



ANALES 2021

CONGRESO INTERNACIONAL
XXXIV ENDIO
XXXII EPIO

DEL 17 *al* 19 DE NOVIEMBRE



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba



EPIO

Escuela de Perfeccionamiento
en Investigación Operativa

Anales del Congreso Internacional XXXIV Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa - XXXII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa Virtual 2021 / Leila Abuabara ... [et al.] ; Compilación de Mariana Funes ; Fernanda Villarreal ; Coordinación general de Mariana Funes. - 1a ed compendiada. - Tandil : Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-47251-2-7

1. Matemática Aplicada. 2. Estadísticas. 3. Control de Calidad. I. Abuabara, Leila II. Funes, Mariana, comp. III. Villarreal, Fernanda, comp. IV. Funes, Mariana, coord.
CDD 001.4

ISBN 978-987-47251-2-7





ÍNDICE

<i>Presentación</i>	04
<i>Autoridades</i>	08
<i>Comité Organizador</i>	09
<i>Comité Científico</i>	10
<i>Conferencias</i>	11
<i>Cursos</i>	27
<i>Trabajos</i>	32
<i>Índice de Autores</i>	311



PRESENTACIÓN

Este año, el XXXIV Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa y la XXXII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (XXXIV ENDIO – XXXII EPIO) nos reunió nuevamente en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Entre el 17 y el 19 de noviembre de 2021, docentes, investigadores, profesionales y estudiantes de grado y de postgrado de diferentes carreras universitarias nos encontramos de manera virtual para compartir nuestras experiencias.

Durante el encuentro compartimos la edición del número 50 de la Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, cuyo primer número fue editado en junio de 1991, y celebramos sus recientes logros: la incorporación de la versión digital en Latindex Catálogo 2.0 y al repositorio de publicaciones de CONICET y el reconocimiento de la Matriz de Información para el Análisis de Revistas (MIAR).

El programa incluyó cuatro conferencias y un curso, a cargo de destacados especialistas. Además, tuvieron lugar diez sesiones de trabajos en las que se defendieron 46 contribuciones evaluadas y aceptadas por el Comité Científico y que forman parte de estos anales, que con gran satisfacción ponemos a disposición. Agradecemos a los conferencistas, a los autores, a los miembros del Comité de Científico y a los evaluadores que han contribuido al éxito de esta edición.



¿Quiénes somos?

El primer Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (I ENDIO) tuvo lugar en Bahía Blanca el año 1988. Dos años después, dada la necesidad de formalizar y potenciar los ENDIOs, nace la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO).

Desde sus orígenes la Escuela promueve y difunde el conocimiento técnico y científico en el campo de la Investigación Operativa y disciplinas afines, por medio de un constante intercambio de ideas y de trabajos de investigación y de campo, presentados en las reuniones anuales y en la Revista de la EPIO.

La Investigación Operativa es una disciplina que por su metodología ayuda a tomar mejores decisiones, estudiando y apoyando la resolución de problemas complejos que se presentan en áreas de la administración, la economía, la ingeniería, las ciencias físicas y las sociales.

Cada año el ENDIO y la EPIO convocan, en sede rotativa, a docentes, investigadores, profesionales y estudiantes de grado y posgrado relacionados con disciplinas tales como Investigación Operativa, Administración de Operaciones, Métodos Cuantitativos, Simulación, Sistemas de Gestión, Modelos y Optimización, Estadística, entre otras.

Desde el punto de vista jurídico, la EPIO es una Asociación Civil sin fines de lucro, con domicilio legal en Paraje Arroyo Seco s/n Tandil, Buenos Aires. Su Comisión Directiva y los Revisores de Cuentas son elegidos cada dos años de acuerdo a lo que establece el Estatuto de la Asociación.



Nuestros Objetivos

- Promover y difundir el conocimiento técnico-científico y docente en el campo de la Investigación Operativa y disciplinas afines, por medio de un constante intercambio de ideas, trabajos de investigación y de campo y de periódicas reuniones.
- Vincular a las personas e Instituciones interesadas en esta disciplina para propender al enriquecimiento vocacional común de sus integrantes.
- Mantener relaciones con entidades del país, extranjeras o internacionales que persigan fines semejantes.
- Asesorar en problemas técnicos y científicos a sus asociados y a quienes lo requieran.
- Fomentar el estudio, la investigación y la aplicación de la Investigación Operativa en instituciones educativas y particularmente las universitarias.
- Vincularse con organismos oficiales y entidades privadas para brindar colaboración y asesoramiento en la materia.
- Dictar cursos, seminarios, conferencias de capacitación relacionados con la disciplina.
- Organizar Encuentros Nacionales de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO), Simposios, Congresos nacionales e internacionales u otras actividades análogas sobre temas de interés en la materia.
- Editar la Revista de la EPIO para la difusión de temas relacionados con la Investigación Operativa y para el cumplimiento de los fines de la Asociación Civil sin fines de lucro.
- El ejercicio, en cumplimiento de fines, de todos los demás actos que no estén expresamente prohibidos y que no atenten contra las leyes fundamentales de la Nación.
- Desarrollar un ambiente de cordialidad y solidaridad entre sus asociados y propender al mejoramiento intelectual y cultural de los mismos.



Antecedentes de Reuniones Previas

Antecedentes de reuniones previas: Por su carácter federal las sucesivas ediciones de los ENDIO - EPIO se han realizado en forma rotativa en distintas Universidades del país.

1988	Universidad Nacional del Sur
1989	Universidad Nacional de Cuyo
1990	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
1991	Universidad Nacional de Río Cuarto
1992	Universidad Nacional de Rosario
1993	Universidad Nacional de Córdoba
1994	Universidad Nacional de Salta
1995	Universidad Nacional del Sur
1996	Universidad Nacional de Mar del Plata
1997	Universidad Nacional de Tucumán
1998	Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba
1999	Universidad Nacional de La Pampa
2000	Universidad Nacional de Río Cuarto
2001	Universidad Nacional de Córdoba
2002	Universidad Tecnológica Nacional Regional San Rafael
2003	Universidad Nacional de La Plata
2004	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
2005	Universidad Nacional de Córdoba
2006	Universidad Nacional de Rosario
2007	Universidad Nacional de Mar del Plata
2008	Universidad Nacional de Misiones
2009	Universidad Tecnológica Nacional Regional Buenos Aires
2010	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
2011	Universidad Nacional de Río Cuarto
2012	Universidad Nacional de Buenos Aires
2013	Universidad Nacional de Córdoba
2014	Universidad Tecnológica Nacional Regional San Nicolás
2015	Universidad Nacional del Sur
2016	Pontificia Universidad Católica Argentina
2017	Universidad Nacional de Córdoba
2018	Universidad Nacional de Mar del Plata
2019	Universidad Nacional de Tucumán
2020	Universidad Nacional de Córdoba



AUTORIDADES

Comisión Directiva

Rol	Nombre	Universidad de origen
Presidente	José Luis Zanazzi	Universidad Nacional de Córdoba
Vice-Presidente	Fernanda Villarreal	Universidad Nacional del Sur
Secretario	Daniel Pontelli	Universidad Nacional de Córdoba
Pro-Secretario	Silvia Ramos	Universidad Nacional de Buenos Aires
Tesorero	Mariana Funes	Universidad Nacional de Córdoba
Pro-Tesorero	Mariana Arburua	Universidad Nacional de Río Cuarto
Vocal Titular	Alejandra María Esteban	Universidad Nacional de Mar del Plata
Vocal Titular	Nadia Ayelen Luczywo	Universidad Nacional de Córdoba
Vocal Titular	Marcelo Enrique Medina Galván	Universidad Nacional del Tucumán
Vocal Titular	Claudia Beatriz Peretto	Universidad Nacional de Córdoba
Vocal Titular	Horacio Rojo	Universidad Nacional de Buenos Aires
Vocal Titular	Juan Carlos Michalus	Universidad Nacional de Misiones
Vocal Suplente	Mariana Viri	Universidad Nacional de Rosario
Vocal Suplente	Catalina Alberto	Universidad Nacional de Córdoba
Vocal Suplente	Mariano Frutos	Universidad Nacional del Sur
Vocal Suplente	Daniela Gómez	Universidad Nacional de Rosario
Vocal Suplente	Patricia Alejandra Iniguez	Universidad Nacional de Río Cuarto
Vocal Suplente	Gustavo Schweickardt	UTN-Facultad Regional Concepción del Uruguay

Comisión Revisora de Cuentas

Rol	Nombre	Universidad de Origen
Miembro titular	Julio Eduardo Fredes	Universidad Nacional de La Pampa
Miembro titular	Hernán Guevel	Universidad Nacional de Córdoba
Miembro suplente	Roberto Guidek	Universidad Nacional de Misiones
Miembro suplente	Alicia Salamon	Universidad Nacional de Córdoba

COMITÉS

Comité Científico

Nombre	Filiación
Dr. Luiz Flavio Autran Monteiro G.	IBMEC-RJ, Brasil
Dra. Mar Arenas Parra	Universidad de Oviedo, España
Dr. Antonio Mauttone	Universidad de la República, Uruguay
Dra. Laura Plazola Zamora	Universidad de Guadalajara, México
Dr. Alexandre Leoneti	Universidad de San Pablo, Brasil
Dra. Carmen Belderrain	Instituto Tecnológico Aeronáutico, Brasil
Ing. Horacio Rojo	Universidad de Buenos Aires, Argentina
Dra. Catalina Alberto	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dr. José Luis Zanazzi	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dra. Fernanda Villarreal	Universidad Nacional del Sur y CONICET, Argentina
Dra. Mariana Funes	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Mg. Claudia Carignano	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dra. María del Carmen Romero	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina
Mg. Daniel Pontelli	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Esp. José Francisco Zanazzi	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Mg. Patricia Iñiguez	Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina
Dra. Claudia Peretto	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dr. Gustavo Schweickardt	UTN - Facultad Regional Concepción del Uruguay y CONICET, Argentina
Mg. Silvia Ramos	Universidad de Buenos Aires, Argentina
Mg. Alicia Salamon	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Ing. Érica Milin	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires
Dr. Mariano Frutos	Universidad Nacional del Sur y CONICET, Argentina
Dr. Fabio Miguel	Universidad Nacional de Río Negro, Argentina.
Mg. Adolfo Onaine	Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina
Mg. Alejandra Esteban	Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina
Mg. Mariana Arburúa	Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina
Mg. Hernán Guevel	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dr. Miguel Curchod	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Mg. Nadia Luczywo	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dra. María Alejandra Castellini	Universidad de Buenos Aires, Argentina



Comité Organizador Local

Nombre	Filiación
Dra. Mariana Funes	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Dr. Miguel Ángel Curchod	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Dra. Claudia Peretto	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Mg. Hernán Pablo Guevel	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Cra. Josefina Racagni	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Lic. Laura Daiana Ascenzi	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Mg. Silvestre Savoretti	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Tec. Julián Buede	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Lic. Juliana Di Blasio	Facultad de Ciencias Económicas, UNC
Lic. Azul Muñoz	Facultad de Ciencias Económicas, UNC



CONFERENCIAS

CONGRESO INTERNACIONAL

XXXIV ENDIO

XXXII EPIO



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS

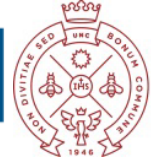


Universidad
Nacional
de Córdoba



EPIO

Escuela de Perfeccionamiento
en Investigación Operativa



O MÉTODO TODIM E OS DESENVOLVIMENTOS NA ÁREA DA CIÊNCIA DA DECISÃO

ALEXANDRE B. LEONETI e LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES

Universidade de São Paulo e Centro Universitário Ibmecc/RJ

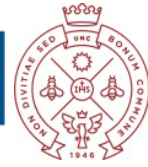
ableoneti@usp.br e [Luiz.gomes@professores.ibmec.edu.br](mailto:l Luiz.gomes@professores.ibmec.edu.br)

RESUMEN

A modelagem matemática é uma das principais ferramentas da ciência. Muito utilizada na área das ciências naturais, cada vez mais a modelagem matemática tem sido utilizada no contexto das ciências sociais. Particularmente, a área da ciência da decisão, que vem se desenvolvendo fortemente a partir da segunda metade do século XX, tem feito uso deste tipo de modelagem com resultados importantes. Cita-se a teoria dos prospectos, modelada a partir de uma função de formato “s”, onde em sua parte convexa há associado um fator de amplificação que foi definido empiricamente a partir das percepções de perda e ganho que indivíduos apresentavam em experimentos de laboratório. Este modelo foi incorporado a um método generalista para a tomada de decisão, conhecido como TODIM, o qual permite aplicar o modelo proposto pela teoria dos prospectos a contextos de tomada de decisão multicritério. Recentemente, novos estudos empíricos procuraram verificar a aderência do modelo matemático proposto para a teoria dos prospectos com os princípios desta teoria. Foi identificado que uma forma exponencial do modelo permitiu uma maior aderência da teoria com a realidade da tomada de decisão multicritério.

FUNDAMENTACIÓN

Os desenvolvimentos na área de ciência da decisão possuem duas principais vertentes, sendo uma teórica e outra metodológica. Espera-se que ambas as vertentes sejam tratadas simultaneamente em uma abordagem de apoio à decisão. Dentre os métodos multicritério de apoio à decisão, o método TODIM possui a particularidade de estar baseado em uma teoria de julgamento e decisão consolidada e de propor uma metodologia e um modelo matemático para sua aplicação em situações de decisão multicritério. Neste sentido, o TODIM tem recebido crescente atenção nos anos mais recentes. Novas versões do método foram propostas, inclusive uma versão exponencial, que se mostrou mais aderente à teoria dos prospectos. Neste sentido, a conferência apresenta um breve histórico de desenvolvimento do TODIM e suas contribuições para o desenvolvimento da área de ciência da decisão.



CV sintético ALEXANDRE B. LEONETI

Universidade de São Paulo

ableoneti@usp.br

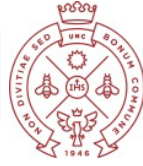
Matemático aplicado, formado pela Universidade de São Paulo (2008), cujo interesse de pesquisa é usar e desenvolver métodos quantitativos para aprimorar o processo de tomada de decisão nas organizações. Possui doutorado em Engenharia pela Universidade de São Paulo (2012) com período de estágio no Departamento de Engenharia da Universidade de Oxford, Reino Unido. Trabalha com a modelagem do processo de tomada de decisão utilizando métodos quantitativos principalmente para apoiar a busca de soluções para problemas sociais complexos em grupo. Coordena o Grupo de Pesquisa em Ciências da Decisão e tem credenciamento ativo no Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações, na Linha de Pesquisa Gestão da Inovação e Sustentabilidade. Possui 25 artigos publicados em revistas científicas nos últimos 5 anos na temática de tomada de decisão nas organizações, cujas teoria de suporte incluem economia, teoria dos jogos, tomada de decisão multicritério, teoria da escolha social, análise multivariada de dados, estatística não paramétrica e modelagem dinâmica.

CV sintético LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES

Centro Universitário Ibmecc/RJ

l Luiz.gomes@professores.ibmec.edu.br

Criador do método multicritério TODIM, publicado originalmente, em sua versão básica, em 1991 e 1992. Prêmio Siwei Cheng (2018), da International Academy of Information Technology and Quantitative Management. Professor Titular do Centro Universitário Ibmecc/RJ (2000-presente). Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1968), Master of Science pela Michigan State University (1970) e Doctor of Philosophy pela University of California, em Berkeley (1976). Pós-doutoramento na Universidade de Stuttgart, na Alemanha (1985/86). Professor Adjunto da School of Management da University of the Chinese Academy of Sciences (2013/2016); Professor Convidado na École de Management da Université de Strasbourg (2011); Lemann Visiting Scholar na University of Illinois, Urbana-Champaign (2008); Professor Visitante na Polytechnic University of New York (1985). Autor de vários artigos científicos e de livros, no Brasil e no exterior, tendo orientado mais de 200 dissertações de mestrado, teses de doutoramento e monografias. Membro Titular da Academia Nacional de Engenharia desde 1991 e Oficial da Ordem do Mérito Cartográfico desde 2005. Foi agraciado, em 1999, com o título de Amigo da Marinha do Brasil. É Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq/Brasil.



PROCESOS DE TOMA DE DECISIÓN EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: CASOS DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

DANIEL ALEJANDRO ROSSIT

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur e INMABB – CONICET, Bahía Blanca, Argentina
daniel.rossit@uns.edu.ar

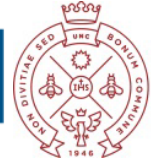
RESUMEN

En los últimos años se han estado gestando cambios tecnológicos muy significativos en los procesos y sistemas de producción. Estos cambios, que aún no han terminado, tienen un impacto similar al que ocurrió con las revoluciones industriales pasadas, en donde se dio un cambio de paradigma. Este nuevo paradigma se lo suele llamar Industria 4.0. Las principales tecnologías que han generado estos cambios son el desarrollo de los sistemas ciber-físicos (CPS) e Internet de las cosas. Estas tecnologías permiten asociar a los procesos físicos de producción capacidades propias de los sistemas digitales (procesamiento de datos, análisis de datos y diseño de pronósticos). Esto permite monitorear y analizar el estado del proceso en tiempo real, mejorando la capacidad de respuestas frente a eventos no-planificados y lograr una flexibilidad mayor del sistema en conjunto frente a dichos eventos.

En términos de las planificaciones de producción, generalmente, estos eventos no-planificados afectan la calidad de los planes, generando desvíos no deseados. Sin embargo, dado el nivel de integración de los CPS, es posible generar e implementar acciones correctivas que permitan minimizar el impacto de esos eventos. En esta presentación se abordará un enfoque basado en Optimización inversa, el cual permite analizar la magnitud del evento y definir acciones correctivas en consecuencia. Puntualmente, se abordarán problemas de scheduling de la producción, y cómo a partir de utilizar optimización inversa es posible lograr un apoyo a la toma de decisiones más sofisticado frente a situaciones no-planificadas. La presentación se orientará a mostrar cómo se vinculan los distintos procesos de decisión y acción.

FUNDAMENTACIÓN

La cuarta revolución industrial, o el paradigma Industria 4.0, ha generado cambios profundos en las tecnologías de producción, generando un aumento considerable en la automatización de los procesos de producción, y en muchos casos, logrando autonomía por parte de los procesos. Esta autonomía o capacidad de auto-control del sistema radica en la integración desde los niveles más bajos de la estructura de control, en donde se opera físicamente la producción (transformando la materia prima en producto), hasta aquellas funciones de control más elevadas, en donde se planifica y coordina la producción. Al integrar estas funcionalidades en un único sistema es posible lograr una concepción dual del sistema: tanto física como cibernética, lo que permite que el espacio natural de la toma de decisiones (el cibernético o de los datos), esté íntimamente ligado al proceso físico. De esta forma los procesos de decisión tienen una injerencia directa sobre los procesos físicos, así como los procesos físicos son censados de forma permanente, alimentando al espacio digital de datos en tiempo real. Los encargados de aportar estas capacidades al proceso productivo, son los llamados sistemas ciber-físicos (CPS, del inglés *cyber-physical systems*) [1]. A su vez, la posibilidad de transmitir esos datos, que en los sistemas tradicionales de producción quedaban retenidos en las máquinas-herramientas u centros de trabajo, aumenta la capacidad de “interpretar” el



escenario de los CPS, esta capacidad de transmisión es aportada por las tecnologías de Internet de las cosas (IoT, del inglés *Internet of Things*).

Esta capacidad de integrar la información y de poder transmitirla, permite al sistema de producción incrementar la flexibilidad con la que se adapta a situaciones cambiantes, aumentando notablemente la agilidad de los procesos de producción. A raíz de estas capacidades, en los últimos años, se han desarrollado distintos enfoques y herramientas que permiten sacar réditos de estas capacidades, y se incorporan en el proceso de toma de decisión: utilizando enfoques descentralizados, enfoques guiados por datos (en inglés, *data-driven*) y basados en simulación-optimización, entre otros [2].

En esta presentación abordaremos un caso basado en Optimización Inversa [3]. La optimización Inversa se concibió como un proceso inverso al proceso clásico de optimización. En el cual, en lugar de definir el valor de las variables de decisión que optimicen algún criterio a partir de un escenario o situación dada (e inalterable), se propone estudiar el caso inverso. Se define como inalterable un conjunto de valores de las variables de decisión, y se propone encontrar aquel escenario (o valores de parámetros) que “convertirían” al conjunto de valores de variables de decisión en la decisión o solución óptima [4]. Estos conceptos han sido trasladados e implementados en problemas de *scheduling* (o programación de tareas de producción), dando lugar al *inverse scheduling* [5], en donde lo que se busca es a partir de un ordenamiento dado de los trabajos, encontrar los valores de los parámetros que convierten a ese ordenamiento en óptimo.

La intención de utilizar estas herramientas de *inverse scheduling* (basadas en Optimización Inversa) permiten incorporar herramientas a los sistemas de soporte al proceso de decisión basados en tecnologías de Industria 4.0, capaces de analizar la información que proviene de los CPS, permitiendo analizar si la información reportada por los CPS del proceso físico se desvió demasiado o no de los valores planificados. En la presentación analizaremos de cómo los procesos de decisión se relacionan entre sí, y cómo es posible explotar la información provista por los CPS en procesos de decisión tradicionales como el scheduling.

[1] LEE, J., BAGHERI, B., & KAO, H. A. (2015). “A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems”. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.

[2] ZHANG, J., DING, G., ZOU, Y., QIN, S., & FU, J. (2019). “Review of job shop scheduling research and its new perspectives under Industry 4.0”. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(4), 1809-1830.

[3] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & FRUTOS, M. (2019). “Industry 4.0: smart scheduling”. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 57(12), 3802-3813.

[4] AHUJA, R. K., & ORLIN, J. B. (2001). “Inverse optimization”. *Operations Research*, 49(5), 771-783.

[5] KOULAMAS, C. (2005). “Inverse scheduling with controllable job parameters”. *International Journal of Services and Operations Management*, 1(1), 35-43.



CV sintético

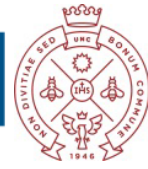
DANIEL ALEJANDRO ROSSIT

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur e INMABB – CONICET, Bahía Blanca, Argentina
daniel.rossit@uns.edu.ar

Daniel Alejandro Rossit es Ingeniero Industrial y Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Argentina). Actualmente es Asistente de Docencia con dedicación exclusiva en el Departamento de Ingeniería de la Univ. Nacional del Sur, e Investigador Asistente del CONICET en el Instituto de Matemática de Bahía Blanca (INMABB-CONICET). Sus intereses de investigación se desarrollan en problemas de optimización aplicados a la ingeniería, particularmente en aquellos de índole industrial y de producción. Es autor de 40 artículos en revistas indexadas y más de 40 presentaciones en congreso y capítulos de libros. Ha participado en Proyectos de Investigación Nacionales e internacionales, y realizado varias estadías de investigación (Univ. De Chile y Univ. Santiago de Chile, Chile; Univ. de las Palmas de Gran Canaria, España, Univ. de la República, Uruguay). Ha sido organizador y chair del ICPR-Americas 2020, así como de sesiones especiales sobre “Producción e Industria 4.0”, y editor invitado de revistas científicas de Springer, Wiley, Abepro y AIMS.

