científico como acción humana pues se considera que filosóficamente el hombre posee una tendencia natural al bien a través del conocimiento. Ello queda expresado bajo la memorable sentencia aristotélica: “los hombres son por naturaleza deseo de saber” (Metafísica, L I, 2000, 57).

No confundimos el conocimiento científico con la utilización del conocimiento científico, el cual puede responder a distintos intereses y puede, claramente, ser direccionado hacia realizaciones que abiertamente puedan atentar contra lo éticamente establecido como bueno para la promoción del hombre y las sociedades.

Los campos derivados de la ética como la bioética, la ecoética, la ética comunicacional, la ética empresarial y todas las formas en que los principios éticos fundamentales puedan ser canalizados a través de especificaciones de los entornos de ejecución y los diferentes parcelamientos de los espacios de interacción del hombre, tienen en su matriz el germen de la esencialidad ética fundamental de la acción humana tendiente a fines. Así como el trabajo científico tiene su fin en el perfeccionamiento de las condiciones de vida del sujeto humano que es principio y fin de su accionar.

No puede el hombre 'ser social' y no generar conocimiento científico. No puede el hombre constituirse en miembro de las comunidades que genera sin que ello suponga el compromiso por incentivar todos los ámbitos derivados de ese tipo de organización en el cual la producción, el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico son prioritarios. Es justamente la promoción de la vida en toda su expansión existencial y social lo que es inherente al despliegue humano y ello conlleva de manera necesaria el conocimiento científico como nota esencial.

Por ello afirmamos que la ciencia como construcción específica de conocimientos que responden al mandato esencial de la vida humana, consistente en volcar a su medio el producto de su ejercicio, revela la ligadura connatural entre la ciencia y la sociedad.

### **Referencias:**

AAVV (1996). *Pensamiento científico*. Buenos Aires: CONICET.

Aristóteles. (2000). *Metafísica*. Madrid: Gredos.

- Bunge, M. (1987). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo veinte.
- Gómez, Luis (2019). *La ética y la Tecnología*. Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional. Material de cátedra.
- Lolas, F., Quesada, A., Rodríguez E.(Eds.) (2006). *Investigación en salud. Dimensión ética*. Santiago: Universidad de Chile.
- Oldroyd, D. (1993). *El arco del conocimiento. Introducción a la historia de la filosofía y metodología de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

\* \* \*

## 22

### Las estructuras disyuntivas en el planteo y resolución de problemas: enfoque lógico

*Luis Eduardo Gómez*

**Resumen:** Cuando se enfrentan los problemas, tanto en la actividad profesional como en la vida cotidiana, es común el enfoque disyuntivo. Por ello se estima que esclarecer las estructuras disyuntivas en general puede ser útil para la toma de decisiones acertadas. El propósito de este artículo es la exposición ordenada y coherente de algunos conocimientos lógicos básicos sobre la disyunción, para facilitar la comprensión y aplicación de los mismos en la resolución de problemas. También se tratan algunos errores comunes en los planteos disyuntivos. La metodología empleada es la descripción de la disyunción en las tres estructuras de la lógica clásica.

**Palabras claves:** lógica clásica, planteo y resolución de problemas, disyunciones, dilemas, reglas disyuntivas, errores y falacias disyuntivas.

#### Introducción

Cuando se enfrentan los problemas, tanto en la actividad profesional como en la vida cotidiana, es frecuente adoptar un enfoque disyuntivo. Por tanto, se estima que la tarea de esclarecer las estructuras disyuntivas puede ser útil para favorecer la toma de decisiones apropiadas, dentro de los límites dados por la monotonidad de los razonamientos deductivos. Este artículo trata el tema de la disyunción desde un punto de vista lógico. En lógica, la disyunción significa la conexión incluyente o excluyente de alternativas. Se comenzará con el tratamiento de la disyunción en el ámbito de los términos, luego en las proposiciones, y finalmente en los razonamientos. También se abordan brevemente algunos errores y falacias en las estructuras disyuntivas.

El marco teórico de este artículo es la lógica clásica, que es deductiva, monotónica. “*La consecuencia deductiva es monótona: si un conjunto de premisas implica lógicamente una conclusión, cualquier superconjunto (cualquier conjunto de premisas que incluya todo el primer conjunto) también implicará esa conclusión.*” (Koons, #3).

La disyunción en lógica es la representación de una operación de división, diferenciación, o análisis, de manera incluyente o excluyente. Está constituida por el término “o” y por las alternativas que relaciona. Si las alternativas son términos, forman un término disyuntivo, si son proposiciones, forman una proposición disyuntiva, y si la disyunción es el componente esencial de un razonamiento, dará forma a un razonamiento disyuntivo.

Los planteos disyuntivos de temas o problemas científicos constituyen razonamientos disyuntivos. Para comprenderlos adecuadamente es necesario analizar primero el comportamiento de la disyunción entre proposiciones y entre términos.

Si la disyunción no cumple las reglas de formación de términos disyuntivos, es una disyunción mal formada. Si la disyunción es el componente esencial de una proposición que transgrede las leyes de la disyunción, o de un razonamiento que transgrede las reglas de la disyunción, se trata de un error o de una falacia o trampa disyuntiva.

### **1) La disyunción entre términos**

En tanto término, la disyunción se presenta en la lógica tradicional y en la lógica de clases.

1.1. En la **lógica tradicional**, los términos son símbolos que representan conceptos. La disyunción como totalidad es un término compuesto por un término de relación (“o”), y por los términos relacionados. La disyunción es un término lógico que expresa una relación de diferenciación fuerte (excluyente) o débil (incluyente). En latín se usa la palabra ‘*aut*’ para la disyunción excluyente y ‘*vel*’, ‘*sive*’, o ‘*seu*’ para la incluyente.

(Para ampliar los matices ver Aloni, #5). En castellano, se usan las palabras 'o', 'y/o', 'o bien... o bien...', y otras.

Los términos correlacionados son las *alternativas*, *opciones* o *disyuntos*. Las opciones pueden pertenecer a cualquiera de las categorías (lógicas o de otro tipo). Las alternativas pueden ser compatibles o incompatibles entre sí; en el primer caso pueden ser ambas aceptables, en el otro caso no. Las opciones incompatibles pueden ser *contrarias* (hombre o caballo, humano o salvaje, alto o bajo, mejor o peor, tarde o temprano, bueno o malo, vencer o morir, habla o escucha) o *contradictorias* (humano o no humano, alto o no alto, legal o ilegal, estar o no estar, habla o no habla). Las alternativas contrarias pueden ser ambas descartadas, en cambio, las alternativas contradictorias no - por ser exhaustivas, obligan a aceptar una y rechazar la otra. Las alternativas contrarias admiten al menos un término medio, o una escala intermedia (por ejemplo, muy bueno o bueno o regular o insuficiente), las contradictorias no lo admiten (p.e. aprueba o no aprueba).

1.2. La **lógica de clases** trabaja con términos, entendidos como conjuntos o clases. En lógica de clases se presenta la disyunción con dos *operaciones entre clases*: la unión y la diferencia simétrica.

1.2.1. La *unión o suma lógica de dos clases* es otra clase integrada por los elementos que pertenecen a una de las dos clases o a ambas. En símbolos:

$$A \cup B =_{df} \{ x / x \in A \vee x \in B \}$$

La unión se define por medio de la disyunción incluyente. La unión también se define por su tabla de clases, que es análoga a la tabla de verdad de la disyunción incluyente (ver Tabla 1). Por ejemplo, si la variable A representa la clase de los autos y B la clase de las cosas rojas, la unión de ambas clases es otra clase cuyos miembros son todos los autos, y todas las cosas rojas, y todos los autos rojos. Otro ejemplo, si  $A = \{1,2,3,4\}$  y  $B = \{2,4,6,8\}$  entonces  $A \cup B = \{1,2,3,4,6,8\}$ .

1.2.2. La *diferencia simétrica* es la operación entre clases que da como resultado otra clase cuyos miembros pertenecen a una de las dos clases pero no a ambas. En símbolos:

$$A \Delta B =_{\text{df}} \{ x / x \in A \vee x \in B \}$$

La diferencia simétrica se define por medio de la disyunción excluyente y por su tabla de clases, que es análoga a la tabla de verdad de la disyunción excluyente (ver Tabla 1). Se puede definir la diferencia simétrica de otra manera:

$$A \Delta B =_{\text{df}} \{ x / (x \in A \vee x \in B) \wedge x \notin (A \cap B) \}$$

Y se la puede definir como suma de complementos relativos:

$$A \Delta B =_{\text{df}} \{ x / (x \in A \wedge x \notin B) \vee (x \notin A \wedge x \in B) \}$$

Por ejemplo, si A representa la clase de los autos y B la clase de las cosas rojas, la diferencia simétrica de ambas clases es otra clase cuyos miembros son los autos que no son rojos y las cosas rojas que no son autos:  $A \Delta B = (A \cap B') \cup (A' \cap B)$ . En otras palabras, la diferencia simétrica entre dos clases es la unión de sus complementos relativos correspondientes.

Ejemplo 2: si  $A = \{1,2,3,4\}$  y  $B = \{2,4,6,8\}$  entonces  $A \Delta B = \{1,3,6,8\}$ .

Ejemplo 3: la diferencia simétrica entre la clase de los números racionales Q y la clase de los números irracionales I es la clase de los números reales R:  $Q \Delta I = R$ . Las clases Q e I no poseen elementos en común, por lo que su intersección es vacía:  $Q \cap I = \emptyset$ . Por lo tanto,  $Q \cap I' = Q$  y  $Q' \cap I = I$ .

Cabe recordar que  $A = A \cup \emptyset$  y  $A = A \cap 1$ . Clases o conjuntos disjuntos son los que no tienen ningún elemento en común.

Unión			Diferencia Simétrica		
A	B	$A \cup B$	A	B	$A \Delta B$
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

Tabla 1. Tablas de clase de la unión o suma lógica y de la diferencia simétrica.



### 1.3 Reglas de construcción de la disyunción entre términos

1) *Criterio*: Las alternativas deben responder al mismo criterio de división o diferenciación. Esto les da coherencia y relevancia significativa y pertinencia denotativa. El sentido de la correlación entre los disyuntos proviene del criterio organizador.

Por ejemplo, “rojo o azul o amarillo” son alternativas para los colores primarios, mientras que “acutángulo o equilátero” no son una correlación bien formada –ambos son tipos de triángulos pero acutángulo responde al criterio de división por los ángulos y equilátero al criterio según los lados. Es claro que “rojo o equilátero” son alternativas mal formadas, que carecen de *congruencia*.

Con frecuencia las disyunciones no van acompañadas de una indicación del criterio que genera las alternativas. Por ejemplo, “sucursal de Mendoza o de San Juan o de San Luis” responde al criterio de ubicación de la sucursal en la zona de Cuyo.

Si se combinan criterios, se debe seguir siempre la misma asociación. Por ejemplo, si se integran los criterios de cantidad y calidad, las alternativas de juicios categóricos generales son: “A (universal afirmativo) o E (universal negativo) o I (particular afirmativo) u O (particular negativo)”.

2) *Exhaustividad*: La disyunción debe ser completa. Las alternativas deben ser exhaustivas. Dentro del mismo criterio de división o diferenciación deben presentarse todas las alternativas posibles. Esto evita que haya vacíos en el universo de las alternativas. En el caso de la disyunción excluyente, una de las opciones es acertada y las otras no; en la disyunción incluyente, puede haber más de una opción acertada o aceptable. La aplicación de esta regla junto con las demás garantizaría que al menos una opción sea acertada.

En una investigación científica, por ejemplo, a veces resulta complejo determinar si las alternativas son exhaustivas o no, puesto que se carece de un conocimiento probado o completo

del tema. Pero la regla ayuda a evitar los errores, detectar los caminos sin salida, e impedir la injusta manipulación (teórica u operativa) de alternativas.

La disyunción entre términos contradictorios es excluyente y exhaustiva. Uno es aceptable y el otro no.

3) *Distinción*: Se debe definir la denotación de los términos. Debe ser claro el alcance y el dominio de cada término. Esto permite saber de qué se está hablando y evita confundir un asunto con otro.

Las alternativas en general deben estar determinadas pero en algunos casos se apela a opciones más o menos “elásticas”. Por ejemplo, “lunes o martes u otro día laborable”. Éste ejemplo presenta un formato disyuntivo (A o B o rango variable de 3 días) con una alternativa abierta o semiabierta que completa el conjunto de días laborables, sin especificarlos, lo cual favorece la exhaustividad pero desfavorece la distinción. Ambas propiedades serían más favorecidas con una aclaración de rango descartado: “lunes o martes o ningún otro día laborable” (= “sólo lunes o martes”).

4) *Claridad*: cuanto más clara sea la significación de cada alternativa, mejor será la disyunción y más probable será encontrar la mejor opción.

5) *Reconocimiento*: se debe reconocer si la disyunción es incluyente o excluyente. La disyunción excluyente contiene una sola alternativa aceptable o elegible respecto de un tema o de un problema, en sí o para un individuo. En cambio, la disyunción incluyente admite una o más alternativas aceptables. Es necesario evitar tomar la disyunción incluyente como excluyente, o la inversa.

A veces no es sencillo evitar la ambigüedad y la confusión de una por otra. Lo que se presenta como excluyente en una “disyunción de escritorio” puede darse como incluyente en una situación o caso real. Y viceversa. Esto ocurre con las leyes sociales, por ejemplo. Son elaboradas por legisladores, en debates teóricos generales, pero aplicadas por los jueces en situaciones y casos concretos individuales. Lo que en una

norma jurídica es una disyunción cerrada (excluyente) puede ser una disyunción abierta (incluyente) en situaciones concretas no consideradas (o parcialmente consideradas) por los legisladores, pero presentes en la vida real.

6) *Comprensión*. Es la ubicación de la disyunción en un contexto teórico y/o una situación concreta. La claridad significativa y la distinción denotativa de los términos alternativos califican a la disyunción como incluyente o excluyente en sí. Y la comprensión del contexto teórico o práctico de la alternativa, completa la dinámica disyuntiva dándole un sentido concreto. Por ejemplo, “contado o tarjeta” son opciones de pago en sí, pero no para quien no puede pagar de ninguna de las dos maneras. Tampoco son opciones aceptables para alguien que iba a comprar una entrada para un partido de fútbol y ayer pagaba contado o con tarjeta pero hoy fue despedido de su empleo y debe desistir de un gasto superficial, aunque en el momento pueda hacerlo

#### **1.4 Algunos errores en la disyunción de términos**

Una disyunción entre términos se debe rechazar cuando está mal formada por alguna de las siguientes razones:

a) Ausencia de criterio único. Tener al menos una alternativa que no responde al mismo criterio que las demás. Su extremo es la ausencia de un criterio disyuntivo, lo que da lugar a alternativas dislocadas.

b) Combinación inapropiada de criterios. Las opciones son incongruentes.

c) Criterio enfermizo. Una disyunción psicopática, por ejemplo, puede ser efecto, pero también causa, de psicopatías sociales: “John Smith o muerte”, “amigo o enemigo”, “conmigo o contra mí”, “vacuna o castigo”.

d) Alternativas incompletas, no exhaustivas. Omisión total o parcial de alguna alternativa. Esto puede marcar ignorancia, o un sesgo o un intento de manipular la toma de decisiones. Falta al menos una opción pertinente o una parte o aspecto

importante de dicha opción: “salud o economía”, “salud o educación”, “salud o derechos”, “salud o justicia”.

e) Alternativas confusas, no claras, sujetas a diversas interpretaciones. Alternativas distorsionadas.

f) Alternativas difusas. Se diluyen los significados o los denotados. Por ejemplo, “responsabilidad médica, empresaria o estatal, ante efectos adversos de un medicamento”.

g) Alternativas falsas, polos inaceptables: “trabajo precario o asistencialismo”, “mueres de frío o de calor”; “explotación empresaria o explotación estatal”, “pocos muy ricos y muchos muy pobres o todos muy pobres y el rey-tirano rico”. La respuesta es rechazar ambas y buscar una solución real.

h) Presentar una disyunción incluyente como excluyente. Por ejemplo, “el perro o yo”, “los exportadores o la gente”. Este error puede traer consecuencias dramáticas: “salud o economía”, “salud integral o salud Covid19”. Durante los primeros meses de pandemia del 2020 el sistema sanitario de algunas naciones se focalizó desproporcionadamente en el Covid y dejó de atender un enorme tipo y número de otras patologías existentes. Las mismas no sólo se agravaron sino que continuaron sin atenderse durante muchos meses.

## **2) La disyunción entre proposiciones**

La disyunción entre proposiciones se entiende analíticamente como una proposición compuesta que presenta alternativas, y sintéticamente como una relación entre alternativas proposicionales.

**2.1 En lógica tradicional**, un juicio es el pensamiento de una relación enunciativa entre conceptos y una proposición es una relación enunciativa entre términos (sujeto-predicado). Según la *relación* entre los términos sujeto y predicado, las proposiciones se clasifican en: hipotéticas, disyuntivas y categóricas. La relación es la propiedad de enunciar con o sin restricciones. (Fatone p.22).