Trabajos relevantes:

- [1] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & FRUTOS, M. (2018). “The non-permutation flow-shop scheduling problem: a literature review”. *Omega*, 77, 143-153.
- [2] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & FRUTOS, M. (2019). “Industry 4.0: smart scheduling”. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3802-3813.
- [3] ROSSIT, D., & TOHMÉ, F. (2018). “Scheduling research contributions to Smart manufacturing”. *Manufacturing Letters*, 15, 111-114.
- [4] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & FRUTOS, M. (2019). “A data-driven scheduling approach to smart manufacturing”. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 69-79.
- [5] TONCOVICH, A., ROSSIT, D. A., FRUTOS, M. & ROSSIT, D. G. (2019). “Solving a multi-objective manufacturing cell scheduling problem with the consideration of warehouses using a simulated annealing based procedure”. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10(1), 1-16.
- [6] MÉNDEZ, M., ROSSIT, D. A., GONZÁLEZ, B., & FRUTOS, M. (2019). “Proposal and comparative study of evolutionary algorithms for optimum design of a gear system”. *IEEE Access*, 8, 3482-3497.
- [7] ROSSIT, D. A., TOHME, F., & FRUTOS, M. (2019). “Production planning and scheduling in Cyber-Physical Production Systems: a review”. *International journal of computer integrated manufacturing*, 32(4-5), 385-395.
- [8] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & FRUTOS, M. (2019). “Designing a scheduling logic controller for Industry 4.0 environments”. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 2164-2169.
- [9] ROSSIT, D. A., TOHMÉ, F., & DELGADILLO, G. M. (2020). *The Tolerance Scheduling Problem in a Single Machine Case*. In *Scheduling in Industry 4.0 and Cloud Manufacturing* (pp. 255-273). Springer, Cham.
- [10] ROSSIT, D. A., VÁSQUEZ, Ó. C., TOHMÉ, F., FRUTOS, M., & SAFE, M. D. (2021). “A combinatorial analysis of the permutation and non-permutation flow shop scheduling problems”. *European Journal of Operational Research*, 289(3), 841-854.



DISEÑO DE RECORRIDOS ALIMENTADORES DE TRANSPORTE PÚBLICO

ANTONIO MAUTTONE¹

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay
mauttone@fing.edu.uy

RESUMEN

En ciudades medianas y grandes, los sistemas de transporte público generalmente tienen una estructura física jerárquica, incluyendo líneas de alta velocidad y capacidad, que operan sobre corredores de alta demanda (red troncal) y líneas locales (red alimentadora) que conectan cada área de la ciudad con la red troncal. Mientras que la red troncal es operada sobre una estructura específica (trenes, corredores de ómnibus articulados), la red alimentadora es operada por ómnibus convencionales.

En este trabajo se presenta un nuevo método para la generación de una red de recorridos alimentadores, que considera explícitamente la interacción con una red troncal existente. Se plantea un modelo de optimización que considera los costos de usuarios y operadores, y se resuelve heurísticamente mediante una extensión de un algoritmo existente que toma como entrada una matriz origen-destino de viajes, la red troncal fija y la red de calles y devuelve un conjunto de recorridos alimentadores definidos sobre esta red.

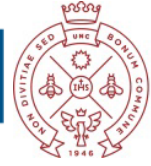
La metodología se prueba con datos de la ciudad de Montevideo, incluyendo 136 zonas, una red de calles con 21.613 nodos y 36.332 arcos y una matriz origen-destino con 6.185 valores no nulos. La red troncal se codifica en términos de la red de calles, en base a corredores existentes y planificados para la ciudad. Con el objetivo de estudiar cómo varía la red alimentadora resultante, se definen 18 escenarios combinando diferentes velocidades de operación de la red troncal y diferentes niveles de compromiso entre costos de usuarios y operadores. Los resultados se analizan en términos de varias métricas, incluyendo valor objetivo, cantidad de recorridos alimentadores, clasificación de viajes y flujos relativos.

Las principales conclusiones extraídas de los resultados numéricos indican que un aumento en la velocidad de la red troncal produce un aumento del flujo de usuarios sobre esa red, así como un cambio en la red alimentadora resultante, y que la red troncal beneficia a los usuarios solamente si tiene una mayor velocidad de operación respecto a la red alimentadora (de otro modo, es preferible una estructura sin jerarquías, con un patrón diferente de recorridos).

FUNDAMENTACIÓN

La presente investigación está motivada por la necesidad de contar con herramientas cuantitativas para el análisis y diseño redes de transporte público en un contexto de estructura jerárquica, incluyendo recorridos troncales y alimentadores. En particular, en ciudades donde se están realizando cambios significativos relativos a las líneas troncales (construcción de subterráneos, corredores de ómnibus rápidos), es necesario saber cuáles son las mejores líneas alimentadoras que las complementan (probablemente diferentes a las líneas del sistema actual), dado que el desempeño total del sistema surge de la interacción entre las líneas de las diferentes jerarquías.

¹ Trabajo en coautoría con Matías Dornel y Nicolás Erlichman, como parte de su Proyecto de Grado de la carrera Ingeniería en Computación.



CV sintético ANTONIO MAUTTONE

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay
mauttone@fing.edu.uy

Antonio Mauttone es Profesor Agregado en el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Udelar), Uruguay. Obtuvo su título de Doctor en Informática (Udelar) en 2011. Su área de especialidad es el modelado de redes de transporte urbano, con foco en el análisis y diseño de sistemas de transporte público utilizando programación matemática y metaheurísticas. Desde 2011 ha sido responsable de varios proyectos de investigación y desarrollo con financiación nacional y regional. Se ha desempeñado como consultor experto en movilidad urbana. El Prof. Mauttone ha publicado su trabajo en revistas científicas internacionales y participa regularmente en conferencias de Investigación Operativa y de Transporte. Ha sido parte de comités de programa y ha desarrollado tareas de co-edición de actas de conferencias y números especiales de revistas científicas. Actualmente es Vicepresidente de la Asociación Latinoiberoamericana de Investigación Operativa (ALIO).

Trabajos relacionados con la presentación:

- MAUTTONE, A.; CANCELA, H. & URQUHART, M. (2021). *Public Transportation*. In: Crainic T.G., Gendreau M., Gendron B. (eds) *Network Design with Applications to Transportation and Logistics*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64018-7_17.
- MARTÍNEZ, F.; BALDOQUÍN, M.G. & MAUTTONE, A. (2017). "Model and solution method to a simultaneous route design and frequency setting problem for a bus rapid transit system in Colombia". *Pesquisa Operacional*, 37(2):403 - 434.
- MAUTTONE, A. & HERNÁNDEZ, D. (2017). *Encuesta de movilidad del área metropolitana de Montevideo. Principales resultados e indicadores (report)*. Montevideo: CAF, Intendencia de Montevideo, Intendencia de Canelones, Intendencia de San José, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Universidad de la República, PNUD Uruguay. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1078>.
- GIESEN, R.; MARTÍNEZ, H.; MAUTTONE, A. & URQUHART, M. (2016). "A method for solving the multi-objective transit frequency optimization problem". *Journal of Advanced Transportation*, 50(8): 2323 - 2337.
- CANCELA, H.; MAUTTONE, A. & URQUHART, M. (2015). "Mathematical programming formulations for transit network design". *Transportation Research Part B: Methodological*, 77:17 - 37.
- MARTÍNEZ, H.; MAUTTONE, A. & URQUHART, M. (2014). "Frequency optimization in public transportation systems: formulation and metaheuristic approach". *European Journal of Operational Research*, 236(1):27 - 36, 2014.
- MAUTTONE, A. (2011). "Models and algorithms for the optimal design of bus routes in public transportation systems". Tesis de Doctorado en Informática. Universidad de la República, Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas.
- MAUTTONE, A. & URQUHART, M. (2009). "A route set construction algorithm for the Transit Network Design Problem". *Computers & Operations Research*, 36(8):2440 - 2449.
- MAUTTONE, A. & URQUHART, M. (2009). "A multi-objective metaheuristic approach for the Transit Network Design Problem". *Public Transport*, 1(4):253 - 273.



ENSEÑANZA HÍBRIDA EN LAS AULAS UNIVERSITARIAS VIEJOS PROBLEMAS Y NUEVOS DESAFÍOS

GABRIELA SABULSKY
Universidad Nacional de Córdoba
gsabulsky@unc.edu.ar

RESUMEN

La conferencia se organiza a partir de preguntas que desarmen el título propuesto, buscando orientar el análisis más que dar respuestas unívocas, y ofrece un conjunto de conceptos para echar luz sobre el proceso de transformación que estamos transitando en la docencia universitaria. En primera instancia se plantea la diferencia entre educación remota de emergencia, educación a distancia y educación virtual, incluyendo en esta última modalidad la enseñanza híbrida.

Para comprender el sentido de la enseñanza en el contexto virtual se define lo que se entiende por híbrido y se propone pensar las prácticas de enseñanza reconociendo viejos problemas, preexistentes al tiempo de pandemia, organizados en cuatro dimensiones: el conocimiento, la institución, el estudiante y los docentes.

Las experiencias educativas desarrolladas durante estos dos últimos años hacen visibles estos problemas e instalan nuevos desafíos que invitan a los docentes a pensar sus prácticas a partir de la combinación de los espacios físicos y digitales, de la integración entre lo analógico y lo virtual.

Para ayudar en el diseño de la enseñanza híbrida se plantea que será la actividad de los estudiantes el organizador de la enseñanza híbrida. Asumir los nuevos desafíos implica reinventarnos y reorganizarnos en un nuevo territorio, sobre la base de viejas teorías pedagógicas y del conocimiento acumulado, desarmando prejuicios y construyendo hipótesis renovadas acerca de la enseñanza y el aprendizaje. Todo ello en un marco de gran incertidumbre, aceptando que el futuro significa por definición incerteza (Michelet, 2004).

FUNDAMENTACIÓN

El objetivo de esta conferencia es ofrecer algunos conceptos que me parecen importantes para pensar las prácticas de enseñanza en el contexto actual y dejar formuladas algunas preguntas que ayuden hacia adelante a tomar decisiones como docentes. Posiblemente tengamos más preguntas que respuestas porque estamos en un tiempo de reconstrucción, las respuestas no preexisten, esas respuestas no están en las investigaciones actuales, no están en los libros y la bibliografía que usamos como cabecera. La situación presente desarmó las hipótesis con las que veníamos trabajando y nos planteó un escenario completamente nuevo que puede pensarse como una ventana de oportunidad. Por eso resulta necesario hacernos preguntas que entendemos fundamentales para reconocer qué queremos que suceda en nuestra universidad en términos de procesos educativos. Las respuestas se irán construyendo en la práctica. No hay respuestas únicas porque lo que hay es la singularidad de cada espacio y experiencia educativa, de cada docente, de cada grupo de estudiantes, de cada contenido, de cada trayecto curricular, de cada marco institucional, de cada espacio y tiempo. No hay recetas, sí en cambio, hay que recuperar experiencias que, aún sin mucha investigación en terreno, nos permiten advertir que abren un camino posible de encuentro con los estudiantes. A veces la experiencia y la intuición que tenemos como profesores, de años trabajando en las aulas, nos habilita a explorar y a experimentar en nuevas propuestas, diría Maggio (2021).



La primera pregunta que podría empezar a hacer es si como docentes universitarios seremos capaces de vivir en la incertidumbre de nuestras prácticas. Porque si hay algo que caracterizó también a la enseñanza universitaria es que siempre fue muy planificada, reiterativa en metodologías, con reglas de juego preestablecidas, que posiblemente fueron las mismas durante décadas. Hoy, después de haber vivido este tiempo diferente, nos tenemos que hacer cargo de la incertidumbre, porque hay un futuro próximo que no vamos a manejar, o por lo menos, ahora sabemos que el futuro no es del todo controlable. Entonces, en ese nuevo futuro habrá también que estar dispuesto a vivir con cierto grado de incertidumbre. Hoy la enseñanza híbrida puede ser parte de esa incertidumbre, el futuro significa por definición incerteza (Michelet, 2004).

Para echar algo de luz, la segunda pregunta que remite al título de la conferencia: ¿por qué hablamos de **enseñanza híbrida y no de aula híbrida**? Cuando hablamos de enseñanza híbrida el acento está puesto en la propuesta educativa, mientras que cuando hablamos de aulas híbridas el problema es que el acento está puesto en la tecnología. El temor es que empecemos a considerar que la inclusión de las tecnologías en sí misma va a resolver el problema de la enseñanza (que pongamos el carro adelante del caballo). Si algo hemos aprendido de todos estos 20 años previos de incorporar tecnologías en las aulas es que los problemas de la enseñanza y el aprendizaje no se resuelven con más tecnología, incluso en algunos casos los problemas se profundizan. Ahora bien, cuando la inclusión de las tecnologías se desarrolla en el marco de una propuesta educativa interesante, los resultados claramente pueden ser diferentes, sobre esto hay una vasta tradición en investigación.

En estos últimos dos años hemos vivido en un tsunami tecnológico, las plataformas digitales han sido las grandes triunfadoras de este tiempo de pandemia, son los nuevos dioses contemporáneos (Carrión, 2021). Eso significa que todas nuestras prácticas (las educativas especialmente) han sido interpeladas y atravesadas por las tecnologías al punto de no haberlas podido realizar si no hubiéramos aceptado que algo podía suceder en la virtualidad (Baricco, 2019), su instrumentalización posibilitó seguir ejerciendo la docencia, pero también condicionó lo que pudimos hacer con ellas y con nuestros estudiantes. Tanto es así que hoy parece natural que para enseñar en la universidad haya que recurrir a las tecnologías digitales, cuestión que hasta hace un tiempo era no solamente discutida sino también resistida por muchos de los docentes universitarios.

Aparecen en escena nuevos conceptos para hablar de enseñanza con tecnologías: educación remota de emergencia, educación a distancia y educación virtual o en línea.



“La educación en línea va a pasar de estar en el patio a estar en un lugar más importante al interior de la sala de clases, aunque sin reemplazarlo todo”, (Ana María Raad -ex directora del portal Educar Chile y hoy al frente de EcosiSTEAM, un programa de la Universidad de Harvard)

La **educación remota de emergencia (ERE)** simplemente trató de emular la educación presencial. Fue una solución temporal a un problema inmediato, una respuesta de urgencia. Por tanto, tampoco podía esperarse de la misma que sirviese para resolver los problemas previos que pudiese padecer la educación presencial. “El riesgo de la educación en línea de emergencia sería: bien que se perpetuase, puesto



que no está diseñada para ello; bien que la propia autocomplacencia no permita la mejora o que la crítica positiva (hicimos lo que pudimos) impida el progreso” (Sangrá, 2020).

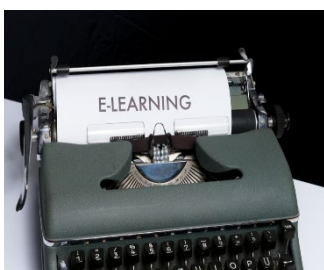
La **educación a distancia (EaD)**, por su parte, es una modalidad que ya se desarrolla desde hace muchos años en las universidades argentinas. Básicamente esta modalidad lo que intenta es ofrecer algún modo de presencia a los estudiantes para superar la distancia física, la educación a distancia está pensada para personas que no pueden trasladarse físicamente a una institución por eso a través de plataformas, recursos, materiales y tutores lo que se intenta es garantizar la interacción con el docente, los contenidos y las actividades, para que los estudiantes puedan resolver su aprendizaje sin estar físicamente en las aulas. La educación a distancia se crea en oposición a la presencialidad.

Para hablar de enseñanza híbrida nos resulta más apropiado el concepto **educación virtual (EV) o educación en línea**. Lo que se propone es la construcción de un espacio de encuentro a partir de la utilización de las tecnologías a fin de promover la construcción del conocimiento. El objetivo no es acortar las distancias o llenar ese vacío que produce la distancia sino lo que se intenta es promover un nuevo escenario, un entorno de enseñanza. De esta forma la tecnología no pretende reemplazar (EaD) ni emular (ERE) sino se pretende crear nuevos espacios, entornos para fomentar los procesos de comunicación y construcción de conocimiento. El uso de la tecnología se encuentra totalmente fundamentado, pero a partir de decisiones pedagógicas y didácticas (Tarasow, 2014).

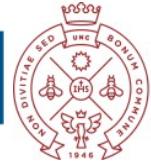
Las preguntas que surgen de esta idea de educación virtual es ¿Cómo la modalidad se acomoda, permea, se filtra en las dinámicas de las instituciones actuales, las pre pandémicas?, ¿La ERE como mera transferencia de lo presencial a lo no presencial, ha favorecido o entorpecido el desarrollo de la EV? ¿Cómo interactúan y se entrelazan en este modelo los aspectos tecnológicos y pedagógicos? (Tarasow, 2014).

La EV implica la construcción de una experiencia educativa que integra de forma armónica, planificada y creativa el entorno físico del aula y el espacio digital, posibilitando una transición natural de un ámbito a otro, donde en algún momento el estudiante no tenga que pensar en la oposición presencialidad y virtualidad sino que ambas instancias se integren en un todo que le dé sentido a cada uno de los componentes de la propuesta educativa, se trata de un tránsito fluido de un espacio el otro.

De este concepto se desprende la idea de **enseñanzas híbridas**. ¿Qué entendemos por híbrido? El concepto híbrido es un concepto que ha tomado relevancia en los últimos tiempos. García Canclini (2006) refiere a él cuando analiza los procesos de modernización en América Latina, menciona la idea de hibridación cultural al reconocer la mezcla entre lo antiguo y lo nuevo, lo tradicional y lo moderno, la noción de híbrido intenta superar las relaciones de oposición entre los opuestos, niega que haya una simplificación binaria entre pares de oposición y se reconoce, en cambio, la fusión entre elementos aparentemente dispares.



En el ámbito educativo, los procesos de hibridación suponen mixturas, mezclas, fusión entre lo tradicional y lo moderno, borramiento de fronteras entre el espacio físico del aula y el espacio digital del ciberespacio que confluyen en una experiencia educativa única. Si como dice Carrión (2021), la cultura va a seguir siendo híbrida, clásica y viral, analógica y digital, vinculada con el cuerpo y el papel tanto como con las pantallas y las tecnologías que todavía no podemos ni



imaginar, una nueva pregunta podría ser: ¿Es posible que la educación quede por fuera de la cultura?

Si la universidad no quiere quedar al margen de este proceso de hibridación cultural entonces, nos preguntamos: ¿es necesario reinventar todo?, ¿qué de todo aquello que hacíamos en la universidad presencial se debe fusionar con lo nuevo que hicimos en tiempos de pandemia?, ¿tomamos la excepción como “una oportunidad para construir nuevas reglas” que modifiquen, luego, las condiciones de una nueva “normalidad”, post-pandemia, sobre a que tenemos pocas certezas, pero sobre a que sí sabemos que será, al menos en parte, nueva”? (Canelo 2020).

En esta nueva normalidad seguramente se harán visibles viejos problemas, que aún persisten y se profundizan. A los fines de esta presentación se organizan estos viejos problemas en cuatro grandes categorías:

1. En primera instancia las instituciones, organizaciones burocráticas, muy reglamentadas, podríamos decir que han sufrido pocos cambios y transformaciones en estos últimos tiempos, se mantienen estables y resulta complejo asumir cambios rápidos. La pregunta sería ¿cuánto deben modificarse las estructuras de nuestras universidades para dar cabida a la enseñanza híbrida?
2. Otra dimensión problemática se vincula al conocimiento. Esta dimensión puede ser analizada en distintos niveles: - una perspectiva epistemológica más amplia que implica pensar su actualización y cómo se recorta el contenido disciplinar de una asignatura, cómo se vinculan con otras áreas interdisciplinarias, cuáles la significatividad del aporte de esta perspectiva disciplinar a la práctica profesional; - un segundo nivel podría ser el recorte específico del programa, cuánto contenido corresponde de acuerdo al tiempo y al momento del trayecto formativo del estudiante y a la relación con otras asignaturas del plan de estudios, - un tercer nivel para pensar en esta problemática del conocimiento se vincula a la fuentes, es decir, cómo se accede al conocimiento que forma parte del programa, cuáles serán las fuentes principales y secundarias y en qué formatos y lenguajes circulan.
3. El oficio de ser estudiante universitario es otra gran dimensión. El oficio se aprende en la práctica, mientras se es estudiante. Durante décadas, este oficio se ha construido sobre la base de un modelo educativo que ubica al estudiante en un lugar receptivo con poco nivel de participación. Ahora también debemos sumar el efecto de la cultura snack (Scolari, 2020): contenidos breves, fragmentados, veloces, integrados a redes sociales.
4. Por último, los docentes también podemos incluirnos en la problemática. Docentes que hemos migrado a la virtualidad sin opción, aprendiendo a manejar herramientas tecnológicas, tomando decisiones sobre prioridades, sosteniendo un vínculo aún en la masividad. En este plano podemos reconocer como problemáticas preexistentes la dificultad para integrar el modelo explicativo-aplicativo con nuevas metodologías, la complejidad de construir vínculos con los estudiantes, a sobrecarga en el proceso evaluativo y la desconfianza sobre la validez de los instrumentos que acreditan el proceso de aprendizaje, por mencionar solo algunos.

En este contexto, cabe recuperar a siguiente cita de Follari (2020:14), “Habrà que discutir, pasada la cuarentena, los roles de lo virtual. Aquello que lo virtual facilita, pero también aquello a lo que no puede dársele lugar, aun cuando fuera “funcional” a cierta eficacia momentánea. Una sociedad sin encuentro y sin agregación de la vivencia de cada uno de sus miembros, sería una sociedad sin experiencia de lo colectivo”.

Algunos especialistas en estos temas hablan de reinventar la clase universitaria (Maggio, 2018), otros proponen el concepto de “pedagogías emergentes” (Adell y Castañeda, 2012; Gros, 2015). “Las pedagogías emergentes no son necesariamente



nuevas pedagogías, necesitan explorar y volver a examinar las pedagogías existentes, examinando su contribución en el contexto de la sociedad del conocimiento en red” (Citado por Gros, 2015, Adell y Castañeda, 2012: 63).