Una proposición es *hipotética* o condicional si está sujeta a una condición interna (del sujeto, o del predicado) o externa. Su estructura más simple puede ser:

Condición del S	Condición del P	Condición externa
S es P si S es Q	S es P si P es R	S es P si Q es R

Tabla 2. Estructura elemental de las proposiciones hipotéticas

Una proposición es *categorica* si atribuye o relaciona simplemente P a S, sin condición, sin alternativas, sin restricciones. Se representa como: S es P.

Una proposición es *disyuntiva* si presenta opciones o alternativas. Su estructura más simple puede ser:

	(1) Opciones del S	(2) Opciones del P	(3) Opciones de la función
Inc.	S es P o Q es P	S es P o S es Q	S quiere o tiene P
Exc	o S es P o Q es P	oS es P o S es Q	o S es P o no es P

Tabla 3. Estructura elemental de las disyunciones proposicionales (incluyente y excluyente)

En (1) las opciones se dan en el sujeto, *S o Q es P* es una forma resumida de *S es P o Q es P*. En (2) las opciones se dan en el predicado, *S es P o Q* resume *S es P o S es Q*. En (3) las alternativas se dan en la función verbal y/o en la modalidad, o las circunstancias. La contrastación del verbo con su *complemento contradictorio* significa claramente una disyunción excluyente: “S es P o S no es P”, “S quiere o no quiere P”. La contrastación del verbo con su *complemento contrario* también denota claramente una disyunción excluyente ya que son incompatibles: “S da P o S vende P”, “S viaja a P o se queda en Q”. Pero, la disyunción se puede volver incluyente en ciertas circunstancias: “S da P a A o S da P a B”, “S da P a A o S vende P a B”. La función de

*complementación cooperativa* se asocia con la disyunción incluyente: “S da P o S recibe P”, “S da P o S presta P”, “S da P a A o S permite que F dé P a A”. La simple diversidad de función puede ser incluyente o excluyente según el significado y contexto de la misma: “S viaja a P o S compra en Q”, “S quiere estudiar P o S puede estudiar P”.

### **Disyunción excluyente e incluyente**

Para determinar si una disyunción entre proposiciones dada en el lenguaje natural es incluyente o no, se toman en cuenta algunas convenciones: para la disyunción incluyente se usa “... o ...”, “... y/o ...”, “... o ... o ambos” y para la excluyente “o ... o ...”, “o bien ... o bien ...”, “... o ... pero no ambos”. Sin embargo, con frecuencia se utiliza el simple “... o ...” en un sentido exclusivo. Por ejemplo, “aprobaste o no aprobaste el examen”. De manera que la interpretación se da en función del contexto significativo (en el discurso) y de la situación referencial fáctica (real, histórica). Así, las proposiciones como “Corro o llego tarde”, “Iremos al cine o al teatro” por sí mismas presentan incertidumbre porque necesitan información adicional proveniente del contexto para evaluar si son incluyentes o no.

Los siguientes ejemplos ilustran formas claras de disyunción excluyente: “Un razonamiento es válido o inválido”, “Los números pares son divisibles por dos o por tres”, “O pagaba la factura de gas o cortaban el servicio”. Estos otros son ejemplos de clara disyunción incluyente: “Se convierte la proposición E de modo simple o por accidente”, “Él escribió con tinta azul o negra”, “Tienes beneficios o riesgos al tomar un medicamento”.

Una propiedad de una situación concreta es la determinación temporal. Por ejemplo, “aprobaste o no aprobaste el examen” se refiere a un hecho contingente cerrado (ya rindió el examen) y a la posibilidad real de aprobarlo o no; y “aprobarás o no aprobarás el examen” apunta a un hecho contingente abierto (todavía no ha rendido) y a la posibilidad condicionada de aprobarlo. En ambos casos se trata de una disyunción excluyente con alternativas fácticas y contingentes,

pero una es pasada y la otra futura (se puede revisar aquí el “problema de los futuros contingentes” en Aristóteles).

A veces se usa el “o” en sentido incluyente para establecer los extremos de un *intervalo* de aceptabilidad, esto es, de alternativas *variables* aceptables (con cierto alcance y dominio): “Puedes preparar limonada con un 5% o un 10% de jugo de limón”. El sentido de esto es que cualquier porcentaje entre ambas alternativas es aceptable para obtener el resultado deseado. “Atendemos lunes o martes” significa que se atiende cualquiera de los dos días.

La *exclusión por contrariedad*: En la disyunción “Juan es mayor o menor que Pedro” ambas opciones se excluyen, pero no son completas, luego, pueden ser ambas falsas (es posible a priori que ambos tengan igual edad). Por tanto, podrían no contener una opción aceptable. Las relaciones de comparación por edad se clasifican en tres clases disjuntas: mayor, menor, e igual. Por ello, una disyunción excluyente debería tomar las tres alternativas para asegurarse de que una, y sólo una, sea aceptable: “Juan es mayor o menor o de igual edad que Pedro”. Aunque ‘mayor’ y ‘menor’ se excluyen, sus negaciones no (‘Juan no es mayor que Pedro o Juan no es menor que Pedro’ es una disyunción incluyente) porque las alternativas no son exhaustivas

**2.2 En lógica proposicional** las proposiciones se representan mediante símbolos no interpretados llamados *variables proposicionales*: p, q, r, s, .... Y la disyunción es una *conectiva extensional*: su valor de verdad depende solamente del valor de verdad de las proposiciones que vincula.

La disyunción denota alternativas que pueden ser ambas verdaderas (d. incluyente) o no (d. excluyente). Cuando el “o” es utilizado para indicar sinonimia o redundancia no se considera una conectiva. Ejemplos: “‘El enrutador o encaminador comunica dos o más redes LAN o WAN distintas del modo más adecuado’. El primer “o” no es una disyunción (indica sinonimia), el segundo sí lo es (en sentido excluyente) y el tercer “o” también (en sentido incluyente).

*‘La virtud de la templanza, o ‘temperantia’, o ‘moderatio’ se representaba artísticamente mediante unas riendas’. Ambos “o” expresan sinonimia.’* (Gómez, p.14).

En lógica proposicional las disyunciones incluyente y excluyente se definen por sus tablas de verdad, que son:

Disyunción Incluyente

p	q	$p \vee q$
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	V

Disyunción Excluyente

p	q	$p \wedge q$
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	F

Tabla 4. Tabla de verdad de la disyunción incluyente y la disyunción excluyente

La forma normal disyuntiva (FND) de la propia d. incluyente ayuda a comprender su significado y su tabla de verdad:

$$(p \wedge q) \vee (p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$$

La FND de la d. excluyente es:  $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$ .

Estas equivalencias lógicas dan una comparación de ambas:

$$(p \vee q) \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q) \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$$

### 2.2.1 Formas de las proposiciones disyuntivas en LP

1) La **disyunción incluyente** entre proposiciones indica su compatibilidad, si están afirmadas; o su incompatibilidad, si están negadas; o su implicación, si una está negada y la otra afirmada; o su negación conjunta, si está negada la disyunción incluyente entre proposiciones afirmadas (ver Tabla 5).

Dos proposiciones son lógicamente compatibles si es posible que ambas sean verdaderas a la vez. Por ejemplo, “Juan comió carne o verduras”.

2) La **disyunción excluyente** entre proposiciones se da cuando éstas no pueden ser verdaderas ni falsas a la vez. La



disyunción excluyente establece que sólo una de las opciones es verdadera, y la otra es falsa. Por ejemplo, “o enfrentas los problemas o huyes de ellos” significa que no se puede optar por ambas alternativas ni se pueden descartar las dos. Lo dicho puede expresarse *simbólicamente* como sigue:

$$(p \vee q) \Leftrightarrow [(p \rightarrow \neg q) \wedge (q \rightarrow \neg p)] \wedge [(\neg p \rightarrow q) \wedge (\neg q \rightarrow p)]$$

O bien  $(p \vee q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow \neg q) \Leftrightarrow (\neg p \leftrightarrow q)$

*Curiosidades:* La disyunción excluyente de dos proposiciones presenta dos curiosidades: negar una sola de las alternativas equivale lógicamente a negar la propia disyunción excluyente, o sea, lleva a afirmar que las proposiciones son equivalentes:

$$(\neg p \vee q) \Leftrightarrow (p \vee \neg q) \Leftrightarrow \neg(p \vee q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow q)$$

Y negar ambas alternativas equivale lógicamente a afirmarlas:

$$(\neg p \vee \neg q) \Leftrightarrow (p \wedge q)$$

*Precaución:* dos variables proposicionales son equivalentes si tienen el mismo valor de verdad, cualquiera sea su significado. Las tablas de verdad de las conectivas no evalúan significados sino combinaciones de valores veritativos.

### 3) Negación disyuntiva = Incompatibilidad

Dos proposiciones son lógicamente compatibles si es posible que sean verdaderas ambas a la vez, y son incompatibles si eso no es posible. La disyunción incluyente entre proposiciones negadas indica su incompatibilidad. Se simboliza:  $\neg p \vee \neg q$  (se lee “no p o no q”, “no p o no q, o ninguna”), o bien  $p / q$  (se lee “p es incompatible con q”). También se la llama *negación disyuntiva*, negación alternativa, funtor de Sheffer, o *incompatibilidad*.

La FND de la incompatibilidad  $(\neg p \vee \neg q)$  es

$$(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q) \vee (\neg p \wedge \neg q)$$

La incompatibilidad es la suma de la negación conjunta y de la disyunción excluyente:

$$(\neg p \vee \neg q) \Leftrightarrow (\neg p \wedge \neg q) \vee (p \vee q)$$

Las proposiciones incompatibles son inconsistentes entre sí, ya que no pueden ser ambas verdaderas, es decir, la verdad de una implica la falsedad de la otra.

La negación disyuntiva entre dos proposiciones establece que al menos una de ellas es falsa. La incompatibilidad es la contradictoria de la conjunción (Ley de De Morgan):

$$(\neg p \vee \neg q) \Leftrightarrow \neg (p \wedge q).$$

Es interesante observar que toda fórmula compuesta bien formada de la lógica proposicional se puede representar por medio de la negación disyuntiva; o por la negación conjunta.

#### 4) Negación conjunta: la contradictoria de la d. incluyente

La contradictoria de la disyunción incluyente es la negación conjunta. (Comparar las columnas (1) y (2) de la tabla 6). Por ejemplo, la contradictoria de “Juan trabaja o estudia” es “Juan ni trabaja ni estudia”, que también se lee “Juan no trabaja y no estudia”. En símbolos:

$$(p \downarrow q) \Leftrightarrow (\neg p \wedge \neg q) \Leftrightarrow \neg (p \vee q)$$

Esta relación entre la disyunción incluyente y la conjunción es una de las Leyes de De Morgan, en honor a Augustus De Morgan, un gran lógico del siglo XIX:  $(\neg p \wedge \neg q) \Leftrightarrow \neg (p \vee q)$ .

#### 5) Equivalencia: la contradictoria de la d. excluyente

La equivalencia  $p \leftrightarrow q$ , que se lee: “p equivale a q” o “p si y sólo si q” es la contradictoria de la disyunción excluyente.

$$\neg (p \oplus q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow q)$$

La equivalencia también se llama bicondicional, o coimplicación, porque es una implicación mutua:

$$(p \leftrightarrow q) \Leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$$

La FND de la equivalencia es:  $(p \wedge q) \vee (\neg p \wedge \neg q)$

*Curiosidades y Precaución* (de la equivalencia): Son similares a las de la disyunción excluyente:

$$(\neg p \leftrightarrow q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow \neg q) \Leftrightarrow \neg (p \leftrightarrow q) \Leftrightarrow (p \oplus q)$$

$$(\neg p \leftrightarrow \neg q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow q)$$

Las Tablas 5 y 6 dadas a continuación resumen lo dicho.

Conectiva	Disyunción	Equiv. De Disyunción
Disyunción Incluyente	$p \vee q$	$\neg(\neg p \wedge \neg q)$
Negación conjunta (contradictoria de la Disyunción Incluyente)	$\neg(p \vee q)$	$\neg p \wedge \neg q$ $p \downarrow q$
Negación disyuntiva, Incompatibilidad	$\neg p \vee \neg q$	$p / q$
Disyunción Excluyente	$p \vee\vee q$	$\neg p \vee\vee \neg q$
Equivalencia (contradic. Disy. Exc.)	$\neg(p \vee\vee q)$	$p \leftrightarrow q$

Tabla 5. Formas de proposiciones disyuntivas e Interdefinibilidad

Las siguientes tablas de verdad permiten fácilmente hacer comparaciones sintácticas:

				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
p	$\neg p$	q	$\neg q$	$p \vee q$	$\neg p \wedge \neg q$	$\neg p \vee \neg q$	$p \vee\vee q$	$p \leftrightarrow q$
F	V	F	V	F	V	V	F	V
F	V	V	F	V	F	V	V	F
V	F	F	V	V	F	V	V	F
V	F	V	F	V	F	F	F	V
(1) Disyunción incluyente de afirmaciones. Compatibilidad (2) Contradictoria de (1): $\neg(p \vee q) \Leftrightarrow (\neg p \wedge \neg q) \Leftrightarrow (p \downarrow q)$ Negación conjunta: no ... y no ..., ni ... ni ... (3) Disyunción incluyente de negaciones: $(\neg p \vee \neg q) \Leftrightarrow (p / q)$ Incompatibilidad. Negación disyuntiva: no ... o no ... (4) Disyunción excluyente de afirmaciones. Contradicción (5) Contradictoria de (4): $\neg(p \vee\vee q) \Leftrightarrow (p \leftrightarrow q)$ . Equivalencia								

Tabla 6. Comparación de tablas de verdad

2.3 En **lógica de predicados**, la disyunción también se usa como conectiva que vincula proposiciones y funciones. Por ejemplo sea  $F$ : ser filósofo,  $G$ : ser docente,  $a$ : Juan y  $b$ : Pedro:

$Fa \vee Ga$  se traduce como “Juan es filósofo o docente”,

$Fa \vee Fb$  se traduce como “Juan o Pedro son filósofos”,

$Fa \vee \neg Fa$  se traduce como “Juan es filósofo o no lo es”.

Además la disyunción se usa para conectar *funciones*. Así la fórmula  $Fx \vee Gx$  es una función proposicional: “ $x$  es filósofo o docente”. Una función no es ni verdadera ni falsa. Se puede convertir una función en una proposición por *sustitución* (de las variables por constantes) y/o por *cuantificación* (de todas las variables no sustituidas).

Los *cuantificadores* son de tres clases: universal ( $\prod, (, \forall, \wedge$ ), existencial ( $\sum, E, \exists, \vee$ ), e individual (el cual puede ser “exactamente uno”:  $\exists!$  o “único”:  $\exists!!$ ). El cuantificador universal se entiende como una conjunción generalizada ( $\wedge$ ) y el cuantificador existencial como una *disyunción generalizada* ( $\vee$ ). El cuantificador existencial, o particularizador, se interpreta como “existe al menos un”, “existe algún”, o “algún” con sus variantes gramaticales (“alguien”, “alguna”, “algunas”, “algunos”), y se expresa con el símbolo  $\sum$ , o  $E$ , o  $\exists$ , o  $\vee$  seguido de la variable.

*“[...] el particularizador resume o representa la aplicación reiterada del disyuntor (símbolo de la suma lógica) a una serie de elementos (que podemos llamar sumandos lógicos)”* en un universo de discurso finito. (Garrido, p.161).

Por ejemplo, “Alguien es filósofo” se simboliza como  $\sum x Fx$ , o  $E x Fx$ , o  $\exists x Fx$ , o  $\vee x Fx$ , siendo  $F$  la letra de predicado para “ser filósofo”, o “...es filósofo”, y  $x$  es la *variable* cuyo alcance es el *universo de discurso*  $U$ : las personas. El particularizador se define por la disyunción incluyente de  $n$  disyuntos:

$$\sum_{i=1}^n Fxi = (Fx_1 \vee Fx_2 \vee \dots \vee Fx_n)$$

Esto significa que las variables  $x_i$  son las *instanciaciones* de  $F$ , y que al menos una de ellas tiene que ser verdadera. Y corresponde a la estructura de disyunciones respecto del término sujeto. Toda proposición se establece “dentro de” o “para” un determinado *Universo*, o *Universo del discurso*, que constituye el *alcance* de las funciones o predicados, esto es, el conjunto de sujetos u objetos que forman la extensión de dichas funciones, y de los cuales tiene sentido hablar de las mismas. Cada variable  $x_i$  es una instancia del alcance, del conjunto (U), y  $n$  es el número total de sujetos u objetos posibles del universo. El conjunto de sujetos u objetos para los cuales se cumple la función cuantificada constituye el *dominio* de dicha función. El dominio es un subconjunto del universo: ( $D \subseteq U$ ). La disyunción incluyente es válida cuando al menos un disyunto cumple la función, es decir, cuando es verdadera para al menos un disyunto. Esto implica que una disyunción válida debe tener un dominio no nulo. Por lo que se podría redefinir el particularizador, en un universo finito, con las pautas dadas arriba, como:

$$\sum_{i=1}^n Fx_i = (Fx_1 \vee Fx_2 \vee \dots \vee Fx_n) / (V(Fx_1)=1 \vee \dots \vee V(Fx_n)=1)$$

Por ejemplo, F (función): “ser filósofo”, o “...es filósofo”, U (universo): las personas, D (dominio): los filósofos,  $V(Fx_i)$  la metafunción de valuación binaria cuyos resultados pueden ser: 1 = V, o 2 = F (la lógica clásica es bivalente). Por lo que  $\sum xFx$ , o  $\exists xFx$ , o  $\exists xFx$ , o  $\vee xFx$ , se lee aquí como: “Alguien es filósofo”. Queda claro que su dominio es no nulo, o sea que hay al menos un filósofo (para al menos una persona, se cumple la función “ser filósofo”).

Cuando las disyunciones se dan respecto del término predicado, y no varía el término sujeto, vale lo afirmado arriba con los siguientes ajustes ( $a$  es una constante,  $y$  es variable):

$$\sum_{i=1}^n Fay_i = (Fay_1 \vee \dots \vee Fay_n) / (V(Fay_1)=1 \vee \dots \vee V(Fay_n)=1)$$

Por ejemplo,  $a$ : Juan Pérez, F: “... compró el libro ...”, U = {L}, libros que Juan podía comprar, D: conjunto de libros que Juan compró: *Juan Pérez compró el libro  $y_1$  o ... o  $y_i$  o ... o  $y_n$ .*

En la tabla 3, columna (3), se apuntó a disyunciones en la expresión verbal. Siendo a: el Martín Fierro, C: "... compró ...", L: "... leyó ...", U: {las personas} la proposición "Alguien compró o leyó el Martín Fierro" se simboliza:

$$\exists x (Cxa \vee Lxa)$$

Pueden darse múltiples disyunciones en una sola proposición. Por ejemplo, "Juan o Pedro escribieron o editaron un libro para la Facultad FRM o para la Facultad FFyL". Se adoptan como pautas de traducción: las constantes a:Juan, b:Pedro, c:FRM, d:FFyL; las letras de predicado: W: ... escribió ... para..., E: ... editó...para..., L:...es libro. U:  $P \cup F \cup L$  esto es, la unión de la clase o conjunto de las personas, con la de las Facultades FRM y FFyL, y con la de los libros. En lenguaje simbólico queda representado:

$$\exists x (Lx \wedge (Waxc \vee Eaxc \vee Waxd \vee Eaxd \vee Wbxc \vee Ebxc \vee Wbxd \vee Ebxid))$$

Como la disyunción es asociativa y conmutativa, las alternativas pueden colocarse en cualquier orden. Pero el orden elegido refleja mejor el sentido de la proposición.

## 2.4 Leyes de la disyunción entre proposiciones

### 2.4.1. Leyes en lógica tradicional

1) Las opciones deben seguir un mismo criterio generador. La combinación de criterios y niveles de interpretación deben ser coherentes, dentro de jerarquías éticamente aceptables.

2) Las opciones deben ser exhaustivas (dentro de lo posible afirmativamente, y si no, incluir alguna negación: por ejemplo, "ninguna de las otras opciones"). Es incompleta si hay al menos una alternativa no incluida. Por ejemplo, si los ciudadanos de un país democrático D en época de elecciones deben elegir entre los candidatos A, B y C (disyunción excluyente: "o eliges A o eliges B o eliges C") y A ofrece agravar los problemas del modo M1, B ofrece agravar los problemas del modo M2, y C ofrece agravarlos del modo M3 entonces no se trata de una disyunción válida ya que la función de las autoridades de un país democrático es

gestionar los problemas para solucionarlos y no para agravarlos. Al menos una opción debe ser aceptable.

3) Las alternativas deben ser claras y distintas. Hay que evitar los términos o proposiciones confusas (dobles interpretaciones) o difusas (referencias dobles).

4) La verdad de una opción incluyente no garantiza la falsedad de la otra. La verdad de una alternativa excluyente sólo garantiza la falsedad de la otra, si se cumplen las reglas. La falsedad de una alternativa (incluyente o excluyente) garantiza la verdad de la otra, sólo si se cumplen las reglas.

En la disyunción excluyente sólo una opción es verdadera. Por eso un modo de refutarla es mostrar que ambas opciones son falsas. Otro modo es mostrar que ambas opciones son diferentes pero aceptables, coordinables, complementarias.

#### 2.4.2. Leyes en lógica proposicional (Gómez p.38-9)

	Adición	Ad	$p \Rightarrow p \vee q$
	Modus Ponendo Tollens	MPT	$(p \wedge q) \wedge \neg p \Rightarrow \neg q$
	Modus Tollendo Ponens	MTP	$(p \wedge q) \wedge \neg p \Rightarrow q$
	Silogismo Disyuntivo	S.D.	$(p \vee q) \wedge \neg p \Rightarrow q$
	Asociativa	Asoc	$(p \vee q) \vee r \Leftrightarrow p \vee (q \vee r)$
	Conmutativa	Conm	$p \vee q \Leftrightarrow q \vee p$
			$p \wedge q \Leftrightarrow q \wedge p$
	Distributiva disy. resp. conj. conj. resp. disy. cond. resp. disy.	Dist	$p \vee (q \wedge r) \Leftrightarrow (p \vee q) \wedge (p \vee r)$
			$p \wedge (q \vee r) \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$
			$p \rightarrow (q \vee r) \Leftrightarrow (p \rightarrow q) \vee (p \rightarrow r)$
	Absorción	Absor	$p \vee (p \wedge q) \Leftrightarrow p$
			$p \wedge (p \vee q) \Leftrightarrow p$
	Dominación	Dom	$p \vee T \Leftrightarrow T$ (T: tautología)
	Expansión booleana	E.B.	$p \vee C \Leftrightarrow p$ (C: contradic.)
	Dilemas	Ver tablas 10 11 y 12	

Se puede apreciar que hay leyes no tratadas aquí por falta de espacio.

#### 2.4.3. Leyes en lógica de Predicados. Leyes de distribución de cuantificadores (disyunción) (Gómez, p.72)

$$\forall x P(x) \wedge \forall x Q(x) \Rightarrow \forall x P(x) \vee \forall x Q(x)$$

$$\begin{aligned} \forall x P(x) \vee \forall x Q(x) &\Rightarrow \forall x (P(x) \vee Q(x)) \\ \forall x (P(x) \vee Q(x)) &\Rightarrow \exists x (P(x) \vee Q(x)) \\ \exists x P(x) \wedge \exists x Q(x) &\Rightarrow \exists x P(x) \vee \exists x Q(x) \\ \exists x (P(x) \vee Q(x)) &\Leftrightarrow \exists x P(x) \vee \exists x Q(x) \end{aligned}$$

Ejemplos: Sea P: leer y Q: oír. Las siguientes implicaciones y equivalencia son tautologías:

Si todos leen y todos oyen entonces todos leen o todos oyen.

Si todos leen o todos oyen entonces todos leen u oyen.

Si todos leen u oyen entonces alguien lee u oye.

Si alguien lee y alguien oye entonces alguien lee o alguien oye

Alguien lee u oye equivale a alguien lee o alguien oye.

*Cuidado:*  $\Rightarrow$  es distinto de  $\Leftrightarrow$ . “Si todos leen o todos oyen entonces todos leen u oyen” es verdadero pero “Si todos leen u oyen entonces todos leen o todos oyen” es falso.

### 3) La disyunción en los razonamientos.

#### 3.1. Los silogismos disyuntivos.

En la **lógica tradicional** un silogismo disyuntivo es una inferencia deductiva mediata que contiene una premisa mayor disyuntiva incluyente o excluyente, y una premisa menor y conclusión categóricas. Si la premisa menor niega un disyunto, la conclusión establece el otro, mientras que si la menor afirma un disyunto excluyente, la conclusión es la negación del restante disyunto, y si la premisa menor afirma un disyunto incluyente, no se deriva una conclusión válida.

Copi & Cohen sostienen que el silogismo disyuntivo es *“Una forma de argumento en la que una premisa es una disyunción y la conclusión sostiene la verdad de uno de los disyuntos.”* (p.340). Por su parte, Fatone dice que *“Silogismo disyuntivo es aquel cuya premisa mayor es un juicio disyuntivo y cuya premisa menor es un juicio categórico en que se afirma o niega una de las disyuntivas.”* (p.68).



Hay dos clases de silogismos disyuntivos: excluyentes e incluyentes. Sin embargo, si se habla sólo de silogismo disyuntivo suele referirse al incluyente.

3.1.1. El **silogismo disyuntivo excluyente**. Si la premisa disyuntiva del silogismo es excluyente, las opciones de afirmar o negar una alternativa son válidas y constituyen las Reglas *Modus Ponendo Tollens* (MPT) y *Modus Tollendo Ponens* (MTP) respectivamente. Se llama MTP porque negando (tollendo) en la premisa menor, se afirma (ponens) en la conclusión, y al revés en el MPT.

Sean S, P, R, T símbolos de términos cualesquiera. Entonces podemos expresar la estructura de los silogismos disyuntivos excluyentes como sigue:

Modus Ponendo Tollens MPT	Modus Tollendo Ponens MTP
O S es P o R es T S es P Luego, R no es T	O S es P o R es T S no es P Luego, R es T
O S es P o S es T S es P Luego, S no es T	O S es P o S es T S no es P Luego, S es T
O S es P o R es P S es P Luego, R no es P	O S es P o R es P S no es P Luego, R es P

Tabla 7. Reglas del silogismo disyuntivo excluyente

Ejemplos de MPT:

O Juan compraba un gato o Pedro traía un perro. Juan compró un gato. Luego, Pedro no trajo un perro.

O Juan estudiaba álgebra o desaprobaba el examen. Juan estudió álgebra. Luego, no desaprobó el examen.

Juan estudiaba o álgebra o geometría. Juan estudió álgebra. Luego, no estudió geometría.

O Juan llegaba primero o Pedro llegaba primero. Juan llegó primero. Luego, Pedro no llegó primero.

Ejemplos de MTP:

O el médico lo operaba o Pedro moría. El médico no lo operó. Luego, Pedro murió.

Juan seguía o frenaba. Juan no siguió. Luego, Juan frenó.

Juan doblaba o a la izquierda o a la derecha. Juan no dobló a la izquierda. Luego, Juan dobló a la derecha.

O Juan o Pedro compraban el pan. Pedro no lo compró. Luego, Juan lo compró.

**3.1.2. El silogismo disyuntivo incluyente.** Si la disyunción es incluyente, sólo la opción de negar una alternativa es válida, y constituye la “*regla del silogismo disyuntivo*”. Si se afirma una opción, no hay conclusión válida, porque en la disyunción incluyente ambas alternativas pueden ser verdaderas. Por ejemplo: “Juan rendía álgebra o física. Juan rindió álgebra. Luego, ...”. Desde un punto de vista formal, es igualmente posible que Juan haya rendido física como que no lo haya hecho. La estructura es: *S es P o R. S es P. Luego, ¿? No se puede inferir “S es R” ni “S no es R”.* La estructura válida es:

S es P o R es T S no es P Luego, R es T	S es P o R S no es P Luego, S es R	S es P o R es P S no es P Luego, R es P
---	--	---

Tabla 8. Regla del silogismo disyuntivo incluyente

En **lógica proposicional** valen las mismas reglas que en lógica clásica: MPT y MTP.

Modus Ponendo Tollens	Modus Tollendo Ponens
$p \vee q, p \vdash \neg q$	$p \vee q, \neg p \vdash q$

Tabla 9. Reglas del silogismo disyuntivo excluyente

En lógica proposicional la *Regla del Silogismo Disyuntivo* se aplica a los silogismos disyuntivos *incluyentes* y se simboliza como sigue:  $p \vee q, \neg p \vdash q$ , o bien  $p \vee q, \neg q \vdash p$ .

### 3.2. Los dilemas.

La palabra dilema significa “premisa doble”. Señalaba los razonamientos insolubles (gr. *áporoi*, lat. *insolubilia*). Definición:

*“El dilema es un razonamiento silogístico en que se combina un juicio disyuntivo con juicios hipotéticos, y que conduce a dos condiciones igualmente desfavorables para aquel a quien se le plantea.”* (Fatone, p.68-9).

*“El dilema es un argumento en el que una premisa, la mayor, es la afirmación conjuntiva de dos proposiciones hipotéticas, y en el que una segunda premisa, la menor, es una proposición alternativa. La menor afirma alternativamente los antecedentes de la mayor o niega alternativamente sus consecuentes.”* (Cohen & Nagel, p.105-6). (Aclaración: proposición “alternativa” es la disyuntiva incluyente).

El dilema es un silogismo disyuntivo-hipotético cuya premisa mayor es una disyunción y la menor es una conjunción de proposiciones hipotéticas cuyos antecedentes son los disyuntos (D.Constructivo), o bien sus consecuentes son los contradictorios de los disyuntos (D.Destructivo), o bien una combinación de ambos (D.Mixto), y su conclusión es una disyunción de los consecuentes (D.C.) o de los contradictorios de los antecedentes (D.D.) o de una combinación de ambos (D.Mixto). La estructura formal se ofrece debajo en las tablas 10, 11 y 12. El D.C. es análogo al *modus ponens* y el D.D. al *modus tollens*. Cuando las alternativas son tres, los razonamientos (o proposiciones análogas) se llaman “trilemas”, si son cuatro, “tetralemas”, etc.

Un dilema tiene cuatro condiciones: *“i) existen tan sólo dos opciones, ii) las dos opciones son incompatibles, iii) una de las dos debe necesariamente llevarse a cabo y iv) las consecuencias de ambas son igualmente problemáticas”* (Bordes, p.193).

### **3.3. Refutación de un dilema**

Si alguien plantea un problema en forma de dilema, antes de intentar solucionarlo es necesario verificar la validez del propio dilema. La validez sintáctica (formal) del dilema se refuta comparando su estructura con las dadas en las tablas 10, 11 y 12. La validez semántica del dilema (su fortaleza material, que se da cuando las premisas son verdaderas, completas y claras) se refuta probando que alguna premisa es

falsa o incompleta o confusa. Y esto de dos modos: probando que alguna implicación, o la premisa disyuntiva, es falsa o incompleta o confusa (Hurley, p.372-3, Fatone, p.69).

Demostrar que alguna implicación es falsa es “*tomar el dilema por los cuernos*” (siendo los “cuernos” las proposiciones hipotéticas). Por ejemplo:

$$(A \rightarrow C) \wedge (B \rightarrow D)$$

$$\vee \underline{E} \quad \boxed{F}$$

Se prueba que la disyunción es falsa si las opciones son falsas. Se prueba que es incompleta si hay otra u otras alternativas que no se tuvieron en cuenta, es decir, que las opciones del dilema no eran las únicas. Esto se llama “*escaparse entre los cuernos*”. Por ejemplo:

$$A \vee B$$

$$F \quad \boxed{F} \quad F$$

Un pintoresco ejemplo histórico de “*tomar el dilema por los cuernos*” se refleja con una ilustración que hace Aulo Gelio (siglo II) de un fallo en los argumentos llamado *antistréfon* (ἀντιστρέφον) por los griegos y *reciproca* por los romanos. “*Este fallo se da cuando el argumento propuesto puede ser recogido y devuelto con idéntico valor contra quien lo utilizó.*” (Gelio, p.241).

El sofista griego Protágoras (s.V aJC) enseñó a Evatlo a argumentar en los litigios. Como pago, Evatlo “... *le entregó la mitad al comienzo mismo, ..., comprometiéndose a pagarle la otra mitad el primer día que defendiera una causa ante los jueces y la ganara.*” (Gelio, p.241-2). O sea, Evatlo pagó la mitad del pago de honorarios al momento del acuerdo y la otra mitad la pagaría cuando Evatlo ganara su primer pleito.

“*Si perdía ese primer pleito, la deuda quedaría condonada. Transcurrido un tiempo, durante el cual Evatlo no había tenido ningún pleito, Protágoras le reclamó judicialmente el pago de la deuda pendiente. Y planteó al discípulo este dilema: Puedo ganar o perder el pleito; si lo gano, tienes que pagarme porque así lo dispondrá el juez; si lo pierdo ..., tienes que pagarme porque así lo habíamos estipulado (que me pagarías cuando ganases el primer pleito).*”

*Evatlo replicó con este otro dilema: Puedo ganar el pleito o perderlo; si lo gano, no tengo que pagarte porque así lo dispondrá el juez; si lo pierdo (es decir, si lo ganas tú), no tengo que pagarte porque así lo hemos estipulado (que te pagaría si yo ganaba mi primer pleito).” (Fatone, p.69).*

### 3.4. Estructura de los dilemas disyuntivos

Dadas A, B, C, D, como metavariables que representan proposiciones cualesquiera, las reglas y leyes de los dilemas disyuntivos en lógica proposicional clásica son las siguientes:

1. Reglas del Dilema Constructivo
1.1a Dilema Constructivo Simple (clásico)
$A \vee B, A \rightarrow C, B \rightarrow C \vdash C$
1.1b Dilema Constructivo Simple (Eliminación del disyuntor)
$\frac{\begin{array}{cc} [A] & [B] \\ \vdots & \vdots \\ (A \vee B) & C \quad C \end{array}}{C} \text{Ev}$
1.2 Dilema Constructivo Complejo
$A \vee B, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash C \vee D$
Leyes del Dilema Constructivo Simple y Complejo
$\{ (A \vee B) \wedge [(A \rightarrow C) \wedge (B \rightarrow C)] \} \rightarrow C$ $\{ (A \vee B) \wedge [(A \rightarrow C) \wedge (B \rightarrow D)] \} \rightarrow (C \vee D)$

Tabla 10. **Dilema Constructivo (D.C.)**

2. Reglas del Dilema Destructivo
2.1 Dilema Destructivo Simple
$\neg B \vee \neg C, A \rightarrow B, A \rightarrow C \vdash \neg A$
2.2 Dilema Destructivo Complejo
$\neg C \vee \neg D, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash \neg A \vee \neg B$
Leyes del Dilema Destructivo Simple y Complejo

$$\{ (\neg B \vee \neg C) \wedge [(A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow C)] \} \rightarrow \neg A$$

$$\{ (\neg C \vee \neg D) \wedge [(A \rightarrow C) \wedge (B \rightarrow D)] \} \rightarrow (\neg A \vee \neg B)$$

Tabla 11. **Dilema Destructivo** (D.D.)