La enseñanza híbrida remite entonces a una fusión de componentes que se articulan en un nuevo escenario donde cobran nuevos significados. Esto significa que no todo es nuevo, en el sentido de original, que nunca lo hayamos realizado como práctica educativa, lo que significa es que posiblemente las mismas actividades, los mismos recursos y materiales de la enseñanza, pensados en el marco de un nuevo escenario (que puede ser físico o que puede ser digital), adquiere nuevos sentidos y esto nos permite hablar de reinención o también de pedagogías emergentes.

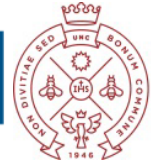
Citado por Gros (2015), Adell y Castañeda (2012: 26 y 27) destacan algunos de los rasgos más relevantes de estas pedagogías que, en nuestra opinión, son especialmente relevantes:

- Poseen una visión de la educación que va más allá de la adquisición de conocimientos o de habilidades concretas. Educar es también ofrecer oportunidades para que tengan lugar cambios significativos en la manera de entender y actuar en el mundo.
- Se basan en teorías pedagógicas ya clásicas, como las teorías constructivistas sociales y constructivistas del aprendizaje, el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje dialógico, etc. y en ideas más “modernas”, como el conectivismo y el aprendizaje rizomático.
- Superan los límites físicos y organizativos del aula uniendo contextos formales e informales de aprendizaje, aprovechando recursos y herramientas globales y difundiendo los resultados de los estudiantes también globalmente. Se anima a que los participantes conjuguen espacios y ecologías de aprendizaje.
- Muchos proyectos son colaborativos, interniveles y abiertos a la participación de docentes y alumnos de otros centros de cualquier parte del mundo e incluso de otras personas significativas.
- Potencian conocimientos, actitudes y habilidades relacionadas con la competencia “aprender a aprender”, la metacognición y el aprendizaje de los estudiantes, más allá del curso, el aula, la evaluación y el currículum prescrito.
- Convierten las actividades escolares en experiencias personales significativas y auténticas. Estimulan el compromiso emocional de los participantes.
- Los docentes y los aprendices asumen riesgos intelectuales y transitan por caminos no trillados. Son actividades creativas, divergentes y abiertas, no mera repetición.
- En la evaluación se suele adoptar un margen de tolerancia que permite evidenciar los aprendizajes emergentes, aquellos no prescritos por el docente.

¿Cuáles serían los desafíos para llevar a la práctica esta pedagogía emergente?

A nivel institucional:

Si la virtualidad será parte de la propuesta, ¿de qué manera enfrentaremos el desafío de mejorar las condiciones de conectividad para ayudar a la inclusión de nuestros estudiantes? ¿Podríamos habitar una universidad cuya distribución del tiempo y el espacio físico sean diferentes? ¿Sobrarán aulas en un futuro cercano? Este es un gran desafío que implica organizar un sistema de distribución de la carga horaria de cada asignatura que contemple tiempos para la presencialidad y tiempos para la virtualidad (tanto de docentes como de estudiantes). Y, por otro lado, aun sosteniendo los planes



de estudio vigentes, revisar los criterios de obligatoriedad de la asistencia como mecanismos puramente coercitivos para otorgarles nuevos sentidos.

A nivel curricular:

Dado que los cambios de plan de estudio suponen procesos largos y dolorosos considero oportuno que apostemos a una revisión de contenidos para identificar aquellos contenidos que valen la pena ser enseñados esto supone actualizar, recortar y ordenar definir prioridades (menos es más). Otro aspecto que aparece como desafío sigue siendo la articulación horizontal y vertical que de algún modo permite poner en marcha una perspectiva epistemológica interdisciplinaria para abordar los problemas de las prácticas profesionales. Por último, debemos poder superar la fragmentación en conocimientos teóricos y capacidades y habilidades prácticas en un abordaje teórico práctico que resulte enriquecedor para los estudiantes.

A nivel metodológico:

El desafío será habitar los nuevos espacios, el aula física, el aula virtual y las diversas redes sociales que se decidan integrar a la experiencia educativa. Cuando un territorio se habita es transformado, cobra vida. Sobre el territorio se construyen relaciones sociales y se modifica su geografía a partir de las necesidades de sus habitantes. ¿Podemos hacer algo así al habitar los espacios educativos?, ¿Será necesario crear nuevas reglas de convivencia para habitar cada espacio?, ¿Deberemos sumar nuevas herramientas para aprovechar las bondades de cada territorio? ¿Cómo se potencian las pedagogías emergentes de cada territorio? ¿De qué manera hacer que cada espacio educativo quiera ser habitado por docentes y estudiantes?

Por último, reproduzco un conjunto de preguntas de Dussel, Ferrante y Pulfer (2020:6 y 7): “En la sociedad de la conectividad y la hiperaceleración, ¿cómo centrar el aprendizaje en esfuerzos sostenidos en el tiempo, y en el diferimiento de lo entretenido y lo inmediato? En la “sociedad del espectáculo”, ¿qué futuro le cabe a una institución organizada en torno a rutinas, ciertas repeticiones, con ritmos lentos y espacios estructurados? En un contexto que postula la primacía de la innovación, la respuesta inmediata y la originalidad, ¿qué valor se le otorgará a la reflexión matizada, a la transmisión de la experiencia, a la introducción sistemática en marcos de pensamiento ya conformados, pero indispensables para crear novedades? En un mundo en el que el presente se constituye en ordenador del tiempo, en el que manda lo aleatorio y lo inestable, ¿cuáles son las posibilidades de transmisión intergeneracional? En un mundo en el que crece la “individualización de la referencia” (Augé, 1995), poniendo en cuestión las experiencias comunes, ¿cómo valorar selectivamente criterios, elementos y formas de la cultura heredada?”.

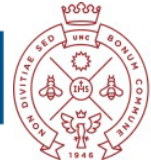
Lo que la pandemia dejó claramente como aprendizaje es la importancia de construir con otros, en contra de los procesos individuales, el desafío es potenciar lo colectivo a partir de la interacción, tanto en las aulas físicas como digitales. Este desafío puede entenderse desde la idea de ACTIVIDAD DEL ESTUDIANTE, es decir, que sea la actividad que se propone al estudiante la que organice la articulación de espacios y tiempos híbridos, de tal manera que el estudiante transite cómodamente de un entorno al otro, aprovechando lo mejor de cada uno de ellos para su aprendizaje. Esto sin duda requiere un trabajo minucioso de planificación y el desafío es poder imaginar el proceso de aprendizaje con intersticios entre lo online y lo offline.

“El futuro no es aquello que va a suceder, sino es el proyecto de construcción colectiva que hilvana, en el contexto general, nuevos horizontes y nuevos modos de andar”. (Follari, 2020)



REFERENCIAS

- ADELL, J. y CASTAÑEDA, L. (2012). *Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes?* en Hernández, J.; Pennesi, M.; Sobrino, D. y Vázquez, A. (coord.). *Tendencias emergentes en educación con TIC*. Barcelona: Asociación Espiral, Educación y Tecnología. págs. 13-32.
- BARICCO, A. (2019). *The Game*. Anagrama, 328 páginas.
- CANELO, P. (2020). *Igualdad, solidaridad y nueva estatalidad. El futuro después de la pandemia* en Grimson, Alejandro *El futuro después del COVID-19*. Argentina Unida. Bs.As.
- CARRIÓN, J. (2020) *Lo viral*. Ed. Galaxia Gutenberg. España
<https://www.pagina12.com.ar/282932-jorge-carrion-no-queremos-que-nuestra-vida-sea-solo-digital>
- DUSSEL, I.; FERRANTE, P. y PULFER, D. (2020). “La educación de pasado mañana. Notas sobre la marcha”. ANÁLISIS CAROLINA 41/2020. SERIE: FORMACIÓN VIRTUAL 1. <https://docplayer.es/189838985-Analisis-carolina-41-2020-serie-formacion-virtual.html>
- FOLLARI, R. (2020). *Después del aislamiento* en Grimson, A. *El futuro después del COVID-19*. Argentina Unida. Bs.As.
- GARCIA CANCLINI, N. (2005). *Cultura, política y sociedad. Perspectivas latinoamericanas*. Buenos Aires, Ed. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales - CLACSO.
- GROS, B. (2015). “La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes”. *Revista EKS* abril 2015 vol.16 nº 1 Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/127192/Gros_Ca%c3%addadelosmuros.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MAGGIO, M. (2021). *Educación en Pandemia. Guía de supervivencia para docentes y familias*. Paidós, Buenos Aires, 216 páginas.
- MAGGIO, M. (2018). *Reinventar la clase en la universidad*. Paidós, Buenos Aires, 183 páginas.
- MICHELET, J. (2004) *La bruja. Un estudio de las supersticiones en la Edad Media*. Ed. Akal, Madrid.
- SANGRÁ, A. (2020). “Enseñar y aprender en línea: Superando la distancia social”. Webinar sobre docencia online de emergencia de la Universitat Oberta de Catalunya, celebrado el 08/04/20 a través de: <https://www.youtube.com/watch?v=PLdsALbmTlq>
- TARASOW, F. (2014). *La Educación en Línea ya está en edad de merecer* en Schwartzman, Tarasow y Trech (Comp.) *De la Educación a Distancia a la Educación en Línea*. Ed. Homo Sapiens. Bs.As.



CV sintético GABRIELA SABULSKY
Universidad Nacional de Córdoba
gsabulsky@unc.edu.ar

Profesora y Licenciada en Ciencias de la Educación. Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

Máster en Multimedia Educativo, Universidad de Barcelona. España.

Profesora Adjunta regular de la cátedra Tecnología Educativa de la Escuela de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

Subcoordinadora Área de Formación Docente y Producción Educativa. Facultad de Ciencias Económicas (Universidad Nacional de Córdoba).

Asesora Pedagógica del Programa de Educación a Distancia, Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Córdoba (PROED).

Autora de varias publicaciones y materiales referidos a las tecnologías, a la educación a distancia y materiales multimodales.

Conferencista y panelista en diferentes simposios, congresos, foros, jornadas, talleres y seminarios internacionales.

Publicaciones recientes:

SABULSKY, G. (2020). "Del determinismo tecnológico al bricolaje digital. Sentidos y prácticas en tensión". Educación, Formación e Investigación, 6 (10), 27-43.

SABULSKY, G. (2019). "Analíticas de Aprendizaje para mejorar el aprendizaje y la comunicación a través de entornos virtuales". Revista Iberoamericana de Educación 80 (1), 13-30.

SABULSKY, G. Y ALBERIONE, E. (2019). "ICT-mediated literacy practices: theoretical and methodological contributions from anthropology". Virtualidad, Educación y Ciencia 10 (18), 139-144.

SABULSKY, G. Y ALBERIONE, E. (2019). "Prácticas de lectoescritura mediadas por TIC: aportes teóricos y metodológicos desde la antropología". Virtualidad, Educación y Ciencia, 10 (18), 139-144.

SABULSKY, G.; AREVALO, E.A. Y FERNÁNDEZ, P. (2018). "Conocimiento didáctico del contenido mediado por las tecnologías. Un estudio de caso". Virtualidad, Educación y Ciencia 9 (16), 55-73.

SABULSKY, G. Y DANIELI, M.E. (2016). "Formation in technology in intelligent era of technical". Espacios en blanco-Serie indagaciones 26 (1), 59-80.

SABULSKY, G. (2016). "A major challenge: the production of knowledge itself", Virtualidad, Educación y Ciencia 7 (13), 137-139.

CURSOS

CONGRESO INTERNACIONAL

XXXIV ENDIO

XXXII EPIO



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba



EPIO

Escuela de Perfeccionamiento
en Investigación Operativa



DINÁMICA DE SISTEMAS

ALVIMAR DE LUCENA COSTA JUNIOR
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
lucenaalcj@ita.br

RESUMEN

El Minicurso de Dinámica de Sistemas pretende introducir el universo de la Teoría de Sistemas de forma rápida, y poner en conocimiento de la audiencia formas prácticas de modelar un sistema complejo y experimentar algunas situaciones peligrosas, poco éticas, irrealizables (o con alta sospecha de ser irrealizables) e incluso catastróficas (Sterman, 2000, p. 34-35).

Tras los conceptos básicos de la modelización, se presentarán algunas herramientas informáticas disponibles para desarrollar estos modelos y extraer información y conocimientos de ellos, lo que permite probar estrategias y políticas complejas. Algunos ejemplos de aplicación de la Dinámica de Sistemas serán presentados para práctica.

Será también presentado un resumen de la metodología de *Group Model Building*.

FUNDAMENTACIÓN

Según Ronsehead y Mingers (2001), la base de la modelización en Dinámica de Sistemas fue desarrollada en los años 50, por J. Forrester (1961), siendo inicialmente llamada Dinámica Industrial, con un grupo de trabajo de la Sloan School of Management (MIT).

En la actualidad, la Dinámica de Sistemas se reconoce como un método para describir, modelar, simular y analizar dinámicamente problemas o sistemas complejos en términos de procesos, información, fronteras organizativas y estrategias. El método permite abordar sistemas industriales, sociales, medioambientales y geopolíticos.

Según Meadows (2009), el mundo es el que nuestros sentidos nos permiten reproducir como modelos en nuestra mente. Cada vez que intentamos conocer algún acontecimiento, mecanismo o sistema histórico, formulamos un modelo del mismo en nuestra mente, simplificándolo lo suficiente como para comprenderlo dentro de nuestra capacidad. De este modo, este modelo no se comporta exactamente como el mundo real, sino que es una reproducción simplificada de un sistema más complejo. Siendo puntual, sólo funcionará de forma coherente dentro de un margen limitado.

PROGRAMA

Objetivos

Conocer los fundamentos del modelamiento por Dinámica de Sistemas;

Introducir el uso de algunas herramientas para el desarrollo de modelos en Dinámica de Sistemas

Presentar y discutir algunos ejemplos de aplicación para formulación de Políticas y Estrategias



Contenidos

1. Introducción
 - a. Apoyo a la decisión
 - b. Sistemas Complejos
2. Modelamiento en Dinámica de Sistemas
 - a. Diagramas de Lazo Causal
 - b. Estoques e Flujos
3. Herramientas de Dinámica de Sistemas
 - a. Stella
 - b. Vensim
 - c. PySD
4. Aplicación y Ejemplos

Metodología

Presentación de diapositivas, vídeo y voz;
Instalación y operación de software especializado.

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía se detallará en orden alfabético de los autores, al final del Programa, sin numerar, siguiendo los formatos que a continuación se presentan:

AMARAL, J. A. A. (2012). “Desvendando sistemas”. São Paulo: Ed. do Autor, 253 p.

FORRESTER, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. New York: John Wiley e Sons.

MEADOWS, D.H. (2009). *Thinking in Systems: a primer*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 218 p.

MORECROFT, J.D.W. (1988). “System dynamics and microworlds for policymakers”. *European Journal of Operational Research*. V.35. 1988. pp. 301-320.

ROSENHEAD J. & MINGERS J. (2001). *Rational Analysis for a Problematic World: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, 2ª edição, Chichester. John Wiley and Sons, 366 p.

STERMAN, J. D. (1988). *People Express Management Flight Simulator: Software and Briefing Book*. Available from the author, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, MA 02142. Disponível em < <https://ais.ku.edu.tr/course/12475/PeopleExpressUserManual.pdf> >. Acesso em 14 de maio de 2018.

STERMAN, J.D. (2002). “All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist”. *System Dynamics Review* 18, pp. 501-531.

STERMAN, J.D. (2013). “Modeling an Epidemic”. Assignment 1 of Course 15.871 from MIT OpenCourseWare. Disponível em <https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-871-introduction-to-system-dynamics-fall-2013/assignments/MIT15_871F13_ass1.pdf> Acesso em 14 de maio de 2018.

STERMAN, J.D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Cambridge: Irwin McGraw-Hill, 982 p.



CV sintético ALVIMAR DE LUCENA COSTA JUNIOR

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
lucenaalcj@ita.br

Formação acadêmica/titulação

2012 – 2018 - Mestrado em Ciências e Tecnologias Espaciais. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, Sao Jose Dos Campos, Brasil Título: ESTRUTURAÇÃO DE UM MODELO DE DINÂMICA DE SISTEMAS COM GROUP MODEL BUILDING: UM ESTUDO DE CASO EM RECURSOS HUMANOS DO IPEV, Ano de obtenção: 2018 Orientador: Mischel Carmen Neyra Belderrain

2006 – 2006 - Especialização em Gestão Pública. Universidade Federal Fluminense, UFF, Niteroi, Brasil Título: EFEITOS DA ADOÇÃO DA CERTIFICAÇÃO DE AERONAVES DA FAB EM OPERAÇÕES RVSM (MÍNIMO DE SEPARAÇÃO VERTICAL REDUZIDO)

2001 – 2001 - Especialização em Gestão de Aviação Civil. Universidade de Brasília, UnB, Brasília, Brasil Título: Aplicação de DEA na análise de Transporte Aéreo Orientador: Yaeko Yamashita

1993 – 1997 - Graduação em Engenharia Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, Sao Jose Dos Campos, Brasil Título: Elaboração de um Manual Geral de Operações aplicável a empresas de táxi aéreo segundo o RBHA 135 Orientador: Farhad Firoozmand

Artigos em revistas (Magazine)

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N. Decisão de estratégias de recursos humanos de ensaios em voo usando dinâmica de sistemas. INSID Magazine, p.32 - 35, 2020.

Artigos completos publicados em periódicos

JUNIOR, ALVIMAR DE LUCENA COSTA; BELDERRAIN, MISCHHEL CARMEN NEYRA; JUNIOR, MOACYR MACHADO CARDOSO State Aviation Risk Assessment Level Determination Using Hierarchical Fuzzy Inference System Based on Cognitive Maps. Journal of Artificial Intelligence and Systems, v.3, p.1 - 15, 2021.

LUCENA C. J., A.; BELDERRAIN, MISCHHEL CARMEN NEYRA Structuring a System Dynamics Model using Group Model Building: Case study on Flight Test Human Resources. Revista Internacional de Sistemas, v.23, p.72 - 81, 2019.

Trabalhos publicados em anais de eventos (completo)

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M. C. N. STRATEGIES TO DEAL WITH EPIDEMICS USING A SYSTEM DYNAMICS MODEL: A COVID-19 STUDY CASE In: LII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2020, João Pessoa - PB. Anais do LII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2020. v.1. p.1 - 1

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N. An Experiment on Drama Theory: Confrontation using Role Playing Drama as a Problem Structuring Method In: Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa - ISSN 1983-7402, 2019, São José dos Campos - SP. Anais Digitais do XXI SIGE, 2019.

Adriana Cardoso Roberto; LUCENA C.J., A.; Moacyr Machado Cardoso Junior APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAM PARA ANÁLISE DA BAIXA COBERTURA VACINAL DO HPV NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS In: SIMPÓSIO DE



PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 2019, Rio de Janeiro - RJ. Anais Digitais doSPOLM 2019.

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N.; Moacyr Machado Cardoso Junior HIERARQUICAL FUZZY INFERENCE SYSTEM BASED ON COGNITIVE MAPS In: LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2019, Limeira. LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2019. v.02.

AGUIAR, E.S.; LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N. Modelagem da dinâmica populacional do Aedes aegypti: uma abordagem da dinâmica de sistemas In: XIV Congresso Latino Americano de Dinâmica de Sistemas, 2016, São Paulo. Anais do XIV Congresso Latino Americano de Dinâmica de Sistemas, 2016. v.1. p.14.

Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo)

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N. Negotiation on Drama Theory: a Problem Structuring Method In: INnovation for Systems Information and Decision meeting 2019, 2019, Natal - RN. INSID 2019 - Book of Abstracts. , 2019. p.30 – 30.

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N. MELHORIA NO CLIMA ORGANIZACIONAL DO INSTITUTO DE PESQUISAS E ENSAIOS EM VOO (IPEV) POR MEIO DE UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO In: XXX Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO), 2017, Córdoba, AR. Anales de XXX Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO). Digital: Digital, 2017. v.1. p.1 – 294.

Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo expandido)

LUCENA C.J., A.; BELDERRAIN, M.C.N.; LAHOZ, C.H.N. Safety Analysis by concurrent teams: use of conflict simulation under Drama Theory on a Social Experiment In: Virtual 2020 INSID - Innovation for Systems Information and Decision Meeting, 2020 INSID 2020 Meeting Proceedings. , 2020. v.1. p.188 – 190.

Demais produções técnicas

LUCENA C. J., A.; BELDERRAIN, M. C. N. Introducción a la Dinámica de Sistemas y Group Model Building, 2020. (Outro, Curso de curta duração ministrado)

LUCENA C. J., A. Introdução à Dinâmica de Sistemas, 2019. (Outro, Curso de curta duração ministrado).

TRABAJOS

CONGRESO INTERNACIONAL

XXXIV ENDIO

XXXII EPIO



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba





DESARROLLO DE FUNCIONALIDAD PARA LA TRAZABILIDAD DE RECURSOS EN LA PLATAFORMA AYUD@RG - PROYECTO KOINONÍA

DARÍO A. FERNÁNDEZ TORRE – SANTIAGO WAGNER
Facultad de Ciencias Exactas–Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
dariofernandeztorre@gmail.com – santiwagner9@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo describe una optimización orientada a la instanciación de mecanismos que permiten definir la trazabilidad en un sistema integral de gestión de donaciones; en particular de la plataforma AYUD@RG de la asociación civil Proyecto Koinonía, que opera en la actualidad en la ciudad de Tandil y ha servido de nexo coordinante en numerosas campañas de ayuda solidaria.

Teniendo en cuenta que es recomendable disponer en todo momento de la información asociada a las donaciones; esto permitirá generar datos de crucial importancia para relevar estadísticas, identificar tendencias, e incluso predecir comportamientos vinculados a las donaciones requeridas eventualmente.

Palabras Clave: ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN – LOGÍSTICA – SISTEMAS DE INFORMACIÓN – ORGANIZACIÓN

ABSTRACT

The present work describes an optimization aimed at the instantiation of mechanisms that allow defining traceability in a comprehensive donation management system; particularly AYUD@RG from the civil association Proyecto Koinonía, which currently operates in the city of Tandil and has served as a coordinating link in numerous solidarity aid campaigns in recent years.

Taking into account that it is advisable to have the information associated with the donations at all times; this will allow generating data of crucial importance to gather statistics, identify trends, and even predict behaviors related to donations that might be eventually required.

Keywords: PRODUCTION MANAGEMENT – LOGISTICS – INFORMATION SYSTEMS – ORGANIZATION

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las estrategias de optimización en organizaciones, la informatización de sus sistemas permite revalorizarlas de manera efectiva y con posibilidad de medir el impacto gracias al feedback permanente. Considerando los principios de la investigación de operaciones para la resolución de problemas, el ámbito de definición de los mismos resulta más accesible si se encuentra acotado a soluciones informáticas, con las cuales se trabaja casi con exclusividad en la carrera de Ingeniería de Sistemas, y que sin duda los autores dominan por sobre las demás siendo estudiantes de la misma.

El sistema de la plataforma de ayuda social AYUD@RG de Proyecto Koinonía opera en la actualidad en la ciudad de Tandil, y posee como característica principal, un alto grado de heterogeneidad en su desarrollo informático puesto que su estructura ha evolucionado gracias a los aportes de las partes que han trabajado sobre el mismo.



Tratándose entonces de una optimización a realizar sobre un problema real (trazabilidad de donaciones) enmarcado en el Proyecto de Gestión Informática del Conocimiento como soporte para la toma de decisiones Organizacionales, las conclusiones que serán desarrolladas son mayoritariamente producto de las observaciones empíricas ya realizadas sobre este sistema.

2. DESARROLLO

2.1. Contexto y Problemática

Proyecto Koinonía se posiciona como una asociación civil que ofrece un conjunto de servicios a distintos sectores de la sociedad basados en la implementación, configuración, aplicación y uso de tecnologías de la información, entre ellos y sobre el cual se desarrollará la optimización del presente trabajo, se encuentra la herramienta AYUD@RG.

La misma se propone como una solución integral al trabajo en redes sociales de las instituciones que vinculan la oferta y demanda de productos o servicios, y constituye un puente entre las necesidades de la comunidad, plasmadas a través de proyectos en las instituciones con vocación social y la ayuda brindada por la sociedad en general (la cual puede dirigirse hacia una campaña particular u ofrecerse a través del sistema). Por otro lado, los servicios desarrollados son expuestos a distintos niveles y experiencias en las ONGs que los utilizan, con realidades que presentan características comunes: atienden necesidades sociales y la demanda de recursos suele ser superior a la oferta (Bueno, Dos Reis, Illescas, Tripodi, Xodo, 2020).

Es fundamental contar con la mayor cantidad de métricas posibles con respecto a los elementos presentes en el flujo de donaciones. Siendo así, que la comunidad en general realiza sus aportes en base a los recursos solicitados por las organizaciones o simplemente por disponer de los mismos (recordando la relevancia de estos siendo que se dispone de oferta inferior a la demanda); al ingresar estos al sistema se desea poder conocer el estado de los elementos ofrecidos mediante la implementación de un módulo que permita acceder a esta información y actualizarla conforme sea conveniente a lo largo de su ciclo de vida.

2.2. Objetivo

Se desea mantener la información relacionada al historial de donaciones de un recurso a lo largo de su vida en el sistema de la plataforma. Dicha funcionalidad permitirá obtener informes y métricas relacionadas al camino de los recursos que han sido ofrecidos y/o donados (con la posibilidad de pasar por varias instituciones) así como también mantener un seguimiento detallado del estado de los mismos. El historial de un recurso posee información muy útil que permitirá extender la visión general del uso de la plataforma AYUD@RG, tanto a nivel de funcionalidad actual como de flexibilidad para incorporar nuevas herramientas en el futuro.

2.3. Marco de referencia

Los dos conceptos fundamentales de la trazabilidad son, según Bechini, Cimino, Lazzerini, Marcelloni y Tomasi (2005): seguimiento y rastreo. En el primer caso se habla de la posibilidad de seguir un elemento hacia el futuro en su ciclo de vida, mientras que en el segundo el concepto se extrapola hacia el pasado.

Bendaoud, Lecomte y Yannou (2012) destacan la relevancia institucional de establecer métodos que permitan seguir y rastrear los elementos partícipes de un sistema mediante la implementación de un Sistema de Trazabilidad (ST). En particular la definición provista por los autores indica que un ST es un "sistema estructurado de tal forma que permite la reconstrucción total o parcial del ciclo de vida de un conjunto



determinado de productos físicos". De esta forma se concluye que la exitosa implementación de un ST satisfará los requerimientos enunciados en el problema.

Más allá de esta definición elemental, la estructura de un ST puede ampliarse dadas las descripciones de diferentes autores. Moe (1998) agrega que el ST es la estructura fundamental que realiza la trazabilidad tanto del producto como de sus actividades asociadas (entidades clave), en donde ambos tienen descriptores como por ejemplo el tipo de producto, actividad (campana en este caso), cantidad, y registros de tiempo. Esta información debe ser almacenada con el objetivo de poder realizar mediciones en el futuro.

En base a estas definiciones, se propone utilizar los cuatro pilares del *framework* de ST propuesto por Gamberi, Manzini y Regattieri (2007) representados en la Figura 1, a modo de guía para el diseño del sistema. Según estos autores, también es importante destacar que existen elementos por fuera de los mismos, ya que son necesarias herramientas externas para realizar la trazabilidad, como podrían ser los códigos bidimensionales (barras o QR) o identificadores de radiofrecuencia (*chips* RFID) para el seguimiento de los elementos.

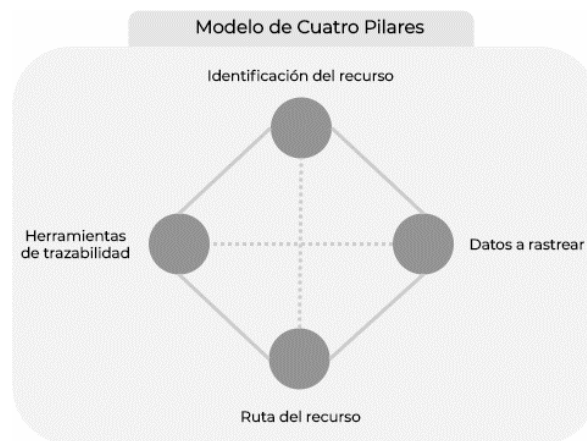


Figura 1: Modelo de Cuatro Pilares.

2.4. Prácticas de trazabilidad y Tecnologías

Con el fin de identificar y registrar el camino trazado por un recurso a lo largo del tiempo es necesario establecer: qué información se desea guardar, qué tecnologías se usarán como soporte a la trazabilidad y cómo se identificarán los recursos. En este contexto, el modelo de los cuatro pilares puede aplicarse perfectamente en términos de trazabilidad para los recursos donados, siendo:

- Identificación del recurso: las donaciones u ofrecimientos son los elementos en cuestión sobre los cuales se desea mantener una trazabilidad.
- Datos a rastrear: los datos relacionados al proceso de donación y las entidades participantes componen el conjunto de datos a ser almacenados.
- Ruta del recurso: el camino trazado por un recurso tras sucesivas donaciones efectivas/completadas representa la ruta del mismo durante toda su vida en el sistema.
- Herramientas de trazabilidad: la infraestructura de la plataforma AYUD@RG y el uso de generadores y lectores de códigos QR son las herramientas que otorgan soporte a la trazabilidad de las donaciones.



Se optará por la utilización de códigos QR relacionados unívocamente al identificador de cada recurso como tecnología, permitiendo así recuperar la información sobre el mismo y el camino que ha transitado.

El uso de herramientas de trazabilidad en el sistema es crucial para una buena performance en el seguimiento y rastreo de recursos donados, dado que permiten fortalecer la relación entre los usuarios con la información del historial de las donaciones que han realizado y consecuentemente el valor ofrecido por la plataforma.

2.5. Solución

Cada recurso se dará de alta con su cantidad y unidad de medición y poseerá un único identificador durante toda su vida en el sistema. Al momento de realizar una donación, se creará una nueva instancia del tipo recurso (hijo) del recurso a donar (padre) manteniendo las propiedades de nombre, categoría, entidad propietaria y unidad de medida, y cuya cantidad será la que se desea donar, siendo ésta, restada del recurso padre del cual se originó. Este comportamiento se ejemplifica de forma elemental en la Figura 2, aquí se ve que el recurso hijo está comprometido (*committed*) con una transacción dentro de una donación, a diferencia de su padre que está disponible para participar en otras donaciones (*alive*). Desde aquí, puede suceder que la transacción sea rechazada por la institución receptora o cancelada por el donante, de ser así el recurso hijo pasará a estado muerto. También se revertirá la sustracción aplicada con anterioridad para restablecer la cantidad del padre.

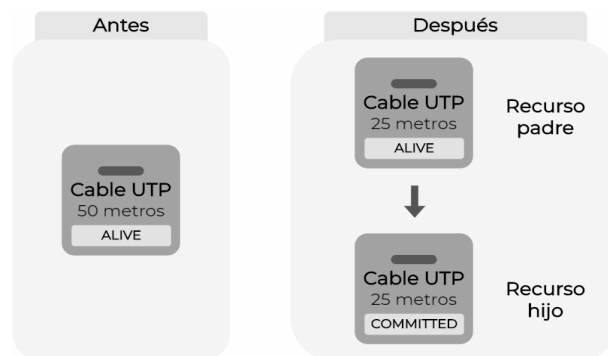


Figura 2: Creación de recurso hijo tras una donación.

Si la transacción se completa, el recurso hijo tendrá una nueva entidad propietaria: la institución receptora. Luego su estado pasará a disponible y se mantiene la referencia a la instancia padre. Los estados posibles adoptados por los recursos pueden apreciarse en el grafo de la Figura 3.

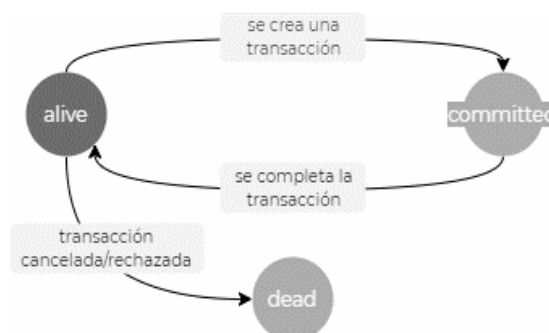


Figura 3: Diagrama de transición de estados de un recurso.



2.6. Donaciones de varios recursos

Una donación puede estar compuesta por una o varias transacciones, cada una atada a un recurso que se desea donar. A su vez, cada transacción puede estar relacionada directamente a una demanda dentro de un proyecto propuesto por la entidad receptora. También, el donante puede incluir un comentario adicional indicando detalles adicionales sobre la transacción.

Una institución, a través de su encargado asignado por un administrador del sistema (roles de usuarios), puede elegir entre rechazar o aceptar las transacciones dentro de una donación. Por defecto, una transacción se encuentra en estado pendiente (*pending*) a la espera de una acción por parte del encargado. En caso de que esta sea rechazada (*rejected*), el encargado puede añadir un comentario indicando el motivo de dicha acción. De aceptarse la misma (*accepted*), se forma y establece mediante el sistema el compromiso de ambas partes de atender a la transferencia del recurso. Una vez que el recurso se encuentra en posesión de la entidad receptora, la misma debe indicar que la transacción se completó satisfactoriamente (*completed*). La misma posee también la opción de emitir una opinión y calificar la transacción, la cual se verá asociada al perfil del donante.

El estado global de la donación se determina a partir de los estados de sus transacciones y el funcionamiento explícito del estado de las donaciones en función de sus transacciones queda definido por lo establecido en una tabla de doble entrada.

2.7. Tratamiento de las Instituciones

Una institución sólo puede ser dada de alta por un administrador. Dicho rol/privilegio también permite asignar un encargado de la institución con las facultades: editar información de la institución, crear proyectos, aceptar/rechazar/confirmar transacciones, y emitir calificación de las mismas.

Un proyecto posee un conjunto de demandas de recursos y las transacciones pueden estar directamente relacionadas a dichas demandas. Es facultad del encargado de la institución determinar si esta se encuentra satisfecha (*satisfied*), con la posibilidad de dejarla abierta (*open*) a la recepción de más recursos o no (*closed*). El estado por defecto de las demandas es “insatisfecha” (*unsatisfied*).

2.8. Recuperación de historial de recursos

A partir de la estructura tipo árbol resultante es posible recuperar la información hacia atrás de un recurso dado a partir de la cadena de referencias creadas hacia los padres, donde cada uno tendrá también una transacción asociada indicando detalles relacionados al proceso de donación que dio origen al mismo. Esta estructura da soporte al componente de rastreo del concepto de trazabilidad.

Análogamente, si se quisiera obtener información sobre el historial que ha transitado su recurso desde que lo donó, también podría hacerlo a partir de la misma estructura, incluso con la posibilidad de obtener información sobre transacciones que no prosperaron dado que en una transacción rechazada/cancelada se mantiene la instancia de recurso en estado muerto y una referencia al recurso de origen.

2.9. Implementación

Se propone como núcleo de las funcionalidades mencionadas, la implementación de una API REST utilizando Java Spring y MySQL. Spring Data JPA, junto a Hibernate como *framework* ORM, permite la traducción de las clases Java a un esquema relacional de manera automática.

A grandes rasgos, los endpoints son las direcciones de la API que permiten dar respuesta a las peticiones hechas al sistema. La existencia de estos está ligada directamente a la cantidad de entidades modeladas para la API de la solución. Los



mismos no se encuentran diseñados para interactuar directamente con el usuario final, sino que esta interacción quedará relegada a los *entrypoints* de la interfaz web del sistema AYUD@RG.

Para finalizar de dar soporte al ST, es posible incorporar herramientas de trazabilidad utilizando estos endpoints para recuperar información sobre los recursos; particularmente, es posible el uso de códigos QR asociados al ID de cada recurso. Debe mencionarse entonces, que no hay restricciones con respecto a su utilización debido a que se trata en síntesis de la instanciación de una herramienta externa, de esta forma la solución que da soporte a los pilares se ve satisfecha por la robustez del patrón y diseño de la API REST.

3. CONCLUSIONES

Si bien la plataforma AYUD@RG comenzó a operar hace algunos años, se trata de un concepto nuevo establecido en la ciudad de Tandil, para el cual la cantidad de campañas ha comenzado a aumentar gradualmente. Este crecimiento genera la aparición de nuevas problemáticas a tratar, y sin duda la implementación de un ST que permita realizar una trazabilidad adecuada es una que debió ser resuelta para mantenerse al día tanto en cuestiones tecnológicas como de escalabilidad.

Un ST permite no solo realizar un seguimiento tanto de los productos o servicios ofrecidos en las donaciones, sino también de las actividades involucradas en el proceso. De todas formas es prudente recordar que la confiabilidad del sistema de seguimiento sólo será válida siempre y cuando se encuentran presentes los identificadores de los elementos, su conjunto de datos asociados y las herramientas de seguimiento y rastreo, es decir, se respeten los pilares del modelo utilizado para diseñar la solución de software. De esta forma se logra la trazabilidad efectiva en el sistema para la cadena de donaciones siempre que se respete el funcionamiento y la utilización de las herramientas disponibles por completo por parte de los actores responsables de interactuar con el ST. Siendo así, será de vital importancia procurar la correcta utilización por parte de los usuarios del ecosistema digital.

4. REFERENCIAS

BECHINI A., CIMINO M.G., LAZZERINI B., MARCELLONI F. y TOMASI A. (2005): "A general framework for food traceability". In Applications and the Internet Workshops, 2005. Saint Workshops 2005. The 2005 Symposium. IEEE, pp. 1-2.

BENDAOU M., LECOMTE C. y YANNOU B. (2012): "A methodological framework to design and assess food traceability systems". International Food and Agribusiness Management Review, pp. 2.

BUENO M., DOS REIS M., ILLESCAS G., TRIPODI G. y XODO D. (2020): "Avances en el proyecto de Análisis y elaboración de datos para el desarrollo de un sistema de indicadores de ayuda social". INTIA, Grupo en Informática de Gestión - Centro asociado CIC. Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, pp. 1.

GAMBERI M., MANZINI R. y REGATTIERI A. (2007): "Traceability of food products: General framework and experimental evidence". Journal of food engineering, pp. 355.

MOE T. (1998): "Perspectives on traceability in food manufacture". Trends in Food Science & Technology, pp. 212.



OBTENCIÓN DE LA MEZCLA DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN POR METAS EXTENDIDA

ESTEBAN ALEJANDRA M. – BERARDI MARÍA BETINA – ZÁRATE CLAUDIA N.
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar Del Plata
aesteban@fi.mdp.edu.ar - bberardi@fi.mdp.edu.ar - cnzarate@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se abordó el problema de la determinación de la mezcla de productos en un sistema de producción. Se estudió una empresa que fabrica y vende cuatro bienes. Estos deben pasar por seis centros de trabajo que poseen diferentes características respecto del uso de los recursos y de su disponibilidad. El decisor se encuentra frente a un problema multiobjetivo, donde debe hallar una mezcla de producción que cumpla con la demanda, maximice la utilización de los recursos y del beneficio. Se utilizó la Programación por Metas Extendida como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, obteniéndose cuatro soluciones distintas para el problema presentado.

Palabras Clave: ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN – MEZCLA DE PRODUCCIÓN- PROGRAMACIÓN POR METAS PONDERADAS – PROGRAMACIÓN POR METAS MINIMAX – PROGRAMACIÓN POR METAS EXTENDIDA.

ABSTRACT

This paper addressed the problem of determining the product mix in a production system. A company that manufactures and sells four goods was studied. These goods must pass through six work centers that have different characteristics with respect to the use of resources and their availability. The decision maker is faced with a multi-objective problem, where he must find a production mix that meets demand, maximizes resource utilization and profit. Extended Goal Programming was used as a decision support tool. Four different solutions were obtained.

Keywords: PRODUCTION MANAGEMENT – PRODUCTION MIX – WEIGHTED GOAL PROGRAMMING – GOAL PROGRAMMING BY MINIMAX – EXTENDED GOAL PROGRAMMING.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla para el caso de una empresa manufacturera, que comercializa alrededor de treinta productos distintos, aunque el 80 % de la facturación es generada por cuatro productos, que se denominarán X_1 , X_2 , X_3 y X_4 .

En dichas instalaciones se desarrollan seis operaciones principales:

- la recepción y descarga de las cajas con las distintas partes que componen los artículos;
- el almacenamiento de las mismas;
- el ensamble, pintado y empaque de los productos;
- el despacho hacia el cliente.

En los últimos meses, y como resultado de varias acciones exitosas realizadas por la dirección, destinadas a aumentar las ventas, la capacidad de las instalaciones se ha visto ampliamente superada y muchos pedidos no pueden satisfacerse. El análisis de esta situación permite entender que es necesario decidir cuál es la mezcla que, con las instalaciones actuales, más conviene realizar. Es decir, inicialmente el problema se remite a la obtención de la combinación que maximiza el beneficio.



No obstante, el gerente de operaciones de la organización es consciente de que no siempre el criterio del máximo beneficio es el único que debe considerarse. Por un lado, existen las prioridades competitivas que son las herramientas con que cuenta el sistema para consolidar su estrategia. Entre ellas la satisfacción del cliente no puede ser relegada. Por el otro, se deben considerar eventualidades propias del funcionamiento del sistema de operaciones, tales como el equilibrio entre la carga de trabajo entre los distintos puestos. En particular, para este último caso, se puede observar en la operatoria diaria una importante diferencia entre el grado de ocupación entre los operarios de la descarga -que es menor- y los operarios del despacho, resultando en cierto malestar en el piso de producción dado que su paga es similar (se rigen por el mismo convenio). En casos como estos, es necesario planificar la producción de forma que se cumpla con múltiples objetivos.

La Programación por Metas (PM) es una metodología adecuada para resolver problemas multiobjetivo, además, brinda al tomador de decisiones toda la información necesaria para realizarlo. Permite asignar importancia relativa a las distintas metas siguiendo diversos criterios. Existen tres modelos de PM ampliamente propuestos en la literatura: la programación por metas Ponderadas (PMP), la programación por metas Lexicográfica (PML), y la programación por metas MinMax o de Chebyshev (PMM). La combinación de PMP y PMM da lugar a una variante híbrida que es la PM extendida (PME).

Las principales áreas de las organizaciones tales como comercialización, producción, recursos humanos, finanzas, han utilizado en forma exitosa la PM como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones. En particular, el problema de la determinación de la mezcla de producción utilizando PM ha sido abordado por numerosos autores entre los que es posible citar a Rodríguez Uria, Caballero, Ruiz y Romero (2002), Tanhaie y Nahavandi (2017), Broz, Vanzetti, Corsano y Montagna (2019), entre otros. La PME fue aplicada por Broz, Durand, Rossit, Tohmé y Frutos (2016) para la planificación de la cadena de suministro en la industria forestal, encontrado resultados satisfactorios en el logro de todas las metas planteadas, a excepción de una de ellas.

El objetivo de este trabajo es encontrar la mezcla de producción utilizando la PME, que no solo contemple la maximización del beneficio, sino que considere otras metas de importancia para el sistema, tales como el grado de satisfacción del cliente y el equilibrado de las cargas de trabajo entre las operaciones de Descarga (DC) y Despacho (DP).

La estructura del trabajo es la siguiente:

- En la próxima sección se presenta el marco teórico y la revisión bibliográfica que permitieron el análisis y la propuesta de soluciones válidas al problema planteado.
- En la sección de desarrollo se presentan los principales datos de costos y del uso de recursos necesarios para la producción. Se plantean los escenarios de soluciones halladas, a través de la Programación por Metas Extendida.
- Finalmente, se hace un análisis de resultados y se presentan las conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

Un elemento clave de los distintos modelos de PM es la definición de la función objetivo que representa la expresión matemática de la minimización de las desviaciones. Las distintas variantes en estos modelos son el resultado de variaciones en la definición de la función objetivo.

La PMP también conocida como Programación por Metas arquimediana, busca minimizar el logro agregando las metas en una única función. Por otra parte, el enfoque de PMM trata de encontrar la solución que minimiza la desviación de la meta que se



encuentra más desplazada o la peor. Por lo tanto, este tipo de función de logro proporciona una solución que da la máxima importancia al objetivo más desplazado con respecto a su meta. De esta manera, se obtiene la solución más equilibrada en la consecución de los diferentes objetivos (máxima equidad).

No obstante, como sugiere Romero (2004), es posible representar un modelo combinando PMP y PMM. De esta forma se obtiene un modelo denominado Programación por Metas Extendida (PME) cuya solución establece un balance entre el máximo logro agregado entre las metas y la solución más equilibrada. El modelo PME se presenta en las Ecuaciones 1 a 5, este incluye la función objetivo y q restricciones meta y $1+q$ hasta m restricciones estructurales.

Función de logro

$$\text{Min } (1 - \lambda)D + \lambda \sum_{i=1}^q (\alpha_i n_i + \beta_i p_i) \quad (1)$$

Sujeto a:

$$(\alpha_i n_i + \beta_i p_i) - D \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + n_i - p_i = t_i \quad i \in \{1 \dots q\} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad i \in \{q + 1 \dots m\} \quad (4)$$

$$X_j \geq 0, \quad n_i \geq 0, \quad p_i \geq 0, \quad \lambda \in [0,1] \quad (5)$$

Siendo:

D = la máxima desviación;

λ = pondera la importancia otorgada a la minimización de la suma ponderada de las variables de desviación no deseadas, $0 \leq \lambda \leq 1$;

X_j = la variable decisional (cantidad a fabricar de cada producto);

n_i, p_i = desviación negativa y positiva respectivamente respecto del objetivo;

t_i = valor objetivo de la meta o "target";

$\alpha_i = w_i/k_i$, si n_i es no deseada en caso contrario $\alpha_i = 0$;

$\beta_i = w_i/k_i$, si p_i es no deseada en caso contrario $\beta_i = 0$;

w_i = pesos de ponderación o de preferencia; permiten diferenciar los distintos objetivos en orden de importancia, valores mayores representan metas más importantes;

k_i = constante de normalización, la más utilizada por su simplicidad es el objetivo t_i .