3 Dilemas Mixtos
$A \vee \neg D, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash C \vee \neg B$
$\neg C \vee B, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash \neg A \vee D$

Tabla 12. **Dilemas Mixtos** (Churchman, p.276)

Si se representan los dilemas con disyunciones *excluyentes*, hay que tener en cuenta lo dicho acerca de la disyunción excluyente en 2.2.1 (“curiosidades” y “precaución”, p.367).

#### 4) Falacias disyuntivas

Las falacias son expresiones o discursos erróneos o engañosos en razón de su contenido y/o de su forma lógica. Para detectar las falacias formales, hay que darle al discurso el formato lógico adecuado y compararlo con las reglas.

**4.1 Falacias disyuntivas formales** (errores de forma lógica)

**a) Falso *modus ponendo tollens*.** Consiste en concluir que una opción de una disyunción incluyente es falsa porque la otra es verdadera:  $p \vee q, p \vdash \neg q$ . Como ambas opciones pueden ser verdaderas, se trata de una inferencia incorrecta. La regla es:  $p \vee q, \neg p \vdash q$ .

**b) Dilemas inválidos:** por afirmación del consecuente (b.1) o por negación del antecedente (b.2).

**b.1. Falso D.Constructivo:**  $C \vee D, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash A \vee B$

**b.2. Falso D.Destructivo:**  $\neg A \vee \neg B, A \rightarrow C, B \rightarrow D \vdash \neg C \vee \neg D$

**4.2 Falacias disyuntivas informales** (errores de contenido)

**a) Alternativas incoherentes** (no responden al mismo criterio) **o irrelevantes** (no corresponden con el tema). Las

falacias de (ir)relevancia son las más frecuentes. Contienen premisas que no son relevantes para la conclusión extraída. La conclusión no deriva de las premisas.

## **b) Alternativas no-exhaustivas F. por omisión de opciones**

**b.1. Prueba falsa por descarte.** Disyunción dudosa o falsa. Es un falso *modus tollendo ponens* (MTP). El MTP es una regla tanto para la disyunción incluyente como para la excluyente.

El MTP funciona como un sistema de *selección por descarte*: la prueba de la falsedad de una opción llevaría a “demostrar” la verdad de la otra:  $(p \wedge q, \neg p \mid - q)$  y  $(p \vee q, \neg p \mid - q)$ . Pero para ello las alternativas tienen que ser *exhaustivas*.

En la investigación científica la exitosa falsación de una hipótesis no conlleva la confirmación de una hipótesis alternativa.

En la investigación jurídica (que trata casos singulares) tampoco. Por ejemplo, si un fiscal supone que uno de los dos únicos sospechosos A o B cometió un delito, y la investigación prueba que A no lo hizo, no debería concluirse que B fue el culpable. Las alternativas podrían estar incompletas. El sistema de *descarte* no funciona así. Hay que probar *positivamente* que B lo hizo. Las evidencias, testimonios, confesiones, y demás pruebas condenatorias de B, con certeza jurídica, deberían fundamentar una condena del mismo. Por eso existe el principio de *presunción de inocencia*: toda persona es jurídicamente inocente mientras no haya una resolución judicial firme de su culpabilidad.

**b.2. El sesgo confirmacional.** Ante hipótesis alternativas, se seleccionan los datos que apoyan nuestras hipótesis preferidas y se omiten datos que las debilitan, sin objetividad.

**b.3. Alternativas falsas.** Si todas las opciones son falsas, es inútil buscar una solución deductivamente en una disyunción que no la contiene. Deben revisarse las alternativas en el contexto teórico y concreto, desde una visión holística, para

lograr una conjunción (total o parcial) entre el espacio de búsqueda y el espacio de soluciones. Si aún así no hay o no se encuentra otra alternativa, el problema queda sin solución provisoriamente.

**c) Polarización. Extremismo.** (F. de contrarias; F. blanco-negro; F. del camino sin salida). Es una eliminación parcial. Se omiten las alternativas intermedias y sólo se toman las diferencias extremas: "todo o nada", "siempre o nunca", etc. Cuando las opciones son *contrarias*, hay abundantes casos en que ambas son falsas. En tales casos, deben incluirse opciones intermedias, o abiertas (adaptadas a condiciones concretas y/o cambiantes), y/o la opción (negativa): "ni una ni otra".

*"El pensamiento en blanco y negro simplifica demasiado al asumir que uno u otro de los dos casos extremos debe ser cierto. [...] Las personas que piensan en blanco y negro prefieren dicotomías simples, como lógico-emocional, capitalista-socialista o intelectual-deportista. A esas personas les cuesta ver que el mundo es más complicado que eso."* (Gensler, p.77).

**d) Alternativas confusas o parcialmente explícitas.** (Falacias por ambigüedad. Falacia por vaguedad). Las opciones dan lugar a interpretaciones dobles (ambiguas, confusas) o erróneas (vagas, difusas). Hay que reformularlas de un modo claro, completo y explícito.

## 5) Lógica monotónica y no- monotónica

Las estructuras lógicas clásicas son deductivas. Ofrecen una gran certidumbre teórica, general. Los cambios o agregados de información en las premisas **no** modifican la conclusión. Están diseñadas para aplicarse en situaciones estables (donde se mantiene la verdad de lo dicho porque no cambian ni el contexto ni la voluntad de los agentes) o cerradas (pasadas y conocidas). Por tanto, cuando se aplican a condiciones cambiantes o desconocidas, su validez está sujeta a la relativa constancia de las mismas y a normas jurídicas y sociales.



Podría decirse que al aplicarlas hay que reconocer que contienen cláusulas *ceteris paribus* implícitas. Lo que en un momento es una disyunción excluyente puede pasar a ser una disyunción incluyente en otro momento. Por ejemplo, supóngase que el siguiente *modus tollendo ponens* fue formulado cuando los únicos pacientes en espera de un respirador eran Juan y Pedro: “O Juan recibía el respirador o Pedro lo recibía. Juan no lo recibió. Luego, Pedro recibió el respirador”. Pero si poco tiempo después de hacer el silogismo ingresó un paciente más grave o más joven que Pedro y que Juan, cambió la situación y, con ella, las alternativas, y la prioridad se desplazó hacia el nuevo paciente. Pedro fue postergado.

La premisa implícita del silogismo (“Si al desocuparse un respirador, se mantienen las condiciones de este momento (cláusula *ceteris paribus*), se elegirá entre Juan y Pedro”) tenía que ver con la situación contingente pasada. El agregado de una nueva premisa (“Ingresó un nuevo paciente con prioridad sobre Juan y Pedro”) modifica la conclusión del silogismo porque en el Hospital se decidió en función de una *lógica no-monotónica*: un cambio o agregado justificado de información en las premisas sí puede modificar la conclusión.

Es claro que si las razones del cambio de premisas no son aceptables, tampoco es aceptable cambiar la anterior conclusión. La lógica no-monotónica no es una excusa para vaciar al lenguaje de contenido ni para hacer cualquier cosa.

### **Consideraciones finales**

Se ha hecho una breve exposición de algunas características de la disyunción en el ámbito de las tres estructuras básicas de la lógica clásica. Se espera haber alcanzado la finalidad de contribuir en parte al esclarecimiento de la interpretación y el uso de esta maravillosa herramienta lógica.

Muchos temas y problemas se plantean con una estructura y funcionalidad disyuntivas. Las hipótesis de una investigación científica tácitamente forman alternativas de una disyunción

inicial. Al avanzar la investigación pueden descartarse algunas, y otras pueden modificarse, o combinarse.

Las reglas y estrategias dadas funcionan en una lógica bivalente, como la clásica. Pero no siempre las alternativas son 100% aceptables o 100% inaceptables. En la formación de opciones a veces intervienen las estadísticas y los porcentajes de aceptación, o de verdad, de las alternativas, por lo cual hay que usar una lógica polivalente.

Hay virtudes epistémicas que deben acompañar toda investigación. La proporcionalidad y la sensatez, las reglas, la evaluación responsable de las consecuencias posibles y esperadas, la posibilidad de corrección de errores y el uso de un marco de interpretación holístico conforman una parte de la ecuación que confluirá en la resolución final.

Tanto en la investigación científica como en la tarea cotidiana de educación en todos los niveles, siempre es apreciada la creatividad en el diseño de hipótesis alternativas que permitan ofrecer alguna respuesta novedosa. Es conocido el ejemplo del docente de una escuela primaria que estaba enseñando fracciones en su clase de matemática y como aplicación del tema presentó el siguiente problema a sus alumnos: “si tengo diez (10) invitados a comer y tengo cinco (5) naranjas para ofrecer como postre, ¿qué hago?” Casi todos los niños respondieron “partimos las naranjas en dos y le damos una mitad a cada invitado”, que era la solución correcta esperada por el docente. Pero un niño ofreció una respuesta diferente: “jugo”. Ciertamente, el alumno no aplicó en este caso sus conocimientos de fracciones numéricas pero aportó una alternativa interesante al espacio de soluciones.

### **Referencias:**

Aloni, María, "Disjunction", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/disjunction/>>.

Bordes Solanas, M. (2011). *Las trampas de Circe: Falacias lógicas y argumentación informal*. Madrid: Cátedra.

- Churchman, C. West. (1940). *Elements of Logic and Formal Science*. Philadelphia: Lippincott.
- Cohen, Morris R. & Nagel, Ernest. (1993). *An Introduction to Logic*. 2ed. Indianapolis: Hackett Publishing.
- Copi, Irving y Cohen, Carl. (2013). *Introducción a la Lógica*. 2 ed. México: Limusa.
- Fatone, Vicente. (1969). *Lógica e introducción a la Filosofía*. Buenos Aires: Kapelusz.
- Garrido, Manuel. (2005). *Lógica Simbólica*. 4 ed. Madrid: Tecnos.
- Gelio, Aulo. (2006). *Noches Áticas*. Vol. I. Libros 1 a 10. León: Universidad de León.
- Gensler, Harry J. (2017). *Introduction to Logic*. 3 ed. New York: Routledge.
- Gómez, Luis. (2003). *Introducción a la Lógica Simbólica*. Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional.
- Hurley, Patrick J. (2015). *A Concise Introduction to Logic*. 12 ed. Cengage Learning.
- Koons, Robert, "Defeasible Reasoning", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2017 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/reasoning-defeasible/>>.

\* \* \*



# 4

## FORO JURÍDICO



## 23

### Consideraciones Generales de la Ley del Contrato de Teletrabajo 27555

*María Elena Sottano*

**Resumen:** El objeto del trabajo es dar a conocer los aspectos fundamentales que regulan estas relaciones laborales, que constituyen un tipo de trabajo fuera del establecimiento “home office”. Se ha sancionado el régimen jurídico que regula los sistemas actuales de desempeño laboral, con el uso de tecnologías y el conocimiento que están interactuando en nuestro universo laboral. Lo que se intenta regular no es cualquier situación de trabajo fuera del establecimiento, sino una de determinadas características, que normalmente se trata de un trabajo que puede hacerse dentro del establecimiento, pero se opta por hacerlo desde el domicilio del trabajador u otro lugar que, por lo general, determina el trabajador aunque también podría pactarse o hasta ser propuesto por el empleador. Se analizan algunos aspectos de la Ley y su Reglamentación, así como las ventajas e inconvenientes en cada una de las situaciones laborales en que se encuentra el trabajador, el empresario, y los beneficios para la empresa y para el Estado y la sociedad, cuando debe desarrollar su trabajo a distancia. La ley 27555 ha sido publicada en el Boletín Oficial el día 14/8/2020. No obstante, su entrada en vigencia no fue en forma inmediata. El artículo 19 prevé que la normativa comenzará a regir luego de 90 días contados a partir de que se determine la finalización del período de vigencia del “aislamiento social, preventivo y obligatorio”.

**Palabras claves:** Teletrabajo, ventajas y desventajas, desconexión digital, reversibilidad, capacitación, protección a la información laboral.

#### Introducción

En este trabajo se han estudiado las ventajas e inconvenientes del teletrabajo para el trabajador, el empleador y el Estado y la sociedad de este régimen legal.

Es importante destacar que, por efecto de la pandemia, se ha sancionado una legislación que regula las situaciones laborales del trabajo a distancia, lo cual era necesario abordar con esta nueva modalidad contractual.

El objetivo del trabajo es dar a conocer el régimen legal introducido en el marco de la Ley de Contrato de Trabajo, es decir la ley 27555, que fue publicada el 14/08/2020, ha sido reglamentada por el Decreto 27/2021 sancionado el 20/01/2021 y entró en vigencia la ley de teletrabajo el 1/04/2021.

La metodología empleada en este trabajo ha sido el análisis de algunos aspectos la ley 27555.

La importancia del tema es que se regulan los distintos institutos laborales en los que no existían normas del trabajo a distancia y que por lo tanto, es muy necesario dar a conocer su vigencia.

Es de hacer notar, la limitación bibliográfica, que existió desde su sanción, no obstante se ha investigado doctrina aplicable.

El derecho del consumidor se erige como un sistema de normas principiológicas de fuente constitucional, con carácter esencialmente protectorio de la parte más débil y vulnerable: *los consumidores y usuarios*.

## **1. Situaciones a las que se Aplica la Ley de Teletrabajo 27.555**

El teletrabajador puede ser contratado en relación de dependencia y por cuenta ajena en cuyo caso se rige por la Ley de Contrato de Trabajo o como trabajador autónomo, independiente y por cuenta propia y en este caso se rige por las normas del Código Civil y Comercial de la Nación.

Dado que es un trabajo que se opta por hacerlo desde el domicilio del trabajador u otro lugar que puede proponer el empleador, se excluyen otras situaciones de trabajo fuera del establecimiento que, claramente, no aplican a la situación que se intenta regular como, por ejemplo, los viajantes de comercio o agentes de propaganda médica.



## **2. Ventajas y Desventajas del Trabajo a Distancia**

### **2.1 Ventajas para el Trabajador**

Entre los beneficios que tiene el trabajador con esta modalidad de trabajo podemos mencionar:

.Libertad para organizar el tiempo que se dedica al trabajo. El teletrabajador se autosupervisa. Hay autocontrol e iniciativa personal son las libertades del teletrabajador.

. Ocasión para combinar el espacio y la integración familiar con las labores cotidianas.

.Ahorro de tiempo de traslado al lugar de trabajo y más aún en grandes ciudades. El tiempo de viaje y desplazamiento del trabajador pueden aprovecharse para descansar, o actividades recreativas y familiares.

.Permite integrar al trabajo personas con discapacidad o dificultad para el desplazamiento.

### **2.2 Ventajas para el Empresario**

Podemos enumerar las siguientes:

.Le permite al empresario desarrollar parte de la propiedad intelectual de su empresa transmitiéndola al trabajador con mano de obra calificada, en el lugar en que este se encuentre y reduciéndole el costo que un profesional puede generar con la contratación tradicional.

.Elimina los gastos fijos que le acarrea tener personal en oficinas alquiladas o compradas en importantes lugares de la ciudad, gastos de mantenimiento, servicios de limpieza, cafetería y todos los gastos que genera contar con el personal fijo dentro del establecimiento.

. Mayor autonomía del trabajador y mayor flexibilidad operando de acuerdo a su conveniencia persiguiendo resultados.

.Aumento de la productividad, ya que se eliminan costos hundidos y se logra mayor celeridad, inmediatez en la respuesta.

. Más oportunidades laborales, con la posibilidad que se brinden los servicios a más de un empleador.

. Mejor integración laboral de personas con discapacidad, evitando el tiempo de viaje y los riesgos del mismo.

. Menor estrés por la ausencia de la presión del establecimiento y la inmediatez con los superiores.

. Elección personal del entorno del trabajo con la posibilidad de que se presenten menos adversidades.

. Más tiempo libre y mejor rendimiento que en la oficina, con un horario flexible y mejor calidad de vida.

### **2.3 Desventajas para el Trabajador**

Entre los inconvenientes que le puede presentar al teletrabajador se pueden enumerar:

. El ambiente en el que el teletrabajador desarrolla sus tareas, puede no ser el más apto para la realización de las actividades, o puede encontrar nuevas dificultades que antes no tenía.