Cabe destacar que cuando $\lambda = 0$ la función objetivo corresponde al modelo de PMM, mientras que $\lambda = 1$ corresponde al modelo de PMP. Para los valores intermedios de este factor, las soluciones halladas proveen una combinación de ambos modelos

3. DESARROLLO

En este apartado, se expone en primer término la metodología aplicada en el desarrollo del trabajo. Posteriormente, se muestran el relevamiento de los procesos y sus características más importantes. En la sección de resultados se presenta la solución del modelo PME y el análisis.

3.1 Metodología

Se utilizó el software Excel junto con el complemento Solver, para obtener los resultados de los modelos PME analizados.

La evaluación de las distintas soluciones brindadas por los modelos se realizó a través de los siguientes indicadores, Ecuaciones 6 a 8:

$$\text{Ir: Indicador de rentabilidad} = \frac{\text{Rentabilidad del modelo}}{\text{Rentabilidad máxima}} * 100 \quad (6)$$



$$I_x_j: \text{Indicador de satisfacción al cliente} = \frac{X_j}{D_j} * 100 \quad (7)$$

$$IEQ: \text{Indicador de equilibrado entre cargas de trabajo DC y DP} = \frac{\text{horas en DC}}{\text{horas en DP}} * 100 \quad (8)$$

Siendo:

D_j = Demanda del producto j ;

DC = horas de actividad Descarga;

DP = horas de actividad Despacho.

A partir del propósito presentado, considerando las características que plantean las diferentes formas de llegar a la mejor solución utilizando la PME, y analizando la situación actual de la organización, se definen las siguientes metas a tratar de cumplir:

1. Obtener el máximo beneficio (M_1).
2. Equilibrar la carga de trabajo entre DC y DP (M_2).
3. Ajustar la producción a la demanda de los cuatro productos (M_3 - M_4 - M_5 y M_6).

Se presenta seguidamente una caracterización general del sistema operativo de la empresa.

3.2. Caracterización del sistema operativo

3.2.1. Los procesos

A partir de la recepción de los productos prefabricados se realizan las siguientes operaciones.

- Se descargan en lotes utilizando autoelevador y puente grúa (X_1 y X_3);
- se almacenan en lotes en estanterías;
- se transportan en forma individual en carros hasta el área de procesamiento donde se ensamblan, se pintan y se empacan;
- se transportan en carros hasta la zona de despacho y se envían con autoelevador en forma individual.

3.2.2 Características técnico-económicas de la planta

Se relevó la capacidad de producción disponible. De este relevamiento resultan las cantidades de horas que se tienen disponibles en cada una de las actividades. Así, la actividad Descarga (DC) posee una capacidad de 640 h/mes, Almacenamiento (AL) de 160 h/mes, Ensamble (EN) de 1920 h/mes, Pintura (PI) 1280 h/mes, Empaque (EQ) 960 h/mes y Despacho (DP) 640 h/mes.

En Tabla 1 se detallan las características económicas de los productos como así también el consumo de los recursos por parte de cada uno de ellos.

Del análisis de la capacidad de las instalaciones, para la demanda proyectada, surge que la operación de DP representa el cuello de botella con un porcentaje de carga del 180,5 %. Se deduce de aquí que la capacidad actual del sistema no puede satisfacer la totalidad de la demanda.

	X_1	X_2	X_3	X_4
Demanda [u/mes]	800	450	500	600
Beneficio BU [\$ /u]	338,75	885,88	1080	452,5
Descarga (DC)[h/u]	0,333	0,283	0,5	0,025
Almacenamiento (AL)[h/u]	0,017	0,025	0,005	0,04
Ensamble (EN)[h/u]	0,49	0,361	0,32	0,56
Pintura (PI)[h/u]	0,65	0,25	0,42	0,68
Empaque (EQ)[h/u]	0,65	0,68	0,74	0,62
Despacho (DP)[h/u]	0,6	0,6	0,45	0,3

Tabla 1: Características de los productos.



3.3. Análisis, aplicación de PME y resultados

A partir de los datos relevados se plantea en primer término la matriz *trade-off* para analizar los conflictos existentes entre las metas propuestas. Posteriormente se aplican los modelos de PME y las soluciones se evalúan a través de los indicadores de logro definidos y sus estadísticos.

3.3.1. Matriz Trade Off

La matriz *trade off* se presenta en la Tabla 2. Los valores resaltados en negrita representan los valores ideales, mientras que los valores entre paréntesis en itálica los valores antiideales.

	max Beneficio	max DC	max X ₁	max X ₂	max X ₃	max X ₄
BU	1 155 413	1 120 029	(1 032 568)	1 141 579	1 141 931	1 142 383
DC	397,2	480,4	427,8	442,7	449	391
X ₁	(27)	691	800	188	210	310
X ₂	450	(0)	20	450	450	80
X ₃	500	500	(310)	500	500	500
X ₄	429	(1)	20	100	60	600
DP	639,9	639,9	637,5	637,8	637,8	639
DP-DC	242,7	159,5	209,7	195,1	188,8	(248,0)

Tabla 2: Matriz Trade Off.

La maximización del beneficio provoca el valor antiideal en la producción de X₁; la maximización de DC genera el valor antiideal en X₂ y X₄ y naturalmente el máximo equilibrio entre DP y DC; la maximización de X₁ produce el valor antiideal en el beneficio y en X₃; la maximización de X₄ origina el valor antiideal en DC, y en consecuencia el máximo desequilibrio entre DP y DC.

De esta matriz se desprende que hay conflictos entre casi todas las metas implicadas en el modelo. Los valores ideales de los diferentes objetivos no pueden ser obtenidos de forma simultánea. La maximización de una meta implica el valor antiideal de otras. Por lo tanto, podemos concluir que un modelo de PM se presenta como sumamente adecuado para obtener resultados satisfactorios.

3.3.2. Aplicación del Modelo PME

Para la ponderación de las metas, el gerente ha acordado entre las distintas partes interesadas, los valores de w_i , indicados en Tabla 3. En la misma tabla se presentan los valores de α_i resultantes de la normalización por el valor objetivo/ideal.

Metas	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
w_i	0,3 3%	33,22 %	16,61 %	16,61 %	16,61 %	16,61 %
α_i	1,8E-09	5,2E-04	2,1E-04	3,7E-04	3,3E-04	2,8E-04

Tabla 3: Valores de w_i , α_i para las M_i metas.

El estudio del modelo de PME, con λ_k variando entre 0 (PMM) y 1 (PMP) proporcionó cinco soluciones distintas de mezcla. Los resultados se presentan en la Tabla 4. En la misma tabla también se muestran los indicadores propuestos para su evaluación.

De la tabla se desprenden las siguientes observaciones:

Las soluciones arrojadas para $\lambda = 0,75$ y $\lambda = 1$, son prácticamente iguales.

El indicador I_r aumenta con λ_k , mientras que IEQ disminuye conforme aumenta λ_k . El indicador I_{x3} se mantiene indiferente a la variación de λ_k . Respecto de I_{x1} , expone su valor máximo para $\lambda = 0$, finalmente I_{x2} e I_{x4} no muestran una correlación lineal con λ_k .

El mayor promedio de los indicadores (\bar{I}_k), es decir, la solución que en promedio alcanza el mayor porcentaje de metas cumplidas se obtiene para $\lambda = 0,75$ y $\lambda = 1$. La



menor desviación estándar (S_k) entre los indicadores se obtiene para $\lambda = 0$ y $\lambda = 0,25$. El mínimo coeficiente de variación (CV_k) se presenta para $\lambda = 0,5$.

λ_k	Beneficio	H DC	X_1	X_2	X_3	X_4	Ir [%]	IEQ [%]	I _{X1} [%]	I _{X2} [%]	I _{X3} [%]	I _{X4} [%]	\bar{I}_k	S_k	CV_k [%]
0	1 135 413	440,2	410	169	500	225	60	69	51	38	100	38	0,59	0,28	47
0,25	1 140 633	435	288	295	500	216	61	68	36	66	100	36	0,61	0,28	47
0,5	1 146 980	404	210	257	500	449	61	63	26	57	100	75	0,64	0,29	45
0,75	1 155 413	397,2	27	450	500	429	61	62	3	100	100	72	0,66	0,63	95
1	1 155 026	396,9	26	450	500	430	61	62	3	100	100	72	0,66	0,63	95

Tabla 4: Resultados y Estadísticas del Modelo PME.

4. CONCLUSIONES

El modelo de programación por metas aplicado permitió cumplir con el objetivo planteado de introducir otras metas a la decisión.

El empleo del modelo no demandó un *software* especializado lo que significa que no se requiere de alta capacitación ni de inversiones importantes para su aplicación.

El análisis de la matriz *trade off* permitió sustentar la aplicación de la metodología propuesta. En ningún caso, las soluciones del modelo igualan las metas maximizadas en dicha matriz

El decisor puede optar por una de las cuatro alternativas diferentes que arrojó el modelo estudiado.

Se observó que el modelo PMM ($\lambda = 0$) devolvió la solución más equilibrada respecto a todas las metas y el modelo PMP ($\lambda = 1$) mostró el máximo logro agregado entre las metas.

La alternativa más balanceada se encontró para $\lambda = 0,5$.

Se plantea como trabajo futuro la variación en los pesos de las metas que pueden surgir como resultado de las eventualidades propias de la dinámica del sistema.

5. REFERENCIAS

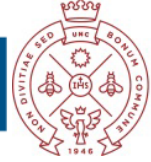
BROZ D., DURAND G., ROSSIT D., TOHMÉ F. y FRUTOS M. (2016): "Strategic planning in a forest supply chain: a multigoal and multiproduct approach". Canadian Journal of Forest Research, vol. 47 (3), pp. 297–307.

BROZ D., VANZETTI N., CORSANO G. y MONTAGNA JM. (2019): "Goal Programming Application for the Decision Support in the Daily Production Planning of Sawmills". Forest Policy and Economics, vol. 102, pp. 29–40.

RODRIGUEZ URÍA M., CABALLERO R., RUIZ F. y ROMERO, C. (2002): "Decision Aiding. Meta-goal programming". European Journal of Operational Research, vol. 136, pp. 422–492.

ROMERO C. (2004): "A general structure of achievement function for a goal programming model". European Journal of Operational Research, vol 153 (3), pp.675–686.

TANHAIE F. y NAHAVANDI N. (2017): "Solving product mix problem in multiple constraints environment using goal programming". Journal of Industrial Engineering and Management Studies, vol. 4 (1), pp. 1–12.



PROGRAMACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA CON UN MÉTODO MULTICRITERIO INDIVIDUAL

JOSÉ FRANCISCO ZANAZZI – JOSÉ LUIS ZANAZZI · DANIEL PONTELLI
Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba
jfzanazzi@unc.edu.ar – jose.luis.zanazzi@unc.edu.ar – dpontelli@unc.edu.ar

RESUMEN

En los desarrollos de la administración moderna, se reconoce que las organizaciones de producción de bienes y de servicios enfrentan problemas complejos y diversos. Aplican herramientas y métodos en sus procesos productivos con el fin de resolver situaciones problemáticas. Deben gestionar la implementación y el seguimiento de las acciones de mejora. Los tiempos de ejecución disponibles y la necesidad de resultados, representan desafíos adicionales. En este sentido, la priorización de acciones configura una actividad estratégica para superar problemas de producción. Este trabajo complementa una herramienta habitual de los sistemas de calidad con un método multicriterio compensatorio individual que permite programar las acciones resultantes. Un ejemplo de aplicación muestra la propuesta. En las conclusiones se exponen los resultados y las limitaciones.

Palabras Clave: SISTEMAS DE CALIDAD – PRIORIZACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA – ANÁLISIS DEL MODO DE FALLA Y SUS EFECTOS (AMFE) - MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO INDIVIDUAL – FITRADEOFF

ABSTRACT

In the developments of modern administration, it is recognized that the organizations of production of goods and services face complex and diverse problems. They apply tools and methods in their production processes in order to solve problematic situations. They must manage the implementation and monitoring of improvement actions. The available run times and the need for results pose additional challenges. In this sense, the prioritization of actions configures a strategic activity to overcome production problems. This work complements a common quality systems tool with an individual compensatory multi-criteria method that allows the resulting actions to be programmed. An application example shows the proposal. The conclusions set out the results and limitations.

Keywords: QUALITY SYSTEMS - PRIORITIZATION OF IMPROVEMENT ACTIONS - ANALYSIS OF FAILURE MODE AND ITS EFFECTS (AMFE) - INDIVIDUAL MULTI-CRITERIAL DECISION METHODS - FITRADEOFF

1. INTRODUCCIÓN

En la literatura se pueden observar múltiples recomendaciones para enfrentar problemas organizacionales. Para los sistemas de calidad y la administración de los procesos productivos, se identifican variadas propuestas para la resolución de problemas. Existe una tendencia a desarrollar metodologías orientadas a reducir los tiempos de análisis. Son modificaciones basadas en herramientas clásicas, que tienen como sustento el enfoque P-D-C-A de Deming o recomendaciones de normativas estandarizadas orientadas a reglar los sistemas de calidad.



Hay críticas para este tipo de enfoques debido a que las dificultades en la consecución de resultados radican en la complejidad de los problemas organizacionales que está asociada a múltiples dimensiones. El contexto organizacional del problema, las partes interesadas, los múltiples actores involucrados, la estructura de la organización, las normativas y sistemas que aplica, la competencia, los requisitos ambientales, la cultura organizacional, su visión y valores, son aspectos que influyen en la administración de los procesos productivos. Este trabajo admite la existencia de diversas causas que generan la aparición de problemas, y considera que configuran escenarios inciertos y con intereses en conflicto, que condicionan el éxito de una acción empresaria.

En opinión de los autores, los problemas deben ser abordados desde una visión holística profunda para obtener soluciones complejas y robustas. Desde esta óptica, los problemas demandan un enfoque integrado que permitan modelarlos en forma flexible y participativa.

El artículo presenta un ejemplo de la industria automotriz, dónde se necesitan priorizar acciones para facilitar su implementación y gestión. Las propuestas surgen de la aplicación de una herramienta tradicional, propia de los sistemas de calidad, conocida como Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE). Se utiliza como ejemplo un proceso de producción de resortes para automóviles. Esta metodología evalúa cada etapa y operación del proceso productivo, a los fines de proponer actividades que permitan modelar el riesgo y mejorar la robustez del proceso. De este modo, se genera gran cantidad de acciones y su gestión es compleja.

El AMFE tiene falencias, no posee buena capacidad de discriminación para priorizar las acciones que surgen del análisis y, además, entre sus valoraciones, no incorpora criterios como el costo, cuestión que es un condicionante para su ejecución.

En general, la herramienta se aplica en conjunto con el grupo interviniente en la línea de producción, y su responsable, en forma individual, debe definir el ordenamiento de las acciones propuestas. El líder del proceso debe priorizar esas acciones, debe obtener el compromiso de quienes las implementan y, a su vez, gestionar el seguimiento. Desde este punto de vista, debe resolver un problema de decisión con múltiples objetivos y desde diversos aspectos. Configura un problema típico que puede ser modelado con Decisión Multicriterio Discreta (DMD), dónde las acciones que surgen del AMFE necesitan ser evaluadas en relación a ciertos criterios. Por ello, en este caso, se propone superar esas falencias con un método multicriterio compensatorio aditivo individual que permita ordenar las acciones, conocido como FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) y le ayude al responsable de la línea a programar las actividades.

El artículo continúa con una breve descripción de las herramientas utilizadas, un apartado con la metodología adoptada, la descripción del ejemplo de aplicación, los resultados obtenidos y las conclusiones generales.

1.1. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

Es un método que permite realizar una revisión continua de diferentes tipos de sistemas, orientado a identificar posibles modos de fallas y mitigar sus consecuencias. Diseñado en los años cuarenta, por la industria aeroespacial, este recurso ha sido transferido a diversas actividades de producción (Mikulak et al., 2017). Tiene un carácter predictivo, permite cuantificar los riesgos en función de la criticidad de cada modo de falla, de su ocurrencia y de la capacidad de detección. Busca brindar una priorización de los modos de falla y una lista de acciones (Frank, A. G., et al., 2014).

Entre los múltiples campos de aplicación de la herramienta, se puede citar como ejemplos: el tratamiento de problemas vinculados con la salud, la consideración de



riesgos en la selección de proveedores; la prevención de problemas en el desarrollo de software; o la mejora de sistemas de gestión en bibliotecas (Zanazzi, 2010).

En sus aplicaciones y en sus diferentes ediciones, el método tiene un formulario base característico que conduce a separar el proceso en operaciones y a distinguir los requerimientos técnicos de cada operación. A continuación, solicita analizar posibles modos de falla y expresar los efectos de esas fallas. Conforme esos efectos, una tabla permite valorar la gravedad del problema, mediante un indicador (G). El siguiente paso requiere analizar las causas que provocan cada modo de falla y valorar su probabilidad de ocurrencia, con otro indicador (O). Luego, se consignan los sistemas de control implementados en cada puesto de trabajo y se mide su capacidad de detección del modo de falla, mediante un tercer indicador (D). Los tres indicadores mencionados se encuentran definidos en la escala 1 a 10, donde 1 es la mejor situación, en tanto que 10 es la peor. El producto de los índices anteriores, se denomina Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), o Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR).

Hasta el año 2008, las empresas que aplicaban el AMFE segunda o tercera versión, debían adoptar un umbral de NPR para tomar acciones de mejora. Por lo general, cuando el NPR era mayor a 80, se iniciaban acciones de mejora. El AMFE, en estas versiones, fomenta una tendencia a manipular los indicadores, para no superar los NPR límites. Además, las empresas centran sus controles en la cantidad de no conformidades aparentemente resueltas, exigiendo demostraciones de esos avances. De este modo, la organización se centra en acciones superficiales que son costosas.

Estas desventajas se formalizan en la metodología propuesta en su cuarta versión, donde los análisis se orientan a implementar controles automatizados en las operaciones clave de los procesos. En esta versión, las automotrices norteamericanas resolvieron abandonar la práctica de requerir acciones, a partir de ciertos umbrales de NPR. En su reemplazo, surgieron una gran variedad de criterios.

En junio de 2019, un trabajo conjunto entre automotrices alemanas y norteamericanas, ha impuesto un nuevo manual, conocido como *AIAG (Automotive Industry Action Group) & VDA (Verband Der Automobilindustrie) FMEA Handbook* (2019) que, por el momento, solo debe ser aplicado en nuevos procesos. El manual incluye una tabla de priorización de acciones con categorías alta, media y baja. Además, relaciona estas categorías a colores del semáforo, que facilitan su identificación. La priorización está en función de los indicadores adoptados: G, O y D.

Sin embargo, las distintas soluciones adoptadas, mantienen desventajas como las siguientes (Maisano, D. A., Franceschini, F., & Antonelli, D., 2020):

- La cantidad de acciones comprometidas puede ser muy elevada, lo que perjudica la calidad de las tareas de mejora efectivamente realizadas. El manual *AIAG FMEA*, sugiere que no se debería analizar en forma simultánea, más de cinco modos de falla.
- La herramienta no contempla mecanismos de control para reducir la incertidumbre por faltantes o errores en la información que se utiliza.
- El método requiere un análisis con grupos de expertos multidisciplinarios para estimular la participación y el intercambio de perspectivas, pero no prevé un mecanismo de medición del consenso o grado de acuerdo.

1.2. Método Multicriterio *FITradeoff (Flexible and Interactive Tradeoff)*

FITradeoff, es un método multicriterio propuesto para obtener pesos de los criterios de manera interactiva y flexible (de Almeida, A. T., de Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., & de Almeida-Filho, A. T., 2016). Utiliza información parcial sobre las preferencias del tomador de decisiones, de acuerdo con un modelo aditivo en el alcance MAVT (Teoría del valor de múltiples atributos). El método aplica el concepto

de elicitación flexible para mejorar la aplicabilidad, de esta manera, la información requerida para el decisor se reduce y las comparaciones de resultados se simplifican. Esto permite asignar los pesos de los criterios con mayor facilidad.

El método es compensatorio, aditivo y de aplicación individual, utiliza una estructura flexible con gráficos para determinar los pesos de los criterios, dónde se aplican diversas estrategias (límites de los pesos y evaluación holística), lo que configura un tarea sencilla que permite retornar a alguna etapa del proceso de decisión en caso de tener dudas o inconsistencias.

Las inconsistencias son trabajadas con pocas preguntas de fácil comprensión dónde la información requerida es mínima. La agregación o síntesis dónde se dispone la recomendación al decisor, se realiza a través de la aplicación de Programación Lineal. Existen diversas aplicaciones en varios campos de investigación. Tiene un Software soporte llamado *SAD FITradeoff* que facilita su utilización, realiza un análisis de sensibilidad con la aplicación del Método de Montecarlo y la opción de colocar el rango de variación de los pesos (SILVA, A. L. C. D. L. D., 2021).

2. METODOLOGÍA PROPUESTA

La siguiente aproximación al problema de priorizar acciones de mejora, puede ser utilizada con cualquier versión de AMFE. La aplicación y el seguimiento de esta metodología generan propuestas de transformaciones para remover las causas de los modos de fallas. Si bien, está claro que es necesario realizar todas las actividades posibles (acciones de mejora), siempre conviene programar el trabajo de manera que permita mejorar su eficacia. Realizar varias acciones en simultáneo afecta la capacidad de éxito. La propuesta tiene tres fases:

- Fase 1: se revisa el proceso productivo con sus responsables conforme la propuesta metodológica del AMFE. Se obtienen las alternativas (acciones).
- Fase 2: los responsables definen objetivos (criterios) con los que se evalúan las acciones.
- Fase 3: el líder del proceso aplica *FITradeoff* para obtener la programación de acciones. El responsable del proceso define el programa de actividades, las comparte con el grupo de trabajo y se establecen, en forma conjunta, indicadores de seguimiento.

3. APLICACIÓN: FABRICACIÓN DE RESORTES PARA AUTOMÓVILES

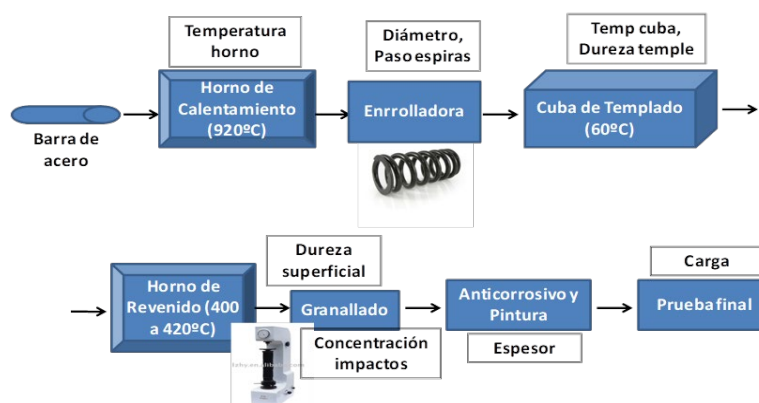


Figura 1: Actividades desarrolladas en la fase 1 (Fuente: elaboración propia)

La fabricación de resortes (Figura 1) empieza cuando una barra de acero ingresa a un horno de calentamiento, donde se lleva el material a punto de fusión, poco más



de 900 grados. A continuación, la barra se enrolla a una matriz que le indica la geometría. Luego, la pieza se sumerge en aceite de temple, a unos setenta grados centígrados; ese brusco enfriamiento aumenta la dureza superficial del acero, pero la torna frágil. Por ese motivo, la siguiente operación (revenido), consiste en una estancia de al menos noventa minutos, en un nuevo horno que trabaja a cuatrocientos grados y que permite aliviar las tensiones de la unidad. En la siguiente estación el resorte es bombardeado con esferas de acero para aumentar su vida útil (granallado). Luego se aplica anti óxido y se pinta. Finalmente, se hace una prueba que consiste en comprimir el resorte y verificar que la fuerza necesaria cumpla con las especificaciones técnicas.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Fase 1, los responsables definen un total de siete (7) acciones de mejora que conforman las alternativas que serán priorizadas para su posterior implementación. En relación a la capacidad discriminadora del AMFE, se considera conveniente incorporar criterios que permitan diferenciar y priorizar estas acciones, como por ejemplo del costo de la intervención. En la Fase 2, los responsables definen criterios en forma grupal. En el plenario acuerdan la utilización de cuatro (4) criterios: “Impacto sobre el producto”, “Impacto sobre el proceso”, “Probabilidad de ocurrencia de la falla” y el “Costo de la acción”.

En la fase 3, el líder aplica los pasos del método FITradeoff para asignar los pesos de los criterios y evaluar las alternativas. Se usa el software SAD FITradeoff que solicita información sobre las preferencias del decisor, sobre las alternativas disponibles y finalmente aplica estrategias de evaluación de las acciones para cada criterio, donde, por relación de dominancia obtiene el ordenamiento (Tabla 1):

Ranking Position	Alternatives
1	[Modificar criterios de mantenimiento del mandril]
2	[Sensor óptico en el mandril, que detecte deformaciones]
3	[Cambiar el horno de revenido]
4	[Mejorar el sistema de circulación de aceite en el templado]
5	[Implementar verificación y mantenimiento de las toberas en la granalladora]
6	[Calibre pasa - no pasa al ingresar al horno de calentamiento]
7	[Colocar manómetro para regular presión de gas]

Tabla 1: Orden de las asignaciones. Fuente: SAD FITradeoff

Según las evaluaciones, se debe priorizar la implementación de las dos primeras acciones: modificar criterios de mantenimiento y colocar un sensor óptico en el mandril para detectar deformaciones. El software da opción de obtener diferentes gráficos como las relaciones de dominancia de todas las alternativas. Por último, se solicita el análisis de sensibilidad que permite evaluar modificaciones en las elecciones ante variaciones de los pesos de los criterios. En la Figura 2, se puede observar un resumen de las modificaciones como resultado de las variaciones de los pesos.

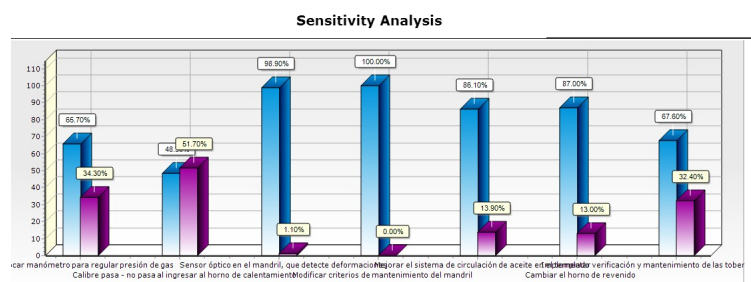


Figura 2: Análisis de sensibilidad (Fuente: SAD FITradeoff)



5. CONCLUSIONES

El artículo realiza una breve descripción de las herramientas aplicadas y las relaciona a un proceso productivo de la industria automotriz. Recorre diferentes versiones del AMFE de procesos y pone en discusión sus estrategias de priorización de las acciones destinadas a remover las causas potenciales profundas, que dan origen a las fallas. Identifica falencias de esa herramienta en tres aspectos: la capacidad para segregar y priorizar las acciones propuestas, la modelación de la incertidumbre por la falta u omisiones en la información y la imposibilidad de medir el nivel de acuerdo entre los participantes.

Para salvar esas debilidades, propone complementar el AMFE con un método multicriterio compensatorio individual conocido como *FiTradeoff*, que introduce en su metodología propuestas para ponderar criterios de forma flexible e interactiva. Tiene un software soporte que posibilita recorrer con facilidad la metodología propuesta, sus gráficos y tablas son de comprensión sencilla. De esta manera, y con sólo información parcial, ofrece una oportunidad de incorporar criterios que permiten discriminar y priorizar acciones que surgen del AMFE, sin generar un esfuerzo elevado al decisor.

Si bien está propuesta tiene un enfoque individual, se lograron programar las acciones y compartir el resultado. En futuras investigaciones se buscará aplicar herramientas complementarias grupales que permitan priorizar las acciones de mejora.

6. REFERENCIAS

AIAG (Automotive Industry Action Group) and VDA (Verband der Automobilindustrie) (2019): *Failure Mode and Effects Analysis – Design FMEA and Process FMEA Handbook*. Southfield, MI.

DE ALMEIDA A. T., DE ALMEIDA J. A., COSTA A. P. C. S. y DE ALMEIDA-FILHO A. T. (2016): "A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff". *European Journal of Operational Research*, 250(1), pp.179-191.

FRANK A. G., PEDRINI D. C., ECHEVESTE M. E. y RIBEIRO J. L. D. (2014): Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. *Production*, 24, 295-310.

KLUSE C. (2020): "A critical analysis of the AIAG-VDA FMEA; does the newly released AIAG-VDA method offer improvements over the former AIAG method. *Journal of Management & Engineering Integration*, 13(1), pp. 71-85.

KRUSKAL J. B. (2011): "Application of failure mode and effect analysis in a radiology department". *Radiographics*, 31(1), pp. 281-293.

LIU H. C., CHEN X. Q., DUAN C. Y. y WANG Y. M. (2019): "Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review". *Computers & Industrial Engineering*, 135, pp. 881-897.

MAISANO D. A., FRANCESCHINI F. y ANTONELLI, D. (2020): "dP-FMEA: An innovative Failure Mode and Effects Analysis for distributed manufacturing processes". *Quality Engineering*, pp.1-19.

MIKULAK R. J., MCDERMOTT R. y BEAUREGARD M. (2017): *The basics of FMEA*. CRC Press.

ZANAZZI J. L., PEDROTTI B. I., ARIAS F. H., DIMITROFF M. y BLÁZQUEZ, M. (2010): "Enfoque de procesos en la gestión de servicios: estrategias para lograr aplicaciones exitosas". *Revista de Ciencia y Tecnología*, (13).



ESTUDIO NO PARAMÉTRICO DE EFICIENCIA COMPARANDO DIVERSOS MODELOS EMPÍRICOS

PATRICIA A. IÑIGUEZ – JUAN M. GALLARDO – MARIANA ARBURUA – PABLO PAGANO
Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Río Cuarto

piniguez@fce.unrc.edu.ar - jgallardo@fce.unrc.edu.ar - mariana_arburua@hotmail.com - pblpgn@gmail.com

RESUMEN

Se sintetiza la revisión de cuatro modelos empíricos definidos luego de la aplicación de un método multietápico de selección de variables para evaluación de eficiencia con modelos del Análisis Envolvente de Datos (DEA¹) y datos de panel. Se examinan los principales resultados, de cada uno de ellos, obtenidos por aplicación de un modelo BCC² producto orientado, en busca de seleccionar un modelo adecuado que, además de atender a la capacidad de discriminar entre unidades eficientes e ineficientes, tenga no solo sentido conceptual desde un punto de vista teórico sino también desde el práctico. Se concluye que, para lograrlo, debe sacrificarse, un poco, el grado de discriminación.

Palabras Clave: ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS – MODELO EMPÍRICO – EFICIENCIA – HOSPITALES

ABSTRACT

The review of four empirical models defined after the application of a multistage method of variable selection for efficiency evaluation with Data Envelopment Analysis models and panel data is synthesized. The main results of each of them are examined, obtained by applying an output-oriented BCC model, in order to select a suitable model that, in addition to attending to the ability to discriminate between efficient and inefficient units, has conceptual sense not only from the theoretical but also from a practical point of view. It is concluded that, to achieve this, the degree of discrimination must be sacrificed a little.

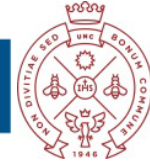
Keywords: DATA ENVELOPMENT ANALYSIS – EMPIRICAL MODEL – EFFICIENCY – HOSPITALS

1. INTRODUCCIÓN

Benítez-Peña, Bogetoft y Morales (2020) afirman que, en los proyectos de evaluación de eficiencia comparativa, una de las tareas más desafiantes es la elección de la especificación del modelo. No solo se debe atender a la capacidad de discriminar entre unidades eficientes e ineficientes, sino que debe buscarse un modelo que tenga no solo sentido conceptual desde un punto de vista teórico sino también desde el práctico. Lo anterior, para dichos autores, implica que la interpretación debe ser fácil de entender, de modo que resulte aceptado por las partes interesadas. Pero, además, se debe orientar la búsqueda hacia un modelo con características significativas, que no deje circunstancias inexplicables y que produzca resultados que no sean tan diferentes de los que se hubieran encontrado con otros conjuntos de datos. Sin embargo, atendiendo a la realidad, la elección de la especificación del modelo debe ser pragmática. Debe tenerse en cuenta la disponibilidad de datos y para qué se utilizará el

¹ Del inglés Data Envelopment Analysis

² En virtud del nombre de sus autores: BCC: Banker, Charnes y Cooper



modelo. En una evaluación de eficiencia comparativa, importa si el modelo se utiliza para aprender las mejores prácticas, para reasignar recursos entre entidades o para incentivar a los responsables mediante algún sistema basado en el desempeño.

En este marco, con el interés de evaluar comparativamente la eficiencia de los hospitales de gestión pública provincial, de modo de ofrecer herramientas útiles y racionales en la gestión de los recursos, con el fin de maximizar a nivel económico y social el uso de los mismos, los autores buscan definir un modelo empírico adecuado.

En primer término, se considera apropiado utilizar el método no paramétrico DEA. Esta elección, se basa en la revisión de la literatura que puede sintetizarse en las afirmaciones de Worthington (2004). En efecto, se considera que existe cierta dominación del DEA en este tipo de estudios y ello responde a lo simple que resulta en dicho método trabajar con múltiples *inputs* y *outputs* con diferentes unidades de medida. Además, la dificultad para determinar el costo de los *inputs*, en particular, en el sector público, da cuenta de la importancia de los estudios en los que solo se evalúa eficiencia técnica. Por último, y especialmente en el sector público, en el que los axiomas usuales de la actividad de producción no se cumplen, existe la posibilidad de definir *inputs* y *outputs* dependiendo del concepto de rendimiento que se considere más apropiado.

Seleccionado el método, se comienza la exploración de indicadores de insumo, proceso, producto e impacto, que la literatura recomienda para evaluar el desempeño de los centros hospitalarios, para luego reunir datos para la estimación correspondiente.

La ausencia, en Argentina, de un sistema de indicadores que conformen una base de datos de alcance público y el limitado acceso a datos primarios referidos a los insumos, productos y resultados del sistema hospitalario público y privado, limita los datos disponibles a los del Registro Federal de Establecimientos Hospitalarios, a los de la unidad ejecutora central del Programa SUMAR³, ambas dependencias del Ministerio de Salud de la Nación, a los del presupuesto del Ministerio de Salud de la provincia de Córdoba y a los que surgen del CENSO 2010. A partir de estos datos se logra estimar para veintidós hospitales de gestión pública provincial de la provincia de Córdoba, diecisiete indicadores agrupados en: los vinculados al insumo cama, los relacionados al insumo personal, los referidos a las diversas prestaciones y los correspondientes al grado de atención de la población potencial beneficiaria de los servicios. De este modo, se consigue conformar un panel de datos balanceado con veintidós observaciones y diecisiete variables estimadas en los años 2015, 2016 y 2017.

Luego de la aplicación de un método multietápico de selección de variables para evaluación de eficiencia con modelos DEA y datos de panel surgen, según sea el par inicial definido en la primera etapa, cuatro modelos empíricos que se ajustan a las propuestas que se hallan en la literatura⁴ en relación al número de variables respecto del número de observaciones.

En el presente trabajo se comparan los resultados de los cuatro modelos empíricos, de modo de observar cuál de ellos puede considerarse el más representativo de la actividad y desempeño de los hospitales de gestión pública provincial de la provincia de Córdoba, siempre atento a lo limitado de la información disponible.

Para tal presentación en la sección 2 se sintetizan los resultados de la evaluación de eficiencia de los cuatro modelos empíricos y en la sección 3 se resumen las principales conclusiones.

³ El Programa SUMAR brinda cobertura a la población materno-infantil, niños, adolescentes y adultos hasta los 64 años sin obra social. Los datos se suministran en el marco de un Convenio de Colaboración y Confidencialidad por el que se acuerda que "Las ideas y opiniones expuestas en esta publicación son de responsabilidad exclusiva de su/s autor/es y no necesariamente reflejan la opinión del Programa SUMAR, ni del Ministerio de Salud de la Nación".

⁴ Una mención bastante completa de las diferentes propuestas de la literatura se halla en Lee y Cai, (2020).



2. MODELOS EMPÍRICOS EN COMPARACIÓN

Los modelos que surgen de la aplicación del proceso de selección de variables quedan definidos por los conjuntos de *inputs* y *outputs* que se detallan en la Tabla 1.

ID	Descripción	Tipo	ME1	ME2	ME3	ME4
I.1	Cantidad de camas disponibles por 1000 habitantes	Input	X	X		
I.2	Índice promedio de censo diario	Input				
I.7	Proporción de personal conducción	Input			X	X
I.8	Proporción de personal profesional	Input				X
O.5	Proporción consultas ginecología y obstetricia	Output		X		X
O.8	Proporción consultas pediatría	Output				
O.10	Índice de cobertura	Output	X	X		X
O.11	Intensidad de uso	Output			X	
O.12	Promedio de Rx por paciente año	Output	X	X	X	X

Tabla 1: Variables que Integran los Modelos

Fuente: Elaboración propia. ME: Modelo Empírico

Con cada uno de estos conjuntos de variables se evalúa la eficiencia técnica en cada uno de los años y se conforma una cuarta alternativa “promedio” en la que para cada variable se calcula su valor promedio ponderado. Esta última alternativa se construye con el objetivo de observar la variabilidad respecto de cada año, siendo también de utilidad para un análisis de segunda etapa, debido a que solo se dispone de la información socioeconómica de un único censo.

En la Tabla 2 y 3 se sintetizan los resultados por aplicación de un modelo DEA BCC producto orientado sobre cada uno de los conjuntos de datos. Se selecciona tal modelo por cuanto las variables integrantes constituyen ratios y, en estos casos, así lo recomienda la literatura (Hollingsworth y Smith, 2003). También, se estima el Índice de Malmquist y sus descomposiciones, aunque, solo resulta factible mostrar algunos valores promedio.

Si se revisa los niveles de ineficiencia promedio, el primer y el tercer modelo, si bien presentan un mayor grado de discriminación, compiten por los mayores niveles de ineficiencia promedio y máximo. No obstante, el tercer modelo registra un desvío inferior.

Por otra parte, el cuarto modelo presenta la menor ineficiencia promedio, el menor desvío y el menor valor máximo de ineficiencia con la desventaja de poseer un menor grado de discriminación.

Al evaluar los subconjuntos eficientes en los tres períodos y la cualidad de cada DMU⁵ eficiente como referente, se puede observar que tanto el primer modelo como el segundo muestran cuatro DMUs con características atípicas en el año 2015. Si bien esa situación tiende a modificarse en los períodos subsiguientes, muestran circunstancias que no son sencillas de interpretar por todos los usuarios.

En el tercer modelo no se presenta esta condición y en el cuarto modelo, solo se observan dos DMU con cualidades atípicas en el año 2015, situación que se modifica en los años subsiguientes y no se observa, si se considera el modelo “promedio”.

Continuando con el análisis del subconjunto eficiente, se observa que H12 es eficiente cualquiera sea el conjunto con el que se realice la evaluación comparativa, siendo referente eficiente de más del 80% de las DMUs ineficientes. En orden de DMUs ineficientes referenciadas, con características similares, se observa que H17 es también referente de un número similar de DMUs ineficientes, en todos los modelos en que integra el subconjunto eficiente.

Como la intención de esta evaluación de eficiencia comparativa es reconocer las mejores prácticas, es de interés que el conjunto de variables que definan el modelo

⁵ Del inglés Decision Making Units



empírico no genere grandes variaciones interanuales por tener alguna característica propia. La cantidad de camas por cada mil habitantes (I.1), en este caso particular, por la ausencia de datos actualizados de forma constante prácticamente no ha registrado variaciones en los años revisados. Esta situación muestra un cambio técnico, para el caso del primer y segundo modelo que puede no ser efectivo. En cambio, en los otros modelos, como el subconjunto de *inputs*, se integra con el personal, información que se obtiene del presupuesto de cada hospital, las variaciones en los *inputs* pueden estar asociadas a las variaciones en el nivel de producto, hecho que se muestra en un Índice de Malmquist y de sus componentes próximos a la unidad.

Al examinar las variables que constituyen los *inputs* y *outputs* y comparar con lo observado en la literatura (Hollingsworth, 2003 e Iñiguez, Arburua, Gallardo y Negro, 2016), se coincide en que las variables *outputs* utilizadas son casi en su totalidad medidas de actividad y las variables *inputs* son, principalmente, personal y camas.

Variables	I.1-O.10-O.12															
Año	2015				2016				2017				Variable Promedio			
Eficiencia Promedio	1,1972				1,3130				1,2412				1,2321			
Desvío Eficiencia	1,1917				1,2231				1,2081				1,1953			
Valor Máximo	1,9346				1,9979				2,0398				1,9738			
Nº DMUs Eficientes	8				4				5				5			
Nº DMUs Ineficientes	14				18				17				17			
Subconjunto Eficiente	H4	H10	H11	H12	H10	H12	H17	H19	H10	H12	H16	H17	H10	H11	H12	H17
Cantidad de Referenciados	1	1	6	14	6	19	14	13	4	17	2	14	1	4	17	15
λ promedio	1	1	0,54	0,61	0,36	0,48	0,37	0,42	0,55	0,42	0,52	0,44	1	0,39	0,49	0,37
Índice de Malmquist					1,1149				1,2580							
Cambio Técnico					1,4957				1,1111							
Cambio ETP					0,9118				1,0578							
Variables	I.1-O.5-O.10-O.12															
Año	2015				2016				2017				Variable Promedio			
Eficiencia Promedio	1,1339				1,1514				1,1311				1,1193			
Desvío Eficiencia	1,1763				1,1503				1,1339				1,1227			
Valor Máximo	1,9346				1,5868				1,5812				1,4887			
Nº DMUs Eficientes	9				7				6				8			
Nº DMUs Ineficientes	13				15				16				14			
Subconjunto Eficiente	H1	H4	H10	H11	H4	H10	H12	H15	H10	H12	H15	H16	H10	H11	H12	H15
Cantidad de Referenciados	5	1	4	11	4	4	16	10	3	16	6	10	4	3	15	7
λ promedio	0,46	1	0,51	0,53	0,52	0,53	0,33	0,36	0,68	0,27	0,51	0,51	0,36	0,45	0,36	0,53
Índice de Malmquist					1,1329				1,2255							
Cambio Técnico					1,4716				1,1118							
Cambio ETP					0,9848				1,0180							

Tabla 2: Modelos Empíricos

Fuente: Elaboración propia

3. CONCLUSIONES

Los cuatro modelos empíricos revisados se conforman luego de seguir un proceso minucioso de selección de variables que prioriza la mayor discriminación y eficiencia y el menor desvío. Lo anterior indicaría que todos ellos podrían calificarse de



modelos adecuados. Realizado el análisis de los resultados que muestran cada uno de ellos, algunas características obligan a descartar el primer y el segundo modelo, aun cuando se sacrifique, un poco, el grado de discriminación. Así, el tercer y cuarto modelo, tienen características más adecuadas. Sin embargo, el cuarto integra el subconjunto de *inputs* con el personal profesional, *input* que la literatura considera fundamental en este tipo de evaluaciones. Por tanto, del análisis puede colegirse que el modelo con mayor sentido conceptual y práctico, es el último de los propuestos.