. Puede provocar el sedentarismo, la falta de movilidad del teletrabajador.

. Aumentan las distracciones, conflictos, dentro del núcleo familiar, donde deberá armonizar el trabajo con la vida en el hogar.

. Pérdida de colaboración y relaciones personales con otros trabajadores de su área, si no se fomenta la colaboración de equipo.

. Los horarios son ilimitados, incluyen los fines de semana, horarios nocturnos o alternancia de distintos horarios.

. Puede existir aislamiento, debido al poco contacto social con los compañeros de trabajo, no hay contención del grupo de trabajo de la oficina.

## **2.4 Desventajas Para La Empresa**

Podemos mencionar las siguientes desventajas para la empresa:

. Puede haber pérdidas de jerarquías, aunque este hecho permite aportar agilidad en la toma de decisiones.

. Se da una menor identificación del trabajador con la empresa.

. El aislamiento físico produce una menor socialización y participación del trabajador.

. Se pueden crear conflictos derivados de la lealtad de los teletrabajadores cuando accedan a los bancos de datos de la empresa.

## **2.5 Ventajas Para El Estado Y La Sociedad**

Entre los beneficios para el Estado y la Sociedad se pueden mencionar:

. Menor contaminación al disminuir el traslado de trabajadores, desde sus domicilios al lugar de trabajo presencial.

. Menos problemas de circulación al disminuirse los traslados o hacerse en horas congestionadas.

. Disminución de accidentes de tránsito con la posibilidad de reducción de indemnizaciones de compañías de seguros o lesiones físicas.

. A nivel empresa, pueden desaparecer las jerarquías ya que el teletrabajador tiene contacto directo directamente con un jefe, o incluso se pierde este vínculo, y sólo se trabaja en equipos entre pares. Se fomenta la autosupervisión, el autocontrol, la iniciativa individual.

## **2.6 Desventajas Para El Estado Y La Sociedad**

- . La sociedad se subsume en relaciones interpersonales distantes, superficiales.
- . No todos los trabajadores manejan las tecnologías de la información.
- . Se resta eficacia a la normativa referida a condiciones y al medio ambiente de trabajo.
- . Puede crecer el trabajo clandestino, ya que son difíciles los controles debido a que el trabajador a distancia se localiza en su domicilio.
- . En países que aumentó el teletrabajo, se precarizó el empleo, se disminuyeron beneficios y prestaciones para el trabajador, aprovechándose de extranjeros indocumentados o trabajadores clandestinos.

## **3. Vigencia. ¿Cuándo Se Comienza A Aplicar La Nueva Ley De Teletrabajo?**

La ley 27555 ha sido publicada en el Boletín Oficial el día 14/8/2020. No obstante, su entrada en vigencia no ocurrió en forma inmediata. El artículo 19 prevé que la normativa comenzará a regir luego de 90 días contados a partir de que se determine la finalización del período de vigencia del “aislamiento social, preventivo y obligatorio”.

La Resolución 54/2021 de fecha 5 de febrero de 2021 del Ministerio del Trabajo Empleo y Seguridad Social de la Nación ha resuelto que el régimen previsto entrará en vigencia a partir del 1 de abril de 2021.

Con esta disposición se unifica la aplicación de la Ley en todo el país en esa fecha, debido el aislamiento social preventivo y obligatorio podía ocurrir en distintos momentos en el país y podíamos caer en el supuesto que frente a la aplicación en distintas ciudades o provincias antes que en otras.

La Ley de Teletrabajo ha sido reglamentada por el Decreto 27/221 sancionado el 20/01/2021.

#### **4 Decreto 27/2021 Reglamentación de la Ley 27555 (B.O. 20/1/21)**

Los puntos centrales de la reglamentación de la Ley que adecua diferentes institutos del trabajo a distancia, como su aplicación, el derecho a la desconexión, reversibilidad, herramientas de trabajo, entre otros. Los que se enuncian a saber:

#### **5 -Aplicabilidad:**

El artículo 2 de la ley de teletrabajo incorpora a la ley de contrato de trabajo (LCT) el artículo 102 bis que, dispone: “Habrá contrato de teletrabajo cuando la realización de actos, ejecución de obras o prestación de servicios, en los términos de los artículos 21 y 22 de esta ley, sea efectuada total o parcialmente en el domicilio de la persona que trabaja, o en lugares distintos al establecimiento o los establecimientos del empleador, mediante la utilización de tecnologías de la información y comunicación”.

La reglamentación aclara que, no serán aplicables cuando la prestación laboral se lleve a cabo en los establecimientos, dependencias o sucursales de las y los clientes a quienes el empleador o la empleadora preste servicios de manera continuada o regular.

Tampoco en los casos “en los cuales la labor se realice en forma esporádica y ocasional en el domicilio de la persona que trabaja, ya sea a pedido de esta o por alguna circunstancia excepcional.”

En tanto, los artículos 2, 3 y 4 vinculados al contrato de teletrabajo, derechos y obligaciones y jornada laboral quedaron sin reglamentar.

#### **6- Derecho a la Desconexión Digital**

El artículo 5 de la ley 27555 introdujo el “derecho a la desconexión digital”, esto es, el derecho que le asiste al teletrabajador a no ser contactado y a desconectarse de los dispositivos digitales, y/o tecnologías de la información y

comunicación, fuera de su jornada laboral y durante los períodos de licencias.

El artículo 5°, referido al derecho a la desconexión digital, precisa que cuando "la actividad de la empresa se realice en diferentes husos horarios o en aquellos casos en que resulte indispensable por alguna razón objetiva, se admitirá la remisión de comunicaciones fuera de la jornada laboral". "En todos los supuestos la persona que trabaja no estará obligada a responder hasta el inicio de su jornada, salvo en casos de peligro o accidente ocurrido o inminente de fuerza mayor, o por exigencias excepcionales de la economía nacional o de la empresa, juzgado su comportamiento en base al criterio de colaboración en el logro de los fines de la misma (conf. Art. 203 LCT).

No obstante, a fin de evitar la desnaturalización de este derecho, convirtiéndola en letra muerta, la reglamentación prohíbe a los empleadores la posibilidad de establecer incentivos condicionados al no ejercicio del derecho a la desconexión.

"Los incrementos vinculados a la retribución de las horas suplementarias no serán considerados incentivos", establece la disposición.

## **7- Tareas De Cuidado**

Continuando con las novedades que la legislación incorpora en el derecho argentino, no podemos dejar de mencionar las llamadas "tareas de cuidados". La norma establece que los teletrabajadores que acrediten tener a su cargo, de manera única o compartida, el cuidado de personas menores de 13 años, personas con discapacidad o adultos mayores que convivan con la persona trabajadora y que requieran asistencia específica, tendrán derecho a horarios compatibles con las tareas de cuidado a su cargo y/o a interrumpir la jornada.

Al respecto, la reglamentación indica que "el trabajador o trabajadora que ejerza el derecho a interrumpir la tarea por razones de cuidado en los términos de la ley deberá

comunicar a la empleadora en forma virtual y con precisión el momento en que comienza la inactividad y cuándo esta finaliza”.

Al igual que la ley, la reglamentación permite a los convenios colectivos regular el ejercicio de este derecho, al disponer que “En los casos en que las tareas de cuidado no permitan cumplir con la jornada legal o convencional vigente se podrá acordar su reducción de acuerdo a las condiciones que se establezcan en la convención colectiva”.

El empleador no solo deberá abstenerse de realizar cualquier acto, conducta, decisión, represalia u obstaculización que lesione estos derechos, sino que la reglamentación le prohíbe, además, establecer incentivos condicionados al no ejercicio del derecho a las tareas de cuidado.

Por último, la reglamentación brinda una importante perspectiva de género que merece destacar, promoviendo la equidad entre géneros y la participación de los varones en las tareas de cuidado.

## **8- Reversibilidad Del Teletrabajo**

Otro de los fuertemente criticados por las entidades que nuclean a los empleadores fue el artículo 8 de la ley 27555, el cual dispone que el consentimiento prestado por la persona que trabaja en una posición presencial para pasar a la modalidad de teletrabajo podrá ser revocado por la misma en cualquier momento de la relación.

En estos supuestos, de acuerdo al texto de la ley, el empleador debía otorgar trabajo presencial bajo apercibimiento de considerarlo como una conducta contraria al deber de ocupación dispuesto por el artículo 78 de la LCT.

Por la parte empresarial, se consideró que la reversibilidad abierta a la voluntad del trabajador atenta contra las facultades de dirección y organización que tiene el empleador (arts. 5, 64, 65 y ss., LCT) e incrementa los costos laborales, al tener que contar con una infraestructura ociosa para dar

cumplimiento a posibles solicitudes por parte de los dependientes.

La reglamentación indica que este derecho deberá ser ejercido conforme al principio de buena fe (arts. 62 y 63, LCT), pero una vez ejercido, el empleador deberá cumplir con su obligación en el menor plazo que permita la situación del o de los establecimientos al momento del pedido. Este plazo, en ningún caso, podrá ser superior a 30 días.

Por otra parte, la reglamentación dispone que, “a los efectos de evaluar la imposibilidad de cumplir con esta obligación se tendrá especialmente en cuenta el tiempo transcurrido desde el momento en que se dispuso el cambio de la modalidad presencial hacia la modalidad de teletrabajo”.

### **9. Carácter No Remunerativo De Los Elementos De Trabajo Y Compensación De Gastos**

En lo que refiere a la entrega de equipamiento (hardware y software), las herramientas de trabajo y el soporte necesario para el desempeño de las tareas, la ley 27555 establece que será deber del empleador, quien, además, deberá asumir los costos de instalación, mantenimiento y reparación de las mismas, o la compensación por la utilización de herramientas propias de la persona que trabaja.

Por otra parte, conforme los términos de la ley, los teletrabajadores también tendrán derecho a la compensación por los mayores gastos en conectividad y/o consumo de servicios que deban afrontar.

La reglamentación, por su parte, establece que la provisión de elementos de trabajo y la compensación de gastos, aun sin comprobantes, no se consideran remuneratorias y, por ende, no integran la base retributiva para el cómputo de ningún rubro emergente del contrato de trabajo, ni contribuciones sindicales o de la seguridad social. Las partes podrán acordar las pautas para su determinación en los casos en los cuales la relación no se encuentre abarcada en el ámbito de aplicación de una convención colectiva.



Esta norma es de gran importancia y podría resultar útil para evitar eventuales litigios innecesarios como los que existen hoy dentro de la justicia del Fuero Laboral.

## **10. Higiene Y Seguridad Laboral**

Sobre este particular, solo podemos mencionar que la Superintendencia de Riesgos de Trabajo (SRT) será la Autoridad de Aplicación encargada de la elaboración de un estudio sobre las condiciones de higiene y seguridad aplicables.

Además, la SRT analizará las enfermedades profesionales que la modalidad de teletrabajo podría ocasionar y su eventual necesidad de incorporarlas al listado previsto por el artículo 6, inciso 2), de la ley 24557.

## **11. Protección De Los Bienes Del Empleador Y De La Información Laboral**

El artículo 15 de la ley 27555 establece que los sistemas de control destinados a la protección de los bienes e informaciones de propiedad del empleador deberán contar con participación sindical, a fin de salvaguardar la intimidad del teletrabajador y la privacidad de su domicilio.

En este punto, la reglamentación indica que la participación sindical tendrá lugar mediante auditorías conjuntas, compuestas por técnicos designados por la asociación sindical y por la empresa, garantizándose la confidencialidad de los procesos y datos, limitada a preservar los derechos establecidos a favor de las personas que trabajan bajo la modalidad prevista por la Ley 27.555.

## **12. Registración de Empleadores**

Conforme el texto de la ley 27555, el Ministerio de Trabajo deberá registrar a las empresas que desarrollen la modalidad de teletrabajo, acreditando el software o plataforma a utilizar y la nómina del personal que desarrolle dichas tareas.

Sobre este tópico, dicha tarea se hará, de acuerdo a la reglamentación, con distintas autoridades administrativas, de

modo tal de mantener la unidad del registro, bajo administración de las distintas jurisdicciones.

Además, los requerimientos de información no alcanzarán a datos propios del giro comercial de la empresa.

Por su parte, las entidades sindicales, dentro de sus ámbitos de representación, recibirán únicamente información correspondiente a la nómina de las personas que desarrollan las tareas, las altas y las bajas.

### **13. Capacitación**

La ley en el art. 11 prevé que el empleador deberá garantizar la correcta capacitación de sus dependientes en nuevas tecnologías, brindando cursos y herramientas de apoyo, tanto en forma virtual como presencial, que permitan una mejor adecuación de las partes a esta modalidad laboral.

No se comprende por qué se establece esta capacitación obligatoria, cuando es el propio empleador el primer interesado en que sus empleados tengan un completo conocimiento para desarrollar eficazmente sus tareas.

Agrega la norma que la capacitación podrá realizarse en forma conjunta con el sindicato y el Ministerio de Trabajo, algo poco probable que suceda.

### **14. Pandemia, Teletrabajo y Riesgos del Trabajo**

Es necesario analizar algunas consideraciones sobre riesgos del trabajo como consecuencia de la emergencia sanitaria causada por la pandemia del coronavirus y la repentina necesidad de traspasar las modalidades de trabajo presenciales al teletrabajo.

En este sentido, la resolución (SRT) 21/2020 dispuso que los empleadores que habiliten a sus trabajadores a realizar teletrabajo en el marco de la emergencia sanitaria deberán informar a la aseguradora de riesgos del trabajo (ART) la nómina de trabajadores afectados (apellido, nombre y CUIL),

domicilio en el que se desempeñará la tarea y frecuencia de la misma (cantidad de días y horas por semana).

Por otra parte, mediante la disposición (SRT-GCP) 2/2020, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo estableció formalidades para que las ART y los empleadores autoasegurados (EA) informen al Registro Nacional de Accidentes Laborales (RENAL) los accidentes acaecidos bajo la modalidad de trabajo remoto o teletrabajo.

Finalmente, corresponde aclarar que no resulta aplicable a las modalidades de teletrabajo producto de la emergencia sanitaria las disposiciones de la resolución (SRT) 1552/2012, que establece las condiciones mínimas de seguridad e higiene para los teletrabajadores.

La ley dispone que los accidentes acaecidos en el lugar, jornada y en ocasión del teletrabajo se presumirán accidentes laborales.

Por otra parte, delega al Ministerio de Trabajo de la Nación el dictado de normas relativas a la seguridad e higiene en el ámbito laboral, agregando que el control estará a cargo de dicha autoridad con “participación sindical y la inclusión en el listado, a las enfermedades profesionales causadas por esta modalidad de prestación de tareas”.

La ley 27555 también delega en la Autoridad de Aplicación la inclusión de enfermedades laborales causadas por este esquema de trabajo, aunque sin establecer plazos o bases de esta delegación. Esta atribución relativa a incorporación de enfermedades profesionales en el listado está regulada por la ley 24557, específicamente en el apartado 3 del artículo 40 a través de un procedimiento específico.

## **Conclusiones**

Hay normas que pueden tener una tendencia de excesiva protección al trabajador, o que favorecen al empleador, que pueden ser criticadas por cuestiones de fondo. Pero, decididamente, estamos ante una norma que fue sancionada en una situación excepcional de carácter universal, en un

estado de fuerza mayor que se presentó, hasta con un apuro injustificado. En estas circunstancias han surgido numerosas reglamentaciones que han sido producto de una situación laboral desconocida para el mundo, y que a través de las mismas se han ido subsanando errores que han seguido siendo legislados a la actualidad.

Esta nueva reglamentación del teletrabajo constituye una sobrerregulación irrazonable, cuyos efectos se van a traducir en una desincentivación de utilizar esta herramienta y en un muy probable crecimiento de controversias. El teletrabajo es una modalidad de prestación de tareas del contrato de trabajo que ya tiene regulación legal.

Es de destacar que son opinables la forma en que ha sido redactada, el derecho a desconexión y la distinción que realiza para trabajadores/as con menores, adultos o incapaces a cargo, generando en este punto una discriminación inversa.

Tampoco es feliz la norma en cuanto establece un derecho irrestricto y unilateral a la reversibilidad, acompañado por una eventual acción por el restablecimiento de las condiciones anteriores, afectando gravemente la facultad de organización del empleador.

Hace muchos años viene desarrollándose este modo de trabajo en muchas empresas, organizaciones sin índices significativos de controversia, lo que indica cierto funcionamiento satisfactorio. Imponer este cuestionable marco regulatorio será un desafío cuyos beneficios se palparán en el transcurso del tiempo.

Cualquier regulación debería apuntar a mantener la igualdad del teletrabajador con trabajadores presenciales y no generar distinciones injustificadas. Solo deberían regularse principios básicos como el de igualdad, el carácter voluntario, la protección de datos personales, y el derecho a la intimidad y a la desconexión.

Entendemos que, en la pospandemia se va a plantear una permanencia o quizás de forma intermitente del teletrabajo o

de manera habitual, considerando las ventajas que tiene esta modalidad de cumplimiento de las tareas en el universo laboral.

## Referencias

Ley 27555 publicada en el B.O. el 14/8/2020.