Variables	I.7-O.11-O.12															
Año	2015				2016				2017				Variable Promedio			
Eficiencia Promedio	1,2249				1,2336				1,2566				1,1856			
Desvío Eficiencia	1,1598				1,1993				1,1714				1,1514			
Valor Máximo	1,7431				1,8251				1,6865				1,6846			
Nº DMUs Eficientes	4				4				3				3			
Nº DMUs Ineficientes	18				18				19				19			
Subconjunto Eficiente	H3	H11	H12	H13	H3	H12	H13	H15	H3	H12	H13		H3	H12	H13	
Cantidad de Referenciados	12	15	15	5	13	15	13	10	12	20	17		16	19	15	
λ promedio	0,49	0,55	0,43	0,28	0,54	0,52	0,29	0,34	0,42	0,59	0,30		0,46	0,51	0,33	
Índice de Malmquist					0,8125				1,0034							
Cambio Técnico					0,8482				1,1124							
Cambio ETP					0,9929				0,9818							
Variables	I.7-I.8-O.5-O.10-O.12															
Año	2015				2016				2017				Variable Promedio			
Eficiencia Promedio	1,0940				1,1091				1,1029				1,0730			
Desvío Eficiencia	1,1342				1,1127				1,1271				1,0792			
Valor Máximo	1,5177				1,4037				1,5085				1,2743			
Nº DMUs Eficientes	9				7				8				7			
Nº DMUs Ineficientes	13				15				14				15			
Subconjunto Eficiente	H1	H10	H11	H12	H3	H4	H5	H12	H5	H6	H10	H12	H5	H10	H12	H13
	H5				H13	H14	H17	H21	H13	H17	H18		H13	H15	H16	H17
	H13	H14	H17	H21	H13	H17	H18		H13	H15	H16	H17	H15	H17	H18	
Cantidad de Referenciados	4				4	7	7	13	3	9	4	13	6	7	16	9
	3	1	11	11	4	7	7	13	3	9	4	13	6	7	16	9
	4	3	12	1	7	10	10		7	3	8	12	5	16	3	
λ promedio	0,61				0,54	0,48	0,53	0,32	0,55	0,30	0,45	0,32	0,47	0,30	0,33	0,34
	0,48	1	0,48	0,29	0,54	0,48	0,53	0,32	0,55	0,30	0,45	0,32	0,47	0,30	0,33	0,34
	0,34	0,47	0,41	1	0,31	0,29	0,36		0,31	0,42	0,30	0,49	0,33	0,34	0,55	
Índice de Malmquist					0,9843				0,9745							
Cambio Técnico					1,0261				0,9808							
Cambio ETP					0,9863				1,0057							

Tabla 3: Modelos Empíricos (Continuación)

Fuente: Elaboración propia

4. REFERENCIAS

BENÍTEZ-PEÑA, S., BOGETOFT, P. y MORALES, D. R. (2020): "Feature selection in data envelopment analysis: a mathematical optimization approach". *Omega*, vol. 96, 102068.

IÑIGUEZ, P., ARBURUA, M., GALLARDO, J. M. y NEGRO, F. (2016): "Revisión de Antecedentes Bibliográficos sobre Evaluación de la Eficiencia en Hospitales de Países de Latinoamérica". Publicado en *Anales de XXIII Jornadas de Intercambio de Conocimientos Científicos y Técnicos*, UniRío editora, Río Cuarto.

HOLLINGSWORTH, B. y SMITH, P. (2003): "Use of ratios in data envelopment analysis". *Applied economics letters*, vol. 10(11), pp. 733-735.

HOLLINGSWORTH, B. (2003): "Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care". *Health care management science*, vol. 6(4), pp. 203-218.

LEE, C. Y. y CAI, J. Y. (2020): "LASSO variable selection in data envelopment



analysis with small datasets”. Omega, vol. 91, 102019.

WORTHINGTON, A. C. (2004): “Frontier efficiency measurement in health care: a review of empirical techniques and selected applications”. Medical care research and review, vol. 61(2), pp. 135-170.



APLICACIÓN DE UNA ESTRATEGIA EN ETAPAS EN LA CONFECCIÓN DE CARTERAS DE ACTIVOS QUE COTIZAN EN EL MERCADO DE VALORES DE BUENOS AIRES

Hernán Pablo Guevel¹ - Mariana Funes^{1,2} - Josefina Racagni¹

¹Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional de Córdoba

²Centro de Investigaciones en Ciencias Económicas – CIECS

heguevel@unc.edu.ar - mfunes@unc.edu.ar - jracagni@unc.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo, aplicando un modelo DEA, se clasifica un conjunto de 48 empresas que cotizan sus activos financieros en el Mercado de Valores de Buenos Aires a fin de considerarlas candidatas a conformar una cartera de inversión de mediano a largo plazo. Una vez clasificadas, empleando TOPSIS se ordenan las empresas comprendidas en la categoría más atractiva, se conforman portafolios con diferente número de activos y se comparan sus rendimientos con los de los índices bursátiles más importantes en el mercado de capitales local: S&P Merval y S&P BYMA Argentina. Los resultados evidenciaron que los rendimientos de las carteras con un número reducido de activos fueron ampliamente superiores a los de los índices del mercado.

Palabras Clave: DEA – TOPSIS – CRITIC – CARTERAS DE INVERSIÓN

ABSTRACT

In this paper, applying a DEA model, a set of 48 companies listed on the Buenos Aires Stock Exchange are classified as candidates for a medium to long term investment portfolio. Once classified, using TOPSIS, the companies included in the most attractive category are ordered, portfolios with different number of assets are built and their returns are compared with those of the most important stock market indexes in the local capital market: S&P Merval and S&P BYMA Argentina. The results showed that the returns of the portfolios with a reduced number of assets were much higher than those of the market indexes.

Keywords: DEA – TOPSIS – CRITIC – INVESTMENT PORTFOLIOS

1. INTRODUCCIÓN

Al momento de analizar la conveniencia de invertir en una empresa o un conjunto de ellas, es frecuente revisar los resultados obtenidos por estas como aproximación a los rendimientos que sería previsible obtener en el futuro. También lo es, vincular los resultados obtenidos con los recursos comprometidos para su obtención, concepto estrechamente relacionado con el análisis de eficiencia.

En el presente trabajo, aplicando una metodología en etapas que incluye clasificación a través de Análisis Envolvente de Datos (DEA) y ordenación aplicando TOPSIS, se busca seleccionar un conjunto de empresas que cotizan sus activos financieros en el Mercado de Valores de Buenos Aires para conformar carteras de inversión de mediano a largo plazo.

Para el análisis se emplean cinco cuentas utilizadas habitualmente para el cálculo de ratios representativos de su situación económica y financiera (Caro, 2013 y Beaver, 1966), y su Capitalización Bursátil, como variable del entorno para contrarrestar heterogeneidades entre las empresas, motivadas por la existencia de factores exógenos que afectan a su actividad productiva.



Conformadas las carteras, sus rendimientos se comparan con los de los índices bursátiles más importantes en el mercado de capitales local: S&P Merval y S&P BYMA Argentina.

2. CASO DE ESTUDIO

En la selección de las empresas a evaluar se excluyeron bancos, compañías financieras y de seguros por poseer regulación específica que hace a estas entidades no comparables con las demás. Por una cuestión de espacio, no se incluye el listado de sus nombres y solo se las informa con el código asignado por el Mercado de Valores de Buenos Aires.

A los efectos del análisis se seleccionaron como variables las siguientes cuentas que, además de vincularse estrechamente con la situación económico-financiera de las empresas, se utilizan para medir los resultados de su actividad (por ejemplo, en el en el cálculo del ROE):

- Ventas (V): medida de la actividad económica de la empresa.
- Capital de Trabajo (CT): medida de la capacidad de la empresa de hacer frente a sus compromisos de corto plazo.
- Gastos Operativos Totales (GO): comprende los costos y erogaciones necesarias para generar los ingresos.
- Costo de Ventas Total (CVT): representa el costo de los bienes vendidos o servicios prestados.
- Activo Total (AT): valor nominal de los recursos asignados a la actividad de la empresa.
- Capitalización Bursátil (CB): medida del valor de mercado de la empresa (cotización de la acción* número de acciones).

Los datos surgen de los Estados Contables publicados a requerimiento y bajo la normativa de la Comisión Nacional de Valores, considerando el último ejercicio económico cerrado al 31 de diciembre de 2015. El análisis descriptivo evidenció la presencia de un gran número de valores atípicos lo que, junto a la existencia de observaciones negativas, justificó el empleo del Modelo DEA Aditivo Básico, considerando como *inputs*: GO, CVT y AT y como *outputs*: V, CT y CB.

3. METODOLOGÍA

El procedimiento para la construcción de carteras implica la ejecución de una serie de etapas. En primer lugar, la clasificación de las empresas en función de su atractivo para la inversión. Una vez clasificadas, se ordenan las comprendidas en la categoría más atractiva y, finalmente, se conforman portafolios con diferente número de activos.

3.1. Metodología propuesta para la clasificación de activos

La metodología propuesta parte de definir un conjunto L de N categorías ($L = \{L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N\}$), en la que L_1 es la más deseable y L_N , la menos deseable.

Creadas las categorías, las alternativas de inversión, en adelante DMU's¹, se clasifican según el siguiente procedimiento:

Etapas 1:

1. Analizar si el número de DMU's cumple con la regla de los grados de libertad de Cooper, Seiford y Tone (2000)².

¹ Empleamos la sigla DMU, que responde al nombre en inglés de Unidades de Decisión empleada en los modelos DEA para hacer referencia a las alternativas bajo análisis.

² En términos generales, para que un modelo DEA sea capaz de distinguir entre unidades eficientes e ineficientes, arrojando resultados satisfactorios, deberá respetar la relación entre el número de DMU's (n) y el número de *inputs* (m) y *outputs* (s), que establece: $n \geq \max \{m*s; 3*(m+s)\}$.



2. Evaluar la eficiencia del grupo con el Modelo Aditivo Básico (DEA) de retornos variables a escala.
3. Categorizar en L_1 a las unidades eficientes.
4. Segregar las DMU's ineficientes y continuar con la Etapa 2.

Etapa 2:

Se reevalúan las unidades no incluidas en la categoría L_i repitiendo los pasos 1 a 4 de la etapa anterior, categorizando las unidades eficientes como L_{i+1} . Se repite el proceso hasta que ya no se cumpla la relación entre el número de DMU's y de variables. Las DMU's ineficientes al detenerse el proceso se consideran pertenecientes a la última categoría (L_N).

3.1.1. Modelo Aditivo Básico

Suponiendo un conjunto de n empresas, que constituyen las DMU's, el desempeño de una DMU $_i$ ($i=1,2,\dots,n$) estará en función de m inputs y s outputs. Paralelamente, se definen los conjuntos X e Y , cuyos elementos x_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m$) representan el valor que asume el *input* j para la DMU $_i$ y y_{ir} ($r = 1, 2, \dots, s$), el valor que asume el *output* r , respectivamente.

La formulación matemática del modelo Aditivo Básico para una DMU $_o$ es la presentada en (1), según Charnes, Cooper, Golany, Seiford y Stutz (1985).

$$\begin{aligned} \text{Max}(z) &= \sum_{j=1}^m S_{oj}^- + \sum_{r=1}^s S_{or}^+ \\ \text{sa} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i x_{ij} + S_{oj}^- &= x_{oj} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i y_{ir} - S_{or}^+ &= y_{or} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i &= 1 \\ \lambda_i, S_{oj}^-, S_{or}^+ &\geq 0, \quad i = \{1, 2, \dots, n\}, j = \{1, 2, \dots, m\}, r = \{1, 2, \dots, s\} \end{aligned} \quad (1)$$

donde: S_{oj}^- y S_{or}^+ representan los valores de las variables de holgura de cada *input* y *output* de la DMU $_o$, y λ_i es el vector de intensidades de la DMU $_o$ y representa el grado de asociación de la DMU objeto de estudio y la i -ésima DMU representada.

3.2. Procedimiento para ordenar las alternativas de L_1

Con el propósito de discriminar las empresas más atractivas (incluidas en L_1), se aplica el Método Multicriterio TOPSIS (Technique for Order by Similarity to Ideal Solution) de Hwang y Yoon (1981), que permite ordenar las alternativas en función de un índice construido considerando las distancias ponderadas de las alternativas, evaluadas según diferentes criterios, a dos alternativas ficticias (una ideal, que domina a todas las unidades reales y una anti-ideal, que es dominada por todas las unidades reales).

En la aplicación del método se tuvieron en cuenta las siguientes especificaciones:

- Para evitar los problemas de escala asociados al tamaño de las empresas, se emplearon como criterios a agregar las cuentas de los estados contables y la capitalización bursátil en relación al activo total (V/AT, CT/AT, GO/AT, CVT/AT y CB/AT).
- Se aplicó la versión original del método TOPSIS, empleando normalización del vector y distancias euclídeas.
- Los pesos de los criterios se calcularon aplicando una variante del Método CRITIC (Diakoulaki, Mavrotas y Papayannakis, 1995), utilizando como medida de



variabilidad del criterio el coeficiente de variación mediano (CVM) en lugar del desvío estándar calculado sobre los valores normalizados con el procedimiento de fracción del rango. El empleo del CVM = Desvío Mediano/Mediana tuvo el propósito de proveer una medida de variabilidad más robusta frente al hecho de que, aun calculando cocientes con el AT, algunos criterios presentaron un número importante de valores extremos y la media de las observaciones pierde representatividad. Así, el peso del criterio j (w_j) se calcula según (1):

$$w_j = \text{CVM}_j \sum_{k=1}^n (1 - r_{jk}) \quad (1)$$

donde CVM_j es el coeficiente de variación mediano del criterio j -ésimo y r_{jk} es el coeficiente de correlación entre las variables j y k . Así, el peso relativo de un criterio será mayor cuando posea mayor variabilidad respecto de su mediana y se diferencie de los otros criterios. Las ponderaciones así determinadas, constituyen medidas más robustas teniendo en cuenta las características de las variables consideradas.

3.3. Procedimiento para conformar las carteras de inversión

Para construir portafolios con distinto número de activos se trabajó con el *ranking* y el valor del índice obtenidos por TOPSIS, de las empresas comprendidas en la categoría L_1 , iniciando con una cartera con el 100% de los activos de una sola empresa, hasta obtener un portafolio con activos de todas las empresas de esa categoría.

Las participaciones de los diferentes activos en cada cartera se determinaron calculando la proporción que les corresponde (x_i), normalizando el valor del índice de similitud de las empresas incluidas en la cartera l_i ($i=1, 2, \dots, n$; donde n es el número de empresas de la categoría L_1) con el procedimiento de fracción de la suma, según (3).

$$x_i = l_i / \sum_{i=1}^n l_i \quad (3)$$

4. RESULTADOS

La aplicación sucesiva del modelo Aditivo Básico DEA permitió dividir al conjunto de empresas en 3 categorías (ver Tabla 1):

- 1) L_1 comprende las 20 empresas que resultaron eficientes en la primera etapa y son las más atractivas para invertir.
- 2) L_2 está constituida por 21 empresas que resultaron ineficientes en la primera etapa y que, al volver a analizar su desempeño relativo, alcanzaron el mejor valor de la medida de eficiencia en la segunda evaluación.
- 3) L_3 está integrada por las 7 empresas restantes y representa el grupo menos atractivo para invertir.

CLASE	EMPRESAS						
L_1	AGRO	BESM	CARB	CASA	CLAR	COLO	COME
	CONS	DYCA	GARO	GRIM	INTR	MIRG	MOLI
	MOLS	MORX	PAMP	PATA	TECO	YFPD	
L_2	ALUA	BOLDT	CEPU	CRES	EDEN	ERAR	FERR
	FIPL	GASB	GCOE	HOLC	INDU	IRSA	IRSI
	LEDE	METR	PEPA	PESA	QUIC	SANM	TRAN
L_3	CAMU	CELU	INVE	PECS	RIGO	TGDN	TGDS

Tabla 1: Categorización de las empresas de acuerdo a su atractivo



Los pesos de los criterios calculados con CRITIC se presentan en la Tabla 2, pudiendo observarse que la relación Capitalización Bursatil/Activo Total (CB/AT) es la que registra mayor ponderación asociada a la gran variabilidad de su distribución.

Criterio	AC/AT	V/AT	CVT/AT	GO/AT	CB/AT
w_j	0,18	0,11	0,11	0,08	0,52

Tabla 2: Ponderaciones de los criterios

La Tabla 3 muestra el *ranking* y el índice de similaridad (IS) de las 20 empresas de la categoría L_1 obtenidos por TOPSIS y la composición de cada una de las carteras confeccionadas. Pueden distinguirse tres grupos de empresas: 1) integrado por COME, AGRO, CARB y MIRG, con mejores valores en el índice de similaridad; 2) conformado por siete empresas con un índice que oscila entre 0,18 y 0,26 y 3) de aquellas con un bajo desempeño en el índice de similaridad.

	COME	AGRO	CARB	MIRG	MOLS	PAMP	GARO	CASA	DYCA	COLO	CONS	BESM	TECO	GRIM	YPFD	PATA	INTR	CLAR	MOLI	MORX	Rentabilidad	
IS	0,82	0,59	0,57	0,52	0,26	0,23	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,11	-	
Cartera 1	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,15
Cartera 2	0,58	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89
Cartera 3	0,42	0,30	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63
Cartera 4	0,33	0,24	0,23	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66
Cartera 5	0,30	0,21	0,21	0,19	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62
Cartera 6	0,28	0,20	0,19	0,17	0,09	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,71
Cartera 7	0,26	0,18	0,18	0,16	0,08	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68
Cartera 8	0,24	0,17	0,17	0,15	0,08	0,07	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67
Cartera 9	0,23	0,16	0,16	0,14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68
Cartera 10	0,22	0,16	0,15	0,14	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64
Cartera 11	0,21	0,15	0,14	0,13	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62
Cartera 12	0,20	0,14	0,14	0,13	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61
Cartera 13	0,19	0,14	0,13	0,12	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
Cartera 14	0,19	0,13	0,13	0,12	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	0,64
Cartera 15	0,18	0,13	0,12	0,11	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	0,63
Cartera 16	0,18	0,13	0,12	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	0,62
Cartera 17	0,17	0,12	0,12	0,11	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	0,62
Cartera 18	0,17	0,12	0,11	0,10	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	0,62
Cartera 19	0,16	0,12	0,11	0,10	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	0,61
Cartera 20	0,16	0,11	0,11	0,10	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	-	0,59

Tabla 3: Índice de similaridad, composición y rentabilidad de las carteras

A los efectos de validar los resultados, se compararon los rendimientos anuales de las carteras con los de los principales índices bursátiles argentinos cuyos comportamientos se ilustran en el Gráfico 1. Como puede observarse, excepto ocasionalmente, los rendimientos de las carteras superan a los de los índices S&P Merval (0,5251 anual) y S&P BYMA Argentina (0,6086 anual), y la cartera integrada por los dos activos más atractivos (COME y AGRO), muestra el máximo rendimiento. A partir de las carteras conformadas por once empresas la rentabilidad anual registra un valor estable en torno al 0,60.

5. CONCLUSIONES

Aunque los modelos DEA no constituyen por sí mismos una herramienta de predicción de resultados, fueron útiles para evaluar la eficiencia relativa del conjunto de las empresas en términos de las variables consideradas.

La clasificación obtenida a partir de su aplicación se complementó con un modelo multicriterio y un procedimiento que permitió establecer pautas para la conformación de diferentes carteras de inversión, cuyos rendimientos resultaron superiores a los de los principales índices bursátiles argentinos, ratificando la utilidad de los modelos empleados para orientar la toma de decisiones de inversión



La selección de las variables es una etapa fundamental del proceso de evaluación en los modelos multicriterio, y los resultados obtenidos en término de rendimientos de las carteras conformadas dan cuenta de que las empleadas resultaron adecuadas para el problema analizado.

Los resultados evidenciaron que, con un número reducido de activos los rendimientos de las carteras fueron ampliamente superiores a los de los índices del mercado, lo que resulta también positivo al reducirse el número de operaciones y, consecuentemente, los costos de transacción. Este aspecto no está reflejado en el modelo, pero resulta relevante al momento de invertir.

Es nuestra intención completar el análisis realizando un estudio de riesgo de cada una de las carteras construidas.

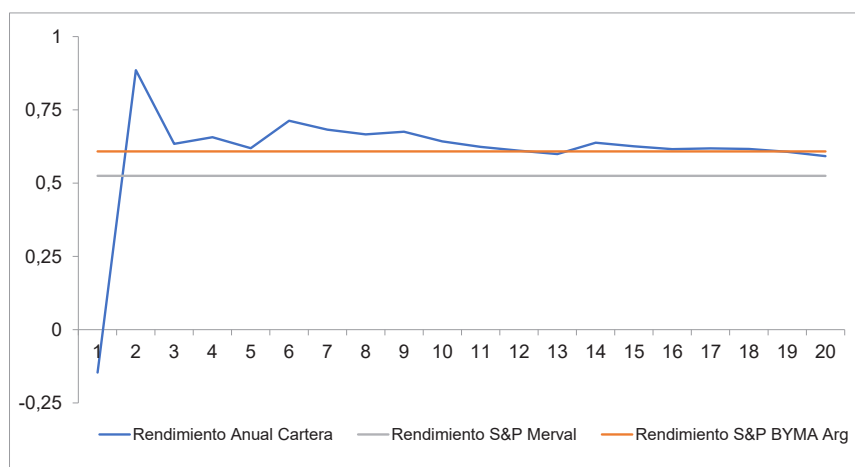


Gráfico 1: Rentabilidad anual de las carteras e índices

6. REFERENCIAS

BEAVER W. H. (1966): "Financial Ratios as Predictors of Failure", *Journal of Accounting Research*, (Vol. 4) *Empirical Research in Accounting: Selected Studies*, pp. 71-111.

CARO N. P. (2013): "Evaluación de riesgo de crisis financiera en empresas argentinas en los períodos 1993-2000 y 2003-2010". Córdoba, Argentina. <http://hdl.handle.net/11086/712>

CHARNES A., COOPER W. W., GOLANY B., SEIFORD L. y STUTZ, J. (1985): "Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions". *Journal of econometrics*, 30(1-2), pp. 91-107.

COOPER W., SEIFORD L. M. y TONE K. (2000): *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer.

DIAKOULAKI D., MAVROTAS G. y PAPAYANNAKIS L. (1995): "Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method", *Computers Operations Research*, 22, N° 7, pp. 763-770.

HWANG C.L. y YOON K. (1981): *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.



EL SECTOR BANCARIO ARGENTINO ENTRE 2000 Y 2017: UN ANÁLISIS DE EFICIENCIA PARAMÉTRICO Y NO PARAMÉTRICO.

CLAUDIA B. PERETTO
Facultad de Ciencias Económicas-Universidad Nacional de Córdoba
Centro de investigación en Ciencias Económicas - CIECS
cperetto@unc.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia técnica de las entidades bancarias argentinas entre 2000 y 2017, utilizando dos metodologías: una no paramétrica, DEA (*Data Envelopment Analysis*), y otra paramétrica, SFA (*Stochastic Frontier Analysis*). Se calcula la eficiencia de cada entidad para cada año y se realiza un análisis estadístico para determinar la variabilidad en el período, en forma individual y del Sistema en su conjunto. Los resultados obtenidos son diferentes, DEA genera eficiencias promedio del sistema, más altas, pero SFA aporta información sobre el efecto del ruido aleatorio. Por lo tanto, los hallazgos sugieren que la verificación cruzada de la metodología, contribuye a un conocimiento mayor del sector, por lo que podrían usarse en forma complementaria.

Palabras Clave: DEA – SFA – EFICIENCIA - SISTEMA BANCARIO ARGENTINO.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the technical efficiency of Argentine banking entities between 2000 and 2017, using two methodologies: one non-parametric, DEA (*Data Envelopment Analysis*), and the other parametric, SFA (*Stochastic Frontier Analysis*). The efficiency of each entity is calculated for each year and a statistical analysis is carried out to determine the variability in the period, individually and for the System as a whole. The results obtained are different, DEA generates higher average system efficiencies, but SFA provides information on the effect of random noise. Therefore, the findings suggest that the cross-verification of the methodology contributes to a greater knowledge of the sector, so they could be used in a complementary way.