BOTTOS, Adriana “*Teletrabajo: descripción y análisis d su presente y sugerencias para la normativa*”, Bviblioteca y Centro de Documentación UNTREF, Hemeroteca Digital.

CELI, Leticia “*Ley de Teletrabajo, vigencia y derechos sindicales*” Rubenzal Culzoni, Boletín Diario on line 25-09-2020

Decreto 27/2021, Reglamentación de la Ley 27555, Buenos Aires 19/01/2021

GODOY LEMOS Sebastián, SALAS Ana María, *Régimen Legal del Contrato de Teletrabajo, Ley 27555-Decreto Reglamentario 27/2021*.Ed ASC.Mendoza, 2021

Manual de Buenas Prácticas de Salud y Seguridad en Teletrabajo, página web del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (<http://www.trabajo.gob.ar>).

MAZA, Miguel Angel (2020) *Accidentes de trabajo y Teletrabajo-Una norma sin sentido en la Ley 27555*, en Rubinzal Culzoni.

Resolución 54/2021 de fecha 3/2/2021 del Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social, Buenos Aires.

VALLE, María Angeles (2020). “*La relación de dependencia y las nuevas formas de trabajar y contratar*” Revista de Derecho Laboral, Rubinzal Culzoni.

\* \* \*



## 24

### Una aproximación al análisis del fenómeno conflictual

*Bruno Damián Difonso Cornejo*

**Resumen:** La temática del presente trabajo se centra en el conflicto, tratando de llevar a cabo un análisis del fenómeno conflictual con especial énfasis en su nota universal y al género al cual pertenece: la relación social. Se intentará mostrar su relevancia en el Derecho y su reciente interés en su estudio, análisis y sistematización a los efectos de que pueda llegar a ser comprendido globalmente. Se abarcará la génesis del mismo como así también el contexto argentino en el cual se está desarrollando, la crisis judicial y la excesiva utilización del método judicial para intentar resolver conflictos, haciendo notar su carácter violento. Asimismo, se visualizará una faz positiva del conflicto, sus causas y origen. Un modo de aproximarse a él como herramienta y medio hacia distintas metas, utilizando caminos a los cuales los operadores del Derecho no estamos acostumbrados. Se procederá a demostrar la posibilidad de estudio del conflicto como un todo, tratando de representar los distintos avances y retrocesos que ha experimentado como objeto de estudio.

**Palabras claves:** conflicto, métodos alternativos de resolución de conflictos.

#### **El Fenómeno Conflictual** (1)

##### **La norma de clausura como origen del problema.**

Hay un común denominador en muchas universidades de generar en el alumnado, futuros operadores del Derecho, la conciencia de que la Teoría Pura del Derecho es de aplicación universal irrestricta, es decir, a todas las conductas, pues según esta teoría, las conductas pueden ser prohibidas o permitidas, y a todas ellas, sin excepción, les cabe la misma regla sistémica. El principio kelseniano de clausura ha sido reverenciado por juristas y abogados a punto tal de llegar a

cometer errores conceptuales de notable profundidad sin tener noción de ello.

Según la norma de clausura, todo lo que no está prohibido está permitido. Entonces parece que el sistema jurídico tiene aptitud para abarcar todo tipo de conductas, sean prohibidas o permitidas, y es capacitante de jueces y abogados para conocer todos los enfrentamientos posibles. Sin embargo, no es lo mismo cuando una de las personas de la relación comete una conducta prohibida y la otra reclama ante el juez, a cuando ninguna de las personas cometen conductas prohibidas y reclaman al juez una solución a su conflicto. Un ejemplo del primer caso puede ser un robo, donde la víctima reclama al juez la reparación o indemnización del daño ocasionado por el ladrón. El segundo caso tiene como ejemplo al socio minoritario que le reclama al juez para que interceda ante el socio mayoritario para que estudie planes, proyectos y nuevas actividades que pueden llegar a mejorar la rentabilidad de la empresa.

La crisis judicial argentina y la cultura del litigio. Todo ello hace necesario reflexionar sobre la crisis judicial argentina, la cual puede resumirse, según Caivano, Gobbi y Padilla, en dos cuestiones: la saturación de los tribunales de justicia, y la insatisfacción de los intereses de las partes, que se ven reflejados en los bajos niveles de confianza en la justicia.(2)

Es lo que Elena Highton y Gladys Álvarez denominan “la cultura del litigio”. El sistema jurídico, especialmente en su faz judicial, tiene un objetivo abstracto como es el de “descubrir la verdad”; con lo que no siempre se soluciona el problema, menos aún en forma rápida y económica, como le es necesario para el hombre común, quien desea dejar el conflicto en el pasado, finiquitar el problema para continuar con su vida.(3)

Los tribunales necesariamente utilizan un método adversarial de adjudicación, de modo tal que una vez que el pleito se ha desarrollado entre las partes, las que han ofrecido y producido prueba o arrimado los elementos para que, de oficio o a impulso de parte (dependiendo del fuero), ésta se produzca, y



posteriormente un tercero neutral (el juez, en Argentina) resuelve la controversia.

Aparece, en consecuencia, la grave y real necesidad de encontrar otros métodos (especialmente no adversariales) de solución de las controversias.

Un sistema de resolución de conflictos será eficiente cuando cuenta con numerosas instituciones y procedimientos que permiten prevenir las controversias y resolverlas, en su mayor parte, con el menor costo posible, sobre la base del principio de subsidiariedad que se expresa así: “las cuestiones deberán ser tratadas al más bajo nivel en la mayor medida posible, en forma descentralizada; al más alto nivel sólo se tratarán los conflictos en que ello sea absolutamente necesario”.(4)

Debe entenderse como “alto nivel” al sistema judicial. Los tribunales no deben ser el lugar donde la resolución de disputas comienza. Ellos deben recibir el conflicto después de haberse intentado otros métodos de resolución, salvo que, por la índole del tema, por las partes involucradas o por otras razones el tratamiento subsidiario no sea aconsejable. Visión positiva del conflicto.

Siempre han existido conflictos, es parte del ser humano generarlos, pero ahora bien, también debemos saber cómo enfrentarlos en forma adecuada y eficiente. No todo conflicto implica disputa de poder, ni es necesario asociar a los conflictos a la violencia, tampoco es necesaria la comisión de un ilícito para que exista conflicto. Tradicionalmente se lo ha percibido como algo negativo porque se lo identificaba con la guerra, la violencia, la muerte y con el dolor. En fin, con una situación, de combate donde uno gana y el otro pierde. Pero, actualmente podemos advertir que en la mayoría de los casos no se dan estas situaciones a la hora de tratar conflictos.

Alejado de estas vinculaciones vulgares entre conflicto y violencia, algunos ven al conflicto como un “camino hacia la paz”, puesto que el conflicto correctamente administrado tiene el poder para sanar relaciones humanas.(5)

## **La Teoría Del Conflicto (6)**

Hace más de cincuenta años que en diversas áreas del conocimiento se desarrollan investigaciones y se generan técnicas para reducir a su mínima expresión el uso de la violencia en la resolución de conflictos internacionales. Pero muy poco se ha hecho en igual dirección para convertir en más pacífica la vida social en el interior de los Estados. Aun los países más desarrollados siguen haciendo del Derecho una ingeniería social que sobreestiman, porque sus científicos no se han detenido en la constatación de que el método jurídico es una técnica de prevención y resolución de conflictos que recurre a la violencia.

Las sociedades modernas prohíben el uso de la violencia a sus integrantes pero los facultan a solicitar a los jueces su aplicación. Esto ya ha sido descrito por Weber y Kelsen quienes ven al Derecho como un monopolio de la violencia en manos de la comunidad que delega su administración y ejercicio en los jueces, porque constituyen una clase experta, dentro de la división del trabajo social, en la que la comunidad organizada confía para garantizar que no haya uso arbitrario de la fuerza.(7)

En su libro Teoría de Conflictos, Entelman trata de poner de manifiesto dos fenómenos. El primero tiene que ver con la existencia de conflictos entre pretensiones antagónicas e incompatibles, en aquellas situaciones en que el Derecho declara permitidas a ambas. Tales enfrentamientos han sido ignorados por la Ciencia del Derecho y por los operadores del Derecho. El segundo está vinculado con el carácter violento del método judicial y la necesidad de reducir su uso al mínimo indispensable mediante la utilización de nuevas técnicas, producto de los nuevos descubrimientos sobre el fenómeno del conflicto.

La visión de Entelman apunta a una sociedad estatal más pacífica, donde la regla no sea el proceso judicial que. Esto no implica postular una sociedad sin jueces.

Siguiendo este orden de ideas, es inevitable que las controversias culminen en un esquema de ganador – perdedor, o peor aún, perdedor – perdedor, puesto que si no se estudia en detalle el conflicto advirtiendo sus particularidades, aplicando un sistema judicial adversarial en forma irrestricta para todas y cada una de las controversias, ni la mejor sentencia va a poder beneficiar al ganador de la contienda, ya que es muy probable que la misma haya llegado tarde y también le haya resultado tremendamente onerosa.

### **Método**

Julien Freund, el padre indiscutido de la Polemología, trata de poner al lector en presencia del objeto "conflicto" a través del concepto de "relación social". Recurre así a la antigua técnica pedagógica de las ciencias naturales que definen sus objetos por referencia al género próximo y a la diferencia específica.

Pero cabe realizar ciertas diferenciaciones. Los objetos de conocimiento en las ciencias naturales son más fáciles de mostrar y estudiar: una planta, un mineral. Sin embargo, en las ciencias sociales, el acceso gnoseológico es más complejo, por el carácter cultural de sus objetos. Ni el orden jurídico ni el conflicto son objetos que pueden verse con los ojos de la cara.(8)

El éxito de Freund consiste entonces en simplificar la tarea de acceso al objeto de estudio (el conflicto) pensándolo como parte integrante de una clase que forma parte de un género más extenso ya conocido (la relación social).

La versión de la "relación social" como género superior que subsume la especie "conflicto" aparece así como un acierto metodológico de Freund.(9)

Freund presenta al conflicto como una relación social, entendiéndola como el comportamiento recíproco de dos o más individuos que orientan, comprenden y resuelven sus conductas teniendo en cuenta las de los otros, con lo que dan sentido a sus actos, siguiendo las enseñanzas de Max Weber. A diferencia de otros autores que ven al conflicto como una patología del tejido social, algo anormal y destinado a

desaparecer; Freund normaliza la forma de mostrar el conflicto, al ser parte de las relaciones sociales.(10)

En las relaciones sociales no sólo se realizan conductas recíprocas donde de alguna manera se tienen en cuenta a los otros miembros, sino también se ejecutan conductas independientes, que son concebidas y resueltas sin tomar en cuenta las conductas de los demás. Estas últimas conductas no definen la existencia de la relación social. La relación social es el género próximo, y dentro de él se puede distinguir por su diferencia específica que es la relación social conflictiva.

### **Qué se entiende por conflicto (11)**

De acuerdo al vocabulario, el término “conflicto” significa “pelea, batalla o lucha”, es decir, una confrontación física entre las partes. Pero el significado se ha extendido para incluir “un desacuerdo agudo u oposición de intereses, ideas, etcétera”.

Por ello, cabe adoptar un significado restrictivo, incluyendo bajo el concepto de “conflicto” a “una relación entre partes en la que ambas procuran la obtención de objetivos que son, pueden ser, o parecen ser para alguna de ellas, incompatibles” o, con un criterio más estricto aún, “una percibida divergencia de interés” o una “creencia de que las aspiraciones corrientes de las partes no pueden lograrse simultáneamente”.

Según Deustch un acto incompatible con otro se opone, se interpone o afecta, o de algún modo, hacer que el primero sea menos probable o menos eficaz. (12)

La noción de conflicto de Robbins no es fotográfica sino más dinámica, puesto que lo define como “el proceso que comienza cuando una parte percibe, que otra parte la ha afectado en forma negativa, en algo que la primera parte estima”. (13)

## **El origen del conflicto.**

Para el tratamiento de la génesis del conflicto me basaré en las lecciones de cátedra del Dr. Efraín Quevedo Mendoza dadas durante mis estudios de abogacía en la Facultad de Derecho de la UNCuyo.

El Dr. Quevedo Mendoza enseñaba que el fenómeno básico del Derecho es el conflicto de intereses. El conflicto de intereses es, de algún modo, la causa del Derecho. Cuando el Derecho se propone resolver conflictos lo hace para lograr la paz social y evitar que la sociedad sea un caos. Continuaba diciendo que para entender lo que es un conflicto de intereses primero hay que comprender lo que significa interés. Lo definía como aquella posición que se adopta frente a ciertos bienes que son los medios para la satisfacción de las necesidades.

Los intereses pueden entrar en conflicto entre sí: tengo la necesidad de alimentarme y también la de descansar. Para alimentarme debo trabajar, entonces ¿trabajo o descanso? Este conflicto de intereses lo resolverá el propio sujeto quien decidirá cuál es el interés que hará prevalecer. Mayor complejidad se da, enseñaba el catedrático, cuando el conflicto de intereses es entre dos o más personas en cuyo caso se dice que es un conflicto intersubjetivo de intereses.

En este caso el conflicto de intereses aparece cuando la posición favorable a la satisfacción de una necesidad se opone a la de otro sujeto. Hay una sola ración de comida y dos son las personas hambrientas, ejemplificaba Quevedo Mendoza.

El conflicto de intereses se compone por normas de derecho material que establecen cuál de estos intereses en conflicto debe predominar y cuál interés se debe subordinar. “¿Cómo se logra subordinar un interés a otro?”, preguntaba en clase este profesor, a lo que respondía: “con la figura de la relación jurídica”. Un conflicto de intereses compuesto por una norma jurídica se llama relación jurídica en donde un interés aparece predominante a través de la atribución a la voluntad del sujeto

del interés de un poder para hacer prevalecer su interés que puede o no ser un derecho subjetivo, al cual se subordina el otro interés a través de la obligación.

Pero puede ocurrir que aun así el conflicto no se solucione, es decir, que a pesar de que la norma jurídica dictada por el Estado confiere una situación de predominio en favor de uno de los intereses (faz axiológica del fenómeno conflictual), los sujetos de estos intereses no adecuen su conducta a esta manera de componer los intereses que establece la norma, y que el titular del interés subordinado se niegue a subordinar su interés al predominante.

Entonces en este punto nos encontramos con algo más que un simple conflicto de intereses. Cuando los sujetos se adaptan a la norma, el Derecho logra su cometido. Si el vendedor entrega la cosa y el comprador paga el precio, el conflicto que pueda haber entre esos intereses desaparece por imperio de la norma.

Ahora, si el vendedor no entrega la cosa o el comprador no paga el precio, la norma jurídica fracasa y no habrá una composición del conflicto. Ante el fracaso de la norma jurídica se hace menester la presencia de un mecanismo para mantener la paz social y solucionar el conflicto. En este caso el Derecho prevé que sea un órgano del Estado (el juez) el que intervenga para componer este conflicto de voluntades e intereses, pues ahora no sólo se contraponen intereses sino también voluntades. Hay una voluntad que niega a someterse y resiste la satisfacción del interés predominante. Aparece el fenómeno denominado litigio que es un conflicto de intereses calificado.

La conducta humana y la relación social. Las conductas humanas pueden ser independientes, es decir, que no tienen en cuenta las conductas de los demás, o pueden ser recíprocas, las cuales van a definir e integrar una relación social, y son las que nos interesan para el objeto de estudio que se ha planteado.

La relación social puede ser clasificada de diversas maneras, según en qué punto de la misma se haga hincapié. Si se concentra en los objetivos que las partes persiguen con esas conductas recíprocas habrá dos posibilidades, que los objetivos sean compatibles o incompatibles; en el primer de los casos se hable de conductas cooperativas o coincidentes, mientras que en el segundo supuesto serán conductas conflictivas. Teniendo en cuenta estas aclaraciones y clasificaciones puede definirse al conflicto como una especie de relación social en que hay objetivos de distintos miembros de la relación que son incompatibles entre sí.<sup>(14)</sup>

Existe otra clasificación que distingue entre conductas permitidas y conductas prohibidas. En este tipo de conductas juega un rol clave el sistema jurídico, entendiéndolo a éste como una técnica de motivación social, que retiene y administra centralizadamente el monopolio de la fuerza en la sociedad estatal, excluyendo a sus miembros del uso privado de la fuerza.

Las conductas prohibidas o sancionadas son definidas como aquellas que constituyen el hecho antecedente de la sanción en una norma. Matar al prójimo, en ciertas circunstancias, es una conducta jurídicamente prohibida si, y sólo si, en una norma del sistema una sanción está prevista como consecuencia de esa conducta.

En este sistema actúa el Derecho, esto es, un sistema de normas que cumple una doble función: por un lado, pretende disuadir conductas que son declaradas prohibidas, y por otro lado brinda apoyo a las partes para resolver conflictos. Ante una situación conflictiva, nos presentamos ante un juez, que dentro del sistema es el encargado de administrar justicia, valorar la prueba ofrecida por las partes, y decidir quién tiene razón y cómo resuelve el conflicto dentro del marco normativo vigente.

Lo que realiza el juez en este sistema es adjudicar el derecho. El juez dice el Derecho en un litigio concreto (*ius dicere*), ésta es su *iusdictio*.

## **El amplio universo de lo permitido.**

Ahora bien, esta forma de resolver los conflictos no se encuentra disponible para todas las situaciones posibles, ya que el Derecho y el sistema jurídico entran en acción solamente, y excluyentemente, en aquellas situaciones que el sistema tiene previsto en sus normas. El juez sólo puede aplicar sanciones a los efectos de resolver un conflicto cuando exista una conducta prohibida.

En los casos en que la conducta se encuentra en el inventario normativo, es decir, está tipificada, no hay inconvenientes, ya que si la misma está prevista, alguien tiene un derecho y otro está obligado. Si una parte es titular de una deuda, está obligado a pagar, y consecuentemente, otra parte tiene el derecho de cobrar.

Entelman en su obra “Derecho y Conflicto” dice que los juristas y los operadores del Derecho se han desentendido de la problemática del conflicto en términos generales. Para los juristas, la explicación de este fenómeno está dada por la teoría general de su ciencia. A partir de aceptar el Principio o Norma de Clausura, se reconoce al sistema jurídico como un sistema de normas cerrado, que pretende resolver todos los enfrentamientos posibles.

Como dijimos anteriormente, este sistema prevé sanciones para quienes cometan conductas prohibidas. Ahora bien, todas las conductas que no están prohibidas son permitidas, a las que también se alude como conductas que alguien tiene derecho a realizar, en el sólo sentido de que no le está prohibido hacerlo.

Dentro del universo de las conductas permitidas se encuentran las conductas obligatorias y las conductas no obligatorias (o meramente permitidas). Las obligatorias pueden ser definidas como el opuesto lógico a las prohibidas. Desde estos primeros conceptos, el sistema permite definir otros de función clasificatoria y demarcar otras categorías de conductas, como derecho en sentido amplio (sinónimo de conducta meramente no prohibida), y derecho en el sentido



de correlato de la obligación de otro, con sus especificaciones destinadas a crear la categoría de derecho subjetivo. O mejor, las diversas categorías a que se refieren las diversas connotaciones de la expresión derecho subjetivo. Resulta así que la expresión derecho es polivalente. (15)

El campo de lo prohibido es finito y mucho más restringido que el campo de lo permitido que es infinito, puesto que existen innumerables conflictos que el Derecho desdeña porque se dan entre pretensiones incompatibles entre sí, pero son igualmente permitidas, careciendo de una respuesta por parte del sistema jurídico.

El conflicto es una relación que también se da en la órbita en que pretensiones no prohibidas confrontan con otras no compatibles con ellas pero igualmente no prohibidas. Estas son situaciones que si no se resuelven, van incrementando la conflictividad y producen lo que se conoce como escalada del conflicto.

Cuando tales situaciones ocurren, se hace patente que el método jurídico de resolución de conflictos no es aplicable a aquellos que se dan en el área de las confrontaciones permitidas. El observador toma así conciencia de que se enfrenta, pues, con una nueva región ontológica, la que genera una nueva disciplina científica. (16)

Siguiendo este orden de ideas, y restringiendo el análisis a lo meramente numérico, podemos confirmar que la mayor cantidad de enfrentamientos se ubican dentro del universo de las conductas meramente permitidas, puesto que la gran mayoría de los casos las conductas obligatorias se cumplen y las conductas prohibidas se evaden.

La relación de validez y vigencia del derecho ha sido analizada con detenimiento por filósofos del derecho de la talla de Kelsen (1986), Hart (1992) y Ross (1977). (17)

Estas situaciones no resueltas por el Derecho, que entran dentro del campo de lo permitido versus permitido, es en donde tienen un protagonismo fundamental los medios de resolución alternativos de conflictos.

Cabe destacar que estos mecanismos de resolución alternativos de conflictos también permiten resolver conflictos que se plantean entre conductas prohibidas, en la medida que las mismas no afecten el orden público.

## **Conclusión**

De la lectura de estas páginas podemos llegar a advertir la larga evolución en las ideas que ha existido respecto del fenómeno conflictual y de la necesidad de entenderlo de una manera mucho más global.

Asimismo, poco a poco, los operadores del Derecho al ir teorizando sobre el conflicto en sí, van abriendo camino a nociones más inclusivas en torno a la resolución de conflictos, dejando que participen otras técnicas no adversariales a la hora de finiquitar controversias.

Esto permitirá un mejor desenvolvimiento del sistema judicial y una mayor participación ciudadana en el concepto amplio de Justicia.

## **Notas**

- (1) Entelman, Remo. Teoría de Conflictos, 2002, Barcelona, Gedisa.
- (2) Caivano, Roque, Gobbi, Marcelo, Padilla, Roberto: Negociación y Mediación, Instrumentos Apropriados para la Abogacía Moderna, 1997, Buenos Aires, Ad Hoc.
- (3) Highton, Elena; Álvarez, Gladys: Mediación para resolver conflictos, 1995, Buenos Aires, Editorial Ad Hoc.
- (4) Ury, William L. Director Asociado del Programa de Negociación de la Facultad de Derecho de Harvard, según pensamiento expresado en la 20° Conferencia Anual de la Sociedad de Profesionales en Resolución de Disputas, Pittsburgo, EEUU, octubre de 1992. URY, William L. "El arte de negociar", en Revista Libra, n° 2, pp. 17/19.
- (5) Centro Interdisciplinario de Mediación (INTERMED). Área Docente Curso de Mediación Entrenamiento Teórico – Práctico, 2001, Santa Fe.
- (6) Hizo esta clasificación Entelman, Remo F., durante su disertación en el Primer Encuentro Interamericano sobre Resolución Alternativa de Disputas, Buenos Aires, noviembre de 1993.

- (7) Entelman, Remo. *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, Gedisa.
- (8) Entelman, Remo. *Derecho y Conflicto*, Corresponde a la exposición titulada "Teoría del Conflicto y Derecho". (Comisión 11.3) Propiedad intelectual depositada. Publicación autorizada en los Anales del Congreso Internacional sobre Derechos y Garantías Constitucionales en el siglo XXI, organizado por la Asociación de Abogados de Buenos Aires.
- (9) Entelman, Remo. *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, Gedisa.
- (10) Entelman, Remo. *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, Gedisa.
- (11) Highton, Elena; Álvarez, Gladys. Mediación para resolver conflictos; Pruitt, Dean G., Rubin, Jeffrey Z.: *Social Conflict*, Nueva York, 1986, pp. 4/5 y 187; Entelman, Remo F.: Carrera de Post-grado de asesoría jurídica de empresas (año 1991), papel de trabajo n° 1; Kolb, Déborah M., y Bartunek Jean M.: *Hidden conflict in organizations*, California, EE.UU., 1992, p. 33.
- (12) Deutsh, M.: *The resolution of conflict*, 1973, New Haven, Connecticut, Yale University Press.
- (13) Robbins, S.: *Comportamiento Organizacional*, 1996, México, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S. A., pág. 505.
- (14) Entelman, Remo. *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, Gedisa.
- (15) Entelman, Remo: "El Problema de la Clasificación en la Ciencia del Derecho" en *El Lenguaje del Derecho. Homenaje a Genaro R. Carrió*, 1983, Buenos Aires, Editorial Abeledo Perrot, pág. 109.
- (16) Entelman, Remo, *Derecho y Conflicto*, en "Derechos y Garantías en el Siglo XXI", Directores: Aída Kemelmajer de Carlucci y Roberto M. López Cabana, 1999, Editorial Rubinzal – Culzoni.
- (17) Entelman, Remo. *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, Gedisa.

## Referencias:

- Caivano, Roque; Gobbi, Marcelo; Padilla, Roberto: *Negociación y Mediación, Instrumentos Apropriados para la Abogacía Moderna*, año 1997, Buenos Aires, Editorial Ad Hoc S.R.L. Centro Interdisciplinario de Mediación (INTERMED). Área Docente Curso de Mediación Entrenamiento Teórico – Práctico, año 2001, Santa Fe.
- Deutsh, M.: *The resolution of conflict*, 1973, New Haven, Connecticut, Yale University Press.

- Entelman, Remo: *Teoría de Conflictos*, 2002, Barcelona, GEDISA.
- Entelman, Remo: *Derecho y Conflicto*, Corresponde a la exposición titulada "Teoría del Conflicto y Derecho". (Comisión 11.3) Propiedad intelectual depositada. Publicación autorizada en los Anales del Congreso Internacional sobre Derechos y Garantías Constitucionales en el siglo XXI, organizado por la Asociación de Abogados de Buenos Aires.
- Entelman, Remo: El Problema de la Clasificación en la Ciencia del Derecho en "*El Lenguaje del Derecho. Homenaje a Genaro R. Carrió*", año 1983, Buenos Aires, Editorial Abeledo Perrot.
- Entelman, Remo, Derecho y Conflicto, en "*Derechos y Garantías en el Siglo XXI*", Directores: Aída Kemelmajer de Carlucci y Roberto M. López Cabana, año 1999, Buenos Aires, Editorial Rubinzal – Culzoni.
- Entelman, Remo F.: Carrera de Post-grado de asesoría jurídica de empresas, año 1991, papel de trabajo n° 1.
- Highton, Elena; Álvarez, Gladys: *Mediación para resolver conflictos*, año 1995, Buenos Aires, Editorial Ad – Hoc.
- Kolb, Déborah M., y Bartunek Jean M.: *Hidden conflict in organizations*, California, EE.UU., 1992.
- Pruitt, Dean y RUBIN, Jeffrey Z.: *Social conflict*, Nueva York, 1986.
- Robbins, S.: *Comportamiento Organizacional*, año 1996, México, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana.
- Ury, William L. Director Asociado del Programa de Negociación de la Facultad de Derecho de Harvard, según pensamiento expresado en la "20° Conferencia Anual de la Sociedad de Profesionales en Resolución de Disputas", Pittsburg, EEUU, octubre de 1992.

\* \* \*

## 25

### El Principio Protectorio a la Luz del Derecho de Consumo

María Carla Mouliné

**Resumen:** El propósito de este trabajo es indagar acerca de uno de los principios fundamentales del derecho del consumo; “*el principio protectorio o tuitivo*”. Se analizarán sus implicancias, principalmente desde la perspectiva de consumidores y usuarios, entendiendo como tales a “*las personas físicas o jurídicas que adquieren o utilizan, en forma gratuita u onerosa, bienes o servicios como destinatarios finales, en beneficio propio o de su grupo familiar o social*”. Posteriormente, se fundamentará desde el punto de vista normativo (Ley 24.2240 y CCyCN), y constitucional. Desde este último, la incorporación del artículo 42 de la CN de 1994 implicó un verdadero avance en la tutela de esta fracción de nuestra comunidad. Si bien con anterioridad a la reforma se comenzó con la construcción de un sistema protectorio de los derechos de usuarios y consumidores, no fue sino hasta la consagración constitucional que se lo comenzó a concebir como un microsistema con principios y normativa autónoma de fuente y raigambre constitucional. Este microsistema tiene, no sólo sus propias normas de interpretación, prelación y sanciones en caso de violación de los derechos consagrados, sino que además perfiló desde la Ley 24.240 y normas procesales en cada provincia, un proceso con reglas específicas y principios propios, para su protección. El principio protectorio o tuitivo importa el abandono del principio de la igualdad formal ante la ley para proteger a la parte más débil, comprende asimismo otros principios fundamentales, como el in dubio pro consumidor, el de la norma más favorable en caso de duda, principio de irrenunciabilidad, operatividad de las normas legales y constitucionales, la buena fe, entre otros. La finalidad del presente trabajo es dar a conocer a la sociedad, las perspectivas e implicancias de este principio, a fin de contribuir en la protección de sus derechos evitando abusos como potenciales sujetos vulnerables de las llamadas “relaciones de consumo”.

**Palabras claves:** consumidor, usuario, protección, consumo, principios.

## **Consideraciones preliminares: el sistema de principios en el derecho del consumidor**

El derecho del consumidor se erige como un sistema de normas principiológicas de fuente constitucional, con carácter esencialmente protectorio de la parte más débil y vulnerable: *los consumidores y usuarios*.

Los principios contemplan una serie indefinida de situaciones, constituyendo líneas directrices que informan algunas normas e inspiran, directa o indirectamente una serie de soluciones que pueden servir para promover y encauzar la aprobación de nuevas normas, orientar la interpretación de las existentes y resolver los casos previstos. Asimismo cumplen un papel fundamental para asegurar la autonomía de la disciplina y tienen, por tanto, carácter normativo. Su imperatividad no depende de lo que establezcan las reglas de derecho positivo, sino que constituyen el armazón de la disciplina, pudiendo ser utilizados por los jueces para desactivar aquellas reglas de derecho positivo, que en apariencia contradigan la finalidad protectoria del derecho del consumidor. En este sentido el nuevo Código Civil y Comercial ha consagrado expresamente como fuente interpretativa del derecho los principios y los valores jurídicos; es decir, no sólo los principios generales del derecho, sino también los principios propios de cada "sección" del ordenamiento jurídico.

El principio protectorio es uno de los principios fundamentales del Derecho del Consumidor. Tiene su razón de ser en la situación de debilidad y vulnerabilidad estructural en la cual se encuentran situados los consumidores en la "sociedad de consumo". Encuentra su anclaje constitucional en el art. 42 de la Ley Fundamental, por tanto, trasciende lo estrictamente jurídico, erigiéndose también como faro para el diseño e implementación de políticas públicas.

El CCyCN lo ha recepcionado expresamente en su art. 1094, al establecer, no sólo como criterio de interpretación sino también de aplicación al derecho del consumidor, por lo que de esta manera se va fortaleciendo y consolidando.

Para su aplicación, se suele expresar en tres formas: a) regla in dubio pro consumidor; b) regla de la norma más favorable; y c) regla de la condición más beneficiosa. En su contenido, la regla in dubio pro consumidor determina que cuando una norma, general o particular, puede llevar a dos o más posibles interpretaciones, el intérprete debe privilegiar aquella fuese más favorable al consumidor en el caso concreto.

La regla de la normas más favorable establece que en caso de haya más de una norma aplicable a una situación jurídica, se opte por aquella que sea más favorable para el consumidor, sin importar su jerarquía, generalidad o especialidad, orden temporal o clasificaciones de otro tipo.

Por último, el principio protectorio se ve reflejado también en la regla de la condición más beneficiosa. Dicha regla prescribe que la aplicación de una nueva norma nunca debe servir para disminuir las condiciones más favorables en que pudiera hallarse un consumidor. Esta regla supone la existencia de una situación más beneficiosa anterior, concreta y determinada, que debe ser respetada en la medida que sea más favorable. Por tanto, si una situación anterior es más beneficiosa para el consumidor se la debe respetar, esto es, toda modificación normativa, general o particular, debe ser para ampliar y no para disminuir derechos.<sup>(1)</sup>

### **Introducción a la problemática del derecho del usuario y del consumidor**

El derecho de usuarios y consumidores, en pleno desarrollo en la actualidad, constituye una nueva disciplina que involucra a consumidores de bienes y usuarios de servicios y sus respectivos proveedores, interrelacionados en múltiples situaciones jurídicas que, en nuestra normativa, se la denomina como “relación de consumo” (*Art. 42 CN*).

La nueva disciplina carece de historia orgánica y jurídica relevante. No hay antecedentes en el Derecho Romano, salvo un rastro incidental en la regla “*caveat emptor*” (comprador, cuidado!), según la cual se interpretaba que era el comprador quien debía desconfiar y prevenirse de algún vicio de la cosa

para no tener que soportar las consecuencias de una adquisición defectuosa.

Hasta el siglo XIX, el hombre se valía del transporte por animales, y los productos respondían en gran medida a la elaboración artesanal. Con el tiempo, el avance impetuoso del siglo XX demostró la incidencia de la modernización en la elaboración de productos, ya no se hacían por encargo sino en serie.

Con la aparición de la sociedad moderna e industrial, las producciones en masa y los servicios para las actividades de nuestras vidas, se comenzó a hablar de “*sociedad de consumo*” comenzando a tomar forma una nueva disciplina. La modernidad, impuso, necesariamente el “mercado” como superador de aquella época en la que generalmente se consumía lo que se producía.

Es a partir de la primera revolución industrial cuando se aprecia claramente la separación entre producción y consumo evidenciando la existencia de la llamada sociedad de masas. Mercados de grandes dimensiones por el número de sus operaciones, de los bienes económicos objeto de las transferencias y de los operadores que actúan en ellos, hace que el consumo requiera tratamientos jurídicos propios con la incorporación de normas específicas, principalmente de Derecho Público Estatal, como las normas constitucionales, administrativas, procesales, etc.

Esta “*multidisciplina*” ha nacido, como se puede observar, de hecho, sin desarrollo previo, a la par del desarrollo de la fabricación de productos en serie y la constante aparición de distintos servicios. A aún, más allá de la persona individual, al abarcar derechos de incidencia colectiva, extendiéndose en todos los ámbitos jurídicos, políticos y sociales.(2)

### **El sistema de protección de usuarios y consumidores**

La protección es la actividad que debe desplegar el Estado para evitar que los consumidores (efectivos o potenciales) sean víctimas de actividades desleales o ilícitas, de los prestadores de servicios y productores, que ejercerá aunque



el afectado no lo solicite. Esta protección se proyecta a través de los organismos administrativos del Estado que deben exigir el cumplimiento de las disposiciones tendientes a proteger a las personas en general, y a los consumidores en particular, y alcanza a los intereses individuales y también a los difusos o colectivos.

El derecho del consumidor es un sistema global de normas, principios e instituciones que procuran al consumidor una posición de equilibrio frente a los proveedores de bienes y servicios. En un extremo de la cadena de comercialización encontramos a la masa de consumidores y en el otro extremo de la relación están los proveedores: productores, importadores, vendedores, distribuidores, comercializadores, elaboradores, etc.

Estamos frente a un derecho protectorio, de carácter tuitivo, destinado a amparar a la parte más débil de la relación de consumo, debilidad que se patentiza frente al conocimiento que tiene el proveedor de su producto, por haberlo desarrollado y por su profesionalidad. Conocimiento del que carece el consumidor y el usuario.

La doctrina propugna la aplicación de esta legislación, aún cuando la parte débil no sea propiamente un consumidor y ante circunstancias que permitan advertir una evidente situación de desequilibrio o falta de equidad en la relación comercial y en el contenido de la contratación, como consecuencia de la posición dominante en el mercado de la otra parte (situación del llamado “consumidor empresario”).

En nuestro país, la protección del consumidor se desarrolló a través de disposiciones dispersas incluidas en la Ley de Defensa de la Competencia n° 22.262, la Ley de Lealtad Comercial 22.802, la Ley de Metrología Legal n° 19.511, el Código Alimentario Argentino Ley n° 18.284 y otras normas especiales de protección. Como se puede observar, la protección se hacía de forma indirecta.

Finalmente, la concreción de un sistema de defensa del consumidor ocurrió el 22 de septiembre de 1993, con la

sanción de la Ley 24.240 de Defensa del Consumidor. Asimismo, en el año 1994, con la Reforma Constitucional, los derechos de los consumidores adquieren rango constitucional al ser incluidos en el capítulo II "*Nuevos derechos y garantías*". Este fue el gran hito a partir del cual se generó un cambio drástico en el derecho privado: la inclusión de los derechos de los consumidores y usuarios en nuestra Carta Magna. De a poco, la doctrina y la jurisprudencia fue tomando conciencia de la magnitud que el art. 42 de la Constitución Nacional implicaba en el derecho toda vez que ello significa que en aquellos casos que presentan colisión normativa debe tenerse en cuenta que no es la ley sino la Constitución Nacional la que resulta ser fuente principal del derecho consumerista y, por tanto, frente a cualquier colisión entre normas de derecho común y la Ley de Defensa del Consumidor, se aplica esta última. (3)

### **Microsistema legal de protección**

El Derecho del Consumidor en cuanto tal, es un microsistema legal de protección que gira dentro del sistema de Derecho Privado con base en el Derecho Constitucional. Por lo tanto las soluciones deben buscarse en primer lugar dentro del propio sistema y no por recurrencia a la analogía ya que lo propio del microsistema es su carácter autónomo y aun derogatorio de normas generales, lo cual lleva a establecer que conforme lo expresado por el Dr. Lorenzetti "*el sistema tuitivo del consumidor está compuesto por la Constitución Nacional, los principios jurídicos y valores del ordenamiento y las normas legales infraconstitucionales*". (4)

En cuanto a la normativa aplicable, debemos señalar que existe una integración legal en la materia respecto de los siguientes cuerpos normativos:

*-Constitución Nacional y Tratados Internacionales, en cuanto reconocen derechos pro homine: El art 42 de la Constitución Nacional establece que: "Los consumidores y usuarios de bienes y servicios tienen derecho en la relación de consumo a la protección de su salud seguridad e intereses económicos; a una información adecuada y veraz; a la libertad de elección,*

*y a condiciones de trato equitativo y digno. Las autoridades proveerán a la protección de esos derechos, a la educación para el consumo, a la defensa de la competencia contra toda forma de distorsión de los mercados, al control de los monopolios naturales y legales, al de la calidad y eficiencia de los servicios públicos, y a la constitución de asociaciones de consumidores y de usuarios. La legislación establecerá procedimientos eficaces para la prevención y solución de conflictos, y los marcos regulatorios de los servicios públicos de competencia nacional, previendo la necesaria participación de las asociaciones de consumidores y usuarios y de las provincias interesadas, en los organismos de control”;*

Respecto a los Tratados Internacionales, podemos mencionarlos siguientes:

*-Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales: el artículo 2.1 dispone que “los Estados deben observar comportamientos para lograr progresivamente la plena efectividad de los derechos...”. La prohibición de regresividad se deriva del deber de progresividad en la satisfacción de los derechos sociales, es decir que los Estados parte, entre los cuales se encuentra la Argentina, se han comprometido en no afectar derechos que ya han sido adquiridos, en este caso en particular, por los consumidores y usuarios.;*

*-Convención Americana sobre Derechos Humanos: el art 26 establece que: “Los Estados parte se comprometen a adoptar providencias, tanto a nivel interno como mediante la cooperación internacional, especialmente económica y técnica, para lograr progresivamente la plena efectividad de los derechos que se derivan de las normas económicas, sociales y sobre educación, ciencia y cultura, contenidas en la Carta de la Organización de los Estados Americanos, reformada por el Protocolo de Buenos Aires, en la medida de los recursos disponibles, por vía legislativa u otros medios apropiados.”;*

*El Código Civil y Comercial de la Nación (Ley 26.994):*

A diferencia del Código de Vélez regula los denominados “*Contratos de Consumo*” en el Libro III “*Derechos Personales*” del Título III “*Contratos de Consumo*”. Dicha regulación no deroga la legislación especial preexistente (Ley 24.240 y sus modificatorias), sino que conjuntamente con la Constitución Nacional han establecido los mínimos legales que funcionan como un “núcleo duro” de tutela, los cuales pueden ser ampliados por la ley específica, pero no limitados. Dicho cuerpo normativo establece los criterios que deben regir al momento de interpretar las normas que regulan las relaciones de consumo, poniendo de relieve la protección del consumidor y el acceso al consumo sustentable, con miras a las futuras generaciones.

Cabe indicar que todo aquello que no esté regulado por la Ley de Defensa del Consumidor y que el Código sí contemple, se aplicará lo que este cuerpo determine, siempre que la solución no vulnere el principio constitucional protectorio del consumidor. (arts. 42 CN y 1094 CCyCN).

***Ley de Defensa del Consumidor N° 24.240 y sus modificatorias*** (conjuntamente con su decreto reglamentario 1798/94)

El art 3 de la citada ley expresamente dispone que “*Las disposiciones de esta ley se integran con las normas generales y especiales aplicables a las relaciones de consumo, en particular la Ley N° 25.156 de Defensa de la Competencia y la Ley N° 22.802 de Lealtad Comercial o las que en el futuro las reemplacen. En caso de duda sobre la interpretación de los principios que establece esta ley prevalecerá la más favorable al consumidor. Las relaciones de consumo se rigen por el régimen establecido en esta ley y sus reglamentaciones sin perjuicio de que el proveedor, por la actividad que desarrolle, esté alcanzado asimismo por otra normativa específica*”.

Se denota claramente la intención del legislador en el sentido de crear una cobertura amplia y completa para el consumidor, habilitando la posibilidad de tomar preceptos ajenos a las normas específicas del microsistema, ya sea para cubrir

situaciones no contempladas o para otorgar una respuesta más favorable al consumidor.

Es decir que la ley consumeril contiene (siempre bajo el manto rector del art 42 de la Constitución Nacional) a toda aquella legislación que de alguna forma regula una relación de consumo. El hecho de contener implica que esta norma es el epicentro adonde hay que recurrir en primer lugar en búsqueda de una solución ante un conflicto de consumo. A él se integrarán las normas específicas, pero también las genéricas aplicables del Código Civil y Comercial, como las normas especiales.

*Demás normas especiales:*

-Ley de Lealtad Comercial N°22.802; Ley de Defensa de la Competencia N°25.156; Ley de Abastecimiento N°20.680; Ley de Tarjeta de Crédito N°25.065; Leyes referidas a los Contratos de Salud: Ley de Empresas de Medicina Prepaga N°26.682, Ley de Fertilización Asistida N°26.862, Ley de Derechos del Paciente N°26.529, Ley de Discapacidad N°24.901, y todas aquellas que regulan la cobertura y tratamiento de enfermedades determinadas.

### **Implicancias: la Constitucionalización del derecho del consumidor**

Lorenzetti sostiene que *“El principio protectorio de rango constitucional es el que da origen y fundamenta el Derecho del Consumidor. En los casos que presentan colisión de normas, es importante tener en cuenta que no es la ley sino la Constitución Nacional la que es fuente principal del derecho consumerista. Se trata de uno de los denominados “derechos civiles constitucionalizados”, que tienen una historia de ascensos en el sistema de fuentes del Derecho: nacen en las luchas sociales, ingresan por los umbrales normativos que son las decisiones jurisprudenciales aisladas, luego vienen las leyes especiales, los tratados, en algunos casos son reconocidos en el Código Civil y en la Constitución. De esta fuente surgen rasgos normativos, en especial, su operatividad. ¿Cuál es el sentido de este término? La*

*interpretación dominante es que no es necesaria una ley que reglamente el derecho para poder invocar su aplicación al caso concreto. En este sentido se ha dicho que la norma del art 42 de la Constitución Nacional pone en cabeza de los consumidores y usuarios derechos plenos, los cuales son operativos sin necesidad de que se dicte una ley que los instrumente, lo que significa que el juez puede aplicarlo en el caso concreto y que su eficacia no está condicionada".(5)*

### **La ley N° 24.240 de Defensa del Consumidor**

La Ley de Defensa del Consumidor fue promulgada mediante el decreto de veto 2089/1993, que se proyectó sobre diez de sus sesenta y cinco artículos. Su impacto no fue sólo cuantitativo, sino principalmente cualitativo al privar a la normativa citada de un régimen de garantía legal por buen funcionamiento de las cosas muebles no consumibles; de reglas especiales sobre responsabilidad por defectos; y de normas procesales tendientes a facilitar el acceso individual y colectivo de los consumidores al sistema judicial. No obstante, subsistía un régimen especial de orden público, que contaba con normas sobre información; seguridad; cláusulas abusivas; una embrionaria protección en materia de prácticas abusivas; reglas especiales sobre servicios públicos domiciliarios, y fundamentalmente, normas que obligaban a los poderes públicos a desplegar adecuadas políticas sobre la materia.

Así, respecto a la conceptualización de consumidor, la Ley de Defensa del Consumidor, establece en su art. 1 que: *..."La presente ley tiene por objeto la defensa del consumidor o usuario. Se considera consumidor a la persona física o jurídica que adquiere o utiliza, en forma gratuita u onerosa, bienes o servicios como destinatario final, en beneficio propio o de su grupo familiar o social. Queda equiparado al consumidor quien, sin ser arte de una relación de consumo o en ocasión de ella, adquiere o utiliza bienes o servicios de forma gratuita u onerosa, como destinatario final, en beneficio propio o de su grupo familiar o social".*

## **El Código Civil y Comercial de la Nación**

En cuanto al sistema legal de consumo, cabe señalar que el Código Civil y Comercial de la Nación ha incluido expresamente el derecho del consumidor, introduciendo modificaciones relevantes en la materia, a saber:

La Comisión redactora del Anteproyecto del Código fundamentó la inclusión del derecho del consumidor en los siguientes términos: "*...se propone incluir en el Código Civil una serie de principios generales de protección del consumidor que actúan como una protección mínima, lo que tiene efectos importantes y en materia de regulación ello implica que no hay obstáculos para que una ley especial establezca condiciones superiores*". Ninguna ley especial en aspectos similares pueda derogar esos mínimos sin afectar el sistema. El Código, como cualquier Ley, puede ser modificado, pero es mucho más difícil hacerlo que con relación a cualquier ley especial. Por lo tanto, estos mínimos actúan como un núcleo duro de tutela. También es considerable el beneficio en cuanto a la coherencia del sistema, porque hay reglas generales sobre prescripción; caducidad; responsabilidad civil y contratos, que complementan la legislación especial proveyendo un lenguaje normativo común." (6)

Se regulan expresamente los denominados "*Contratos de Consumo*": art. 1093 del CCyCN "*Contrato de consumo es el celebrado entre un consumidor o usuario final con una persona humana o jurídica que actúe profesional u ocasionalmente o con una empresa productora de bienes o prestadora de servicios pública o privada, que tenga por objeto la adquisición, uso o goce de los bienes o servicios por parte de los consumidores o usuarios, para su uso privado, familiar o social.*"

En el campo de la interpretación, se establece el método de interpretación denominado "diálogo de fuentes" de manera que el Código recupera una centralidad para iluminar a las demás fuentes.

Cabe señalar que el Código Civil y Comercial de la Nación constituye un aporte significativo en pos de la consolidación del Derecho del Consumidor en nuestro país, expresando las inquietudes, demandas y propuestas de varias generaciones de juristas, que, como sostiene Gabriel Stiglitz, contribuyeron y contribuyen, con paciencia y optimismo, a la construcción y consolidación del Derecho del Consumidor en nuestro país.(7)

## **Conclusiones**

A lo largo de la investigación se evidencia la importancia que tiene para nuestra sociedad conocer este derecho constitucional de protección al consumidor. No sólo por la relevancia normativa y constitucional que merece y que ha sido objeto de numerosas investigaciones y estudios, sino porque principalmente no podemos perder de vista que *“todos somos consumidores”*.

La defensa del consumidor está sin dudas en nosotros mismos. Si como miembros de una sociedad, recibimos productos de inferior calidad, y en contraprestación los precios son altos, si como consumidores no tenemos la posibilidad de elegir conforme a una apropiada información, entre otras tantas situaciones que cotidianamente experimentamos, entonces, será la sociedad toda quien sufra las consecuencias.

La "sociedad de consumo" en la que estamos inmersos desde hace décadas nos coloca en una situación de debilidad y vulnerabilidad. Por ello y a modo de conclusión, debemos procurar conocer y poner en práctica los derechos y principios estudiados a lo largo de esta investigación, a fin de ser consumidores conscientes y consustanciados con nuestros derechos.

## **Notas**

(1) <https://www.pensamientocivil.com.ar/system/files/2015/09/Doc-trina1857.pdf> (Principios y ámbito de aplicación del derecho del consumidor en el nuevo Código Civil y Comercial. Barocelli, Sergio Sebastián. Publicado en: DCCyE 2015 (febrero), 24/02/2015, 63 Cita Online: AR/DOC/412/2015).



(2) MONTI, Eduardo Jorge. Derecho de usuarios y consumidores. 2º edición corregida y actualizada. Págs. 25-26.

(3) *Apuntes sobre el derecho de consumo en el Código Civil y Comercial argentino. Repaso de las cláusulas abusivas por PABLO BAGALÁ 2 de Julio de 2015* [www.infojus.gov.ar](http://www.infojus.gov.ar) Infojus Id Infojus: DACF150368.

(4) LORENZETTI, R, L, “Consumidores”, (Rubinzal Culzoni-Santa Fe-2003), pág.50.

(5) LORENZETTI, R, L, “Consumidores”, 2da edición actualizada, (Rubinzal Culzoni-Santa Fe-2009), pág. 45.

(6) Fundamentos del Anteproyecto de Código Civil y Comercial de la Nación, en: <http://www.nuevocodigocivil.com/wpcontent/uploads/2015/02/Fundamentos-del-Proyecto.pdf>, consultado el 30-11-2018).

(7) STIGLITZ, G, A, “A veinte años de la sanción de la ley 24.240 de defensa del consumidor”, en Revista Jurídica Argentina (La Ley-Bs As- 2013), p.1209)

### **Referencias:**

Apuntes sobre el derecho de consumo en el Código Civil y Comercial argentino. Repaso de las cláusulas abusivas por PABLO BAGALÁ 2 de Julio de 2015 [www.infojus.gov.ar](http://www.infojus.gov.ar) Infojus Id Infojus: DACF150368.)

Fundamentos del Anteproyecto de Código Civil y Comercial de la Nación, en: <http://www.nuevocodigocivil.com/wpcontent/uploads/2015/02/Fundamentos-del-Proyecto.pdf>, consultado el 30 de noviembre de 2018.

Lorenzetti, R, L, “Consumidores”, Rubinzal Culzoni-Santa Fe-2003.

Monti, Eduardo Jorge. *Derecho de usuarios y consumidores*. 2º edición corregida y actualizada.

Stiglitz, G, A, “A veinte años de la sanción de la ley 24.240 de defensa del consumidor”, en Revista Jurídica Argentina (La Ley-Buenos Aires- 2013).

<https://www.pensamientocivil.com.ar/system/files/2015/09/Doctrina1857.pdf> (Título: Principios y ámbito de aplicación del derecho del consumidor en el nuevo Código Civil y Comercial Autor: Barocelli, Sergio Sebastián Publicado en: DCCyE 2015 (febrero), 24/02/2015, 63 Cita Online: AR/DOC/412/2015)

\* \* \*