Keywords: DEA – SFA – EFFICIENCY - ARGENTINE BANKING SYSTEM.

1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia se ha convertido en un concepto cada vez más frecuente y familiar en la economía actual, donde no es suficiente mantener un crecimiento constante, sino que se debe crecer, pero de modo eficiente, aprovechando las ventajas competitivas que se poseen (Argañaraz, López, Schneider, Albanese y Maçada, 2011).

En la economía argentina, varios sectores han experimentado cambios profundos en las condiciones estructurales en que compiten, debido a la presión de fenómenos como la globalización, la modificación de reglamentos, las nuevas tecnologías, entre otros. Como sostienen Mishkin y Eakins (2014), el sector bancario juega un papel vital en la transferencia de fondos, lo cual es importante para asegurar que los sistemas financieros y la economía funcionen de manera eficiente. El análisis de eficiencia puede proporcionar a las autoridades información que ayude a formular estrategias apropiadas para mejorar la posición relativa de los bancos en el mercado en un intento para prevenir fallas sistémicas.

En este sentido, la necesidad de medir y evaluar el rendimiento de cualquier



organización de naturaleza pública o privada implica también seleccionar alguna técnica de medición que permita conocer los procesos de transformación de *inputs* en *outputs*. Los métodos que suelen emplearse para analizar la eficiencia de unidades se diferencian por la forma de estimación y especificación de la frontera, así como por los supuestos realizados. Se pueden resumir en dos grandes grupos:

- Paramétricos: los que especifican la tecnología mediante una forma funcional conocida, entre ellos, *Stochastic Frontier Analysis* (SFA).

- No Paramétricos: los que formulan las características de la tecnología mediante supuestos sobre el conjunto de producción. La frontera estimada es más flexible y está formada por las unidades con mejor desempeño. El principal referente es *Data Envelopment Analysis* (DEA).

La literatura internacional reporta un gran número de estudios que se han llevado a cabo, la gran mayoría se ha realizado en países desarrollados, con poca o ninguna atención a las economías emergentes. Hay algunos estudios en Latinoamérica que sí se enfocaron en la medición de eficiencia, utilizando modelos DEA clásicos (Charles, Peretto, y Gherman, 2016; Rodríguez y Rodríguez, 2014; Campoverde Campoverde, Romero Galarza y Borenstein, 2018).

Sin embargo, en la mayoría de los trabajos se aplica un único modelo de frontera, ya sea paramétrico o no paramétrico, para medir la eficiencia. Investigar la aplicación de ambos métodos, tiene el propósito de determinar en qué medida los resultados y conclusiones obtenidos son similares o complementarios, y pueden ayudar en la toma de decisiones. Algunos autores, como Silva, T.; Tabak, B. Cajueiro, D. y Dias, M. (2016) estudiaron la aplicación de ambas metodologías para evaluar la eficiencia de los bancos locales de China usando enfoques micro y macro económicos. Por su parte, Ruinan, L. (2019), comparó la eficiencia de los bancos de Estados Unidos y Canadá, contrastando evidencia obtenida de la aplicación de SFA y DEA.

El objetivo de este trabajo es examinar el desempeño de las entidades bancarias de la República Argentina a partir de sus *inputs* y *outputs* utilizando los modelos SFA y DEA, determinar las medidas de eficiencia y obtener evidencia mixta para evaluar las entidades.

2. METODOLOGÍA

2.1. *Stochastic Frontier Analysis* (SFA).

El modelo de frontera estocástica (SFA, por sus siglas en inglés) de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) es, en la actualidad, la plataforma econométrica estándar para el análisis de eficiencia.

SFA fue desarrollado independientemente por Aigner et al. (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977). La frontera de producción estocástica propuesta por ellos está motivada por la idea de que las desviaciones desde la frontera de producción podrían no estar completamente bajo el control de la unidad analizada.

SFA es una técnica paramétrica, que requiere supuestos acerca de la forma funcional de la función de producción y la distribución de los términos de error. Descompone el término de error en dos componentes: una parte representa eventos aleatorios fuera de control de la unidad de toma de decisiones y la otra parte es un término no negativo que captura la ineficiencia.

La frontera de producción de estos modelos se especifica como:

$$y_j = g(x_j, \beta) \cdot \exp\{\varepsilon_j\}, \text{ para } j = 1, \dots, N$$



donde: $x_j \in \mathbb{R}^{p+1}$ es el vector de *inputs* de la empresa j , $y_j \in \mathbb{R}^1$ es el *output* de la empresa j , $g(x_j, \beta)$ es una función de producción conocida, β es el vector de parámetros que deben ser estimados, ε_j es el término de error que se define como $\varepsilon_j = v_j - u_j$.

Siendo v_j la variable aleatoria de media cero y varianza constante que recoge el ruido del modelo y u_j la variable aleatoria de media cero y varianza constante que representa la ineficiencia en la producción. Los dos componentes son independientes entre sí y de los regresores.

El grado de ineficiencia se obtiene mediante la comparación del output observado con el máximo posible:

$$ET_0^j = \exp\{-u_j\} = \frac{y_j}{g(x_j, \beta) \cdot \exp\{v_j\}}$$

La mayoría de los autores, especifica la función de producción como una Cobb-Douglas o una Translog. Al ruido se le especifica como una distribución normal de media cero y varianza constante y en el término de la ineficiencia se utilizan cinco modelos según la distribución con la que se la identifique: seminormal, exponencial, normal truncada, gamma o uniforme.

2.2. Data Envelopment Analysis (DEA).

DEA es una metodología de programación matemática, desarrollada específicamente para medir la eficiencia de un conjunto de unidades homogéneas (DMUs, por sus siglas en inglés). Calcula la eficiencia relativa de cada unidad, con respecto al conjunto de todas las unidades analizadas.

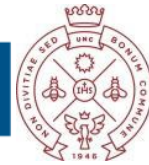
Este enfoque, nace como nueva metodología para medir la eficiencia, con el artículo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), donde se plantea un modelo de optimización, conocido como modelos CCR, que supone retornos constantes a escala. Posteriormente Banker, Charnes y Cooper (1984) presentan el segundo modelo DEA conocido como BCC, el cual se caracteriza por admitir retornos variables a escala en el espacio de transformaciones posibles. A partir de éstos, a los que denominaremos “Modelos clásicos”, se elaboraron numerosos modelos alternativos o complementarios.

La metodología DEA, basada en la Programación Lineal, permite trabajar con unidades que tienen múltiples *inputs* y *outputs*, que pueden ser incorporados en una única medida de eficiencia: la suma ponderada de los *outputs* dividida la suma ponderada de los *inputs*. DEA, identifica unidades eficientes y permite hallar indicadores de gestión relativa para cada unidad con relación a aquellas que presentan el mejor desempeño. Además, permite identificar y cuantificar las ineficiencias con relación a los *inputs* y *outputs*, dando así pautas para el mejoramiento de las distintas unidades analizadas.

3. APLICACIÓN Y RESULTADOS

La evaluación de eficiencia se realiza sobre las entidades financieras bancarias de la República Argentina, de capital privado, consideradas homogéneas dado que usan el mismo tipo de recursos para producir servicios y productos similares, en un rol de intermediación entre depositantes y tomadores de fondos.

Los datos que corresponden a las 39 entidades que estuvieron en actividad en el período 2000-2017, se obtienen de las publicaciones que realiza el Banco Central de la



República Argentina (BCRA) con la información contable e informes económico financieros de las entidades, que las mismas le presentan periódicamente.

Es importante destacar que, en este trabajo, se determina el *output* bancario utilizando el enfoque de activos, donde los bancos son considerados intermediarios financieros. Las variables a utilizar, se clasifican en *inputs* y *outputs* utilizando el enfoque de intermediación, que tiene en cuenta el rol tradicional de las entidades financieras que transfieren activos financieros desde unidades superavitarias hacia unidades deficitarias. El enfoque de intermediación, siguiendo a Berger y Humphrey (1997), se ha utilizado con una selección restringida de variables.

En cuanto a las variables a utilizar en el proceso de transformación de *inputs* en *outputs* se considerarán: como *inputs*, Depósitos, Gastos de operación y Activos fijos, como representación de los fondos tomados (capacidad prestable), de los bienes físicos y de las remuneraciones de empleados y gastos necesarios para el funcionamiento del banco. Como *outputs*, Ingresos financieros, Ingresos por servicios e Inversiones, que reflejan los resultados obtenidos por el banco de su actividad financiera, de intermediación y de las inversiones a mediano y largo plazo.

Se utiliza el modelo clásico de retornos variables a escala *output* orientado, dado que se observa que los *inputs* son, al menos a corto plazo, más rígidos y menos manejables que los *outputs*. Se calculan: los índices de eficiencia relativa de cada unidad para cada año y la eficiencia media de las Entidades en el período. Asimismo, se determina la eficiencia media (Gráfico 1) y la desviación estándar del sistema en cada uno de los años considerados y la eficiencia media del sistema en todo el período.

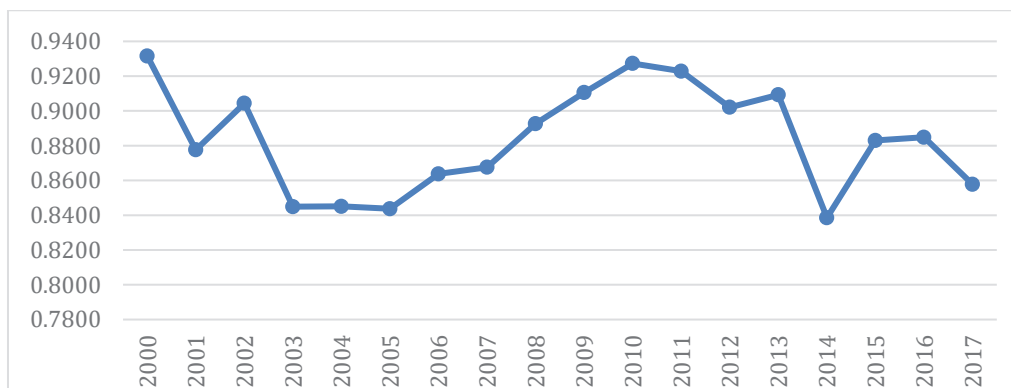
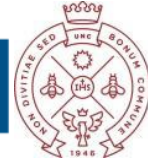


Gráfico 1: Eficiencia media del sistema bancario argentino (2000 – 2017)

Fuente: elaboración propia

A partir de las eficiencias medias en cada año se calcula que la eficiencia promedio del sistema en el período, es de 0,8838. Este valor puede ser utilizado para establecer un nivel de *eficiencia satisfactoria*, considerando “satisfactorias” a aquellas entidades cuyo nivel de eficiencia supere al de la media del Sistema. De las 39 entidades el 46% resultan con eficiencia media inferior al nivel de eficiencia satisfactoria. Si bien en la mayoría de los años la eficiencia media es superior a la eficiencia satisfactoria, se observan años con niveles inferiores: entre 2003 y 2007, en 2014 y en 2017.

En la evaluación de la eficiencia paramétrica se aplica un modelo de frontera estocástica (SFA), en el que se supone que los bancos producen un sólo output, los ingresos que percibe en forma global y utilizan tres recursos: Depósitos, Gastos de operación y Activos fijos. Se estudia la eficiencia técnica de los bancos, analizando dos escenarios: que la eficiencia se mantiene constante a través del tiempo para cada uno de ellos, o que la eficiencia técnica varía en el tiempo.



Log likelihood = -502.68992		Wald chi2(3) = 5051.93		Prob > chi2 = 0.0000	
log_y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
log_acf	.0990126	.0283994	3.49	0.000	.0433507 .1546745
log_d	.4205837	.0354655	11.86	0.000	.3510726 .4900948
log_go	.4247605	.0341192	12.45	0.000	.357888 .4916329
_cons	2.605565	3.295734	0.79	0.429	-3.853956 9.065085
/mu	1.680684	3.299389	0.51	0.610	-4.786001 8.147368
/lnsigma2	-1.013287	.1073892	-9.44	0.000	-1.223766 -.8028083
/lgtgamma	-.3379906	.2554285	-1.32	0.186	-.8386213 .1626401
sigma2	.3630236	.0389848			.2941203 .4480689
gamma	.4162977	.0620676			.3018252 .5405706
sigma_u2	.1511259	.0374926			.0776418 .22461
sigma_v2	.2118977	.011649			.1890662 .2347293

Figura 1: Resultados de eficiencia del sistema bancario argentino (2000 – 2017)

Fuente: STATA 16.0

Los resultados muestran una eficiencia técnica del sector bancario argentino del 0,595 en el período. Es decir, los bancos bajo estudio no están utilizando óptimamente sus insumos (por ejemplo, depósitos, activos fijos, gastos de operación). Cabe resaltar que el modelo es significativo y que los *inputs* considerados explican el *output* de las entidades bancarias, resultando significativos al 1%.

El parámetro γ toma valores entre cero y uno, en los extremos, si $\gamma = 0$ entonces todas las desviaciones de la frontera son debido al ruido (por ejemplo, eventos aleatorios que podrían afectar a la generación de los ingresos de los bancos), mientras que si $\gamma = 1$ significa que todas las desviaciones de la frontera son debido a la ineficiencia técnica. El valor de gamma (γ), en este caso es más cercano a cero, lo que indica que la proporción de la variación en el modelo se debe a efectos aleatorios y no a ineficiencia en el uso de los recursos.

4. CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo se aplicaron dos métodos para medir y evaluar el rendimiento de unidades productivas. Estos métodos, se dividen en dos grandes grupos según utilicen o no una función de frontera, difieren principalmente en la forma en que manejan el error aleatorio y en los supuestos con respecto a la forma de la frontera eficiente. El modelo de frontera estocástica (paramétrico) y el modelo DEA (no paramétrica) emergieron como dos desarrollos alternativos de las ideas que se originaron con Farrell (1957).

La eficiencia media del sistema bancario argentino en el período 2000-2017 es superior al aplicar el modelo no paramétrico DEA, sin embargo de la aplicación del modelo paramétrico SFA se desprende que eventos aleatorios afectan el desempeño de las entidades con respecto a la frontera de mejores prácticas.

Ambos métodos, tienen sus propios méritos y sus limitaciones, por lo que la elección de un procedimiento de estimación adecuado ha sido bastante controversial. Dong, Y.; Hamilton, R.; Tippett, M. (2014) demuestran que ni el enfoque no paramétrico ni el paramétrico tienen una ventaja absoluta sobre el otro y sugieren realizar la aplicación paralela de los métodos que compiten, y luego cotejar los resultados de eficiencia obtenidos. Otros investigadores, han sostenido que no es necesario tener consenso sobre cuál método es mejor para determinar la frontera eficiente. Más bien, ellos recomiendan un procedimiento de verificación utilizando más de una metodología (principalmente estadísticas), para evaluar la solidez de los resultados de eficiencia obtenidos.



Según Lovell (1993) “ninguno de los métodos es estrictamente dominante sobre otro”, y cada uno puede aportar importantes resultados en el estudio de un problema, por lo que interpreta que pueden usarse en forma complementaria. Esto es lo que se desprende de este estudio, por lo que se puede concluir que ambos modelos son aplicables y resultan útiles para medir la eficiencia de las entidades bancarias.

5. REFERENCIAS

AIGNER D.J., LOVELL C.A.K. y SCHMIDT P. (1977): “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”. *Journal of Economics*, 6, 21-37.

ARGAÑARAZ A. A., LÓPEZ M.D. L. Á., SCHNEIDER D. E., ALBANESE D. y MAÇADA A. C. G. (2011): “*Model for measuring efficiency of Argentina banks*”. AMCIS 2011 Proceedings. Paper 153. DOI 10.13140/2.1.1060.3845.

BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (2000-2017): “INFORMACIÓN DE ENTIDADES FINANCIERAS”. Publicación oficial.

BANKER R., CHARNES A. Y COOPER W. (1984): “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in DEA”. *Management Science*, vol. 30 (9), pp. 1078-1092.

BERGER A. N. y HUMPHREY D. B. (1997): “Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research”. *European Journal of Operational Research*, 98(2), pp.175–212.

CAMPOVERDE CAMPOVERDE J., ROMERO GALARZA C. y BORENSTEIN D. (2018): “Evaluación de eficiencia de cooperativas de ahorro y crédito en Ecuador: Aplicación del modelo Análisis Envoltante de Datos DEA”. *Contaduría y Administración*, 64(1), pp. 87.

CHARNES A., COOPER W. W. y RHODES E. (1978). “Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp. 429–444.

CHARLES V., PERETTO C. y GHERMAN, T. (2016). “Technical Efficiency Analytics for the Public Banks in Argentina”. *ICPE Public Enterprise Half-Yearly Journal*, 22(1), pp.118-139.

DONG Y., HAMILTON R. y TIPPETT M. (2014): “Cost efficiency of the Chinese banking sector: A comparison of stochastic frontier analysis and data envelopment analysis”. *Economic Modelling* 36, pp. 298-308.

FARRELL M.J. (1957): “The Measurement of Productive Efficiency”. *Journal of Royal Statistical Society Series A*, 120 (3), pp. 253–281.

LOVELL C.A.K. (1993): “Production Frontiers and productive efficiency”. Publicado en “*The measurement of productive efficiency*”. Oxford University Press. New York, New York.

MEEUSEN W. y VAN DEN BROECK J. (1977): “Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error”. *International Economic Review*, 18, pp. 435-444. <http://dx.doi.org/10.2307/2525757>

MISHKIN S. F. y EAKINS S. (2014): *Financial Markets and Institutions*. Boston, MA: Prentice Hall.

RODRÍGUEZ W. y RODRÍGUEZ O. (2014): “Banking technical efficiency during crisis periods. Evidence of banks’ profitability in Mexico and Chile”. *Contaduría y Administración*, 59(1), pp. 95–122.

RUINAN L. (2019): “Comparison of Bank Efficiencies between the US and Canada: Evidence Based on SFA and DEA”. *Journal of Competitiveness*, 11(2), pp.113–129.

SILVA T., TABAK B., CAJUEIRO D. y DIAS M. (2016): “A comparison of DEA and SFA using micro- and macro-level perspectives: Efficiency of Chinese local banks”. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 469. 10.1016/j.physa.2016.11.041.



DESAFIOS EN LA VIRTUALIDAD: LA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN UN CURSO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

CLAUDIA B. PERETTO - MARIANA MIZRAJI
Facultad de Ciencias Económicas-Universidad Nacional de Córdoba
cperetto@unc.edu.ar - mmizraji@unc.edu.ar

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo es compartir con la comunidad los cambios en la estrategia pedagógica para el dictado de la materia Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones (Investigación Operativa) en la Facultad de Ciencias Económicas-UNC, y los resultados obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos. En 2020, la situación sanitaria por COVID-19, generó el paso de la presencialidad a la virtualidad. La estrategia pedagógica implementada en una de las divisiones, de 420 inscriptos, involucró actividades sincrónicas semanales por videoconferencia y otras actividades asincrónicas disponibles en el aula virtual Moodle, todo articulado en una hoja de ruta semanal. Se describe la experiencia y se muestran algunos resultados que evidencian una valoración positiva de esta propuesta por parte de los y las estudiantes.

Palabras claves: EDUCACIÓN - INVESTIGACIÓN OPERATIVA - VIRTUALIDAD - ESTRATEGIA PEDAGÓGICA - AULA VIRTUAL

ABSTRACT:

The aim of this paper is to share with the community the changes in the pedagogical strategy for the teaching of the subject Quantitative Methods for Decision Making (Operational Research) at the Faculty of Economic Sciences - UNC, and the results obtained, both quantitative and qualitative. In 2020, the sanitary situation caused by COVID-19, generated the transition from face-to-face classes to an on-line modality. The pedagogical strategy implemented in one of the class, of 420 enrolled students, involved weekly synchronous activities by videoconference and other asynchronous activities available in the Moodle virtual classroom, all articulated in a weekly roadmap. The experience is described and some results are shown that evidence a positive assessment of this proposal by the students.

Keywords: EDUCATION - OPERATIONAL RESEARCH – ON LINE LEARNING - PEDAGOGICAL STRATEGY - VIRTUAL CLASSROOM

1. INTRODUCCIÓN

El espacio curricular Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones corresponde al segundo semestre de tercer año de las carreras de Contador Público y Licenciatura en Administración (materia obligatoria) y de la Licenciatura en Economía (materia electiva). Abarca contenidos de Investigación Operativa tales como Teoría de la Decisión, Programación Lineal, Administración de inventarios, Simulación y Programación y Control de Proyectos.

Hasta el año 2019, la materia se dictaba de manera presencial, con encuentros que se realizaban cuatro veces por semana. Si bien el dictado era teórico-práctico, se asignaban dos encuentros para presentar los temas teóricos (1,5 hs cada uno), uno para práctico, donde se desarrollaban problemas de aplicación (2 hs) y otro de práctico complementario (1,5 hs).

Para las clases teóricas se utilizaban presentaciones de diapositivas como complemento de las explicaciones orales y dialogadas. Para los prácticos, que se



dictaban en dos aulas para trabajar con grupos más reducidos, se resolvían diferentes problemas en la pizarra siguiendo el Material para Trabajos Prácticos de la cátedra y en algunas ocasiones se acompañaba con presentaciones de diapositivas para explicar algunos temas. El aula virtual se utilizaba, en este contexto, como repositorio de la bibliografía, actividades adicionales, foros de consulta y comunicación con los y las estudiantes.

2. EXPERIENCIA

En el año 2020, en virtud de la situación epidemiológica y considerando las restricciones de movilidad y/o aislamiento obligatorio, la Facultad de Ciencias Económicas resolvió que el cursado de las materias y las correspondientes instancias de evaluación se desarrollaran de manera virtual. Estas medidas obligaron a repensar el dictado de la materia, migrando a la virtualidad. Con ello, fue necesario replantear el formato de las clases y crear nuevos materiales que permitieran enseñar los contenidos del programa garantizando el aprendizaje y la interacción con nuestros/as estudiantes.

Esta cátedra contó con tres divisiones en 2020, y sobre una de ellas se detalla el proceso de adaptación a la virtualidad¹. Se trabajó con un equipo docente compuesto por una profesora adjunta, tres asistentes, tres auxiliares y la colaboración de cinco adscriptos, con un grupo de 420 estudiantes.

En este contexto, y ante la imposibilidad de asistir a la Facultad y dictar clases presenciales, se comenzó a utilizar el Aula Virtual de Moodle complementándolo con dos encuentros sincrónicos semanales por Meet: uno para el desarrollo de temas teóricos y otro para prácticos.

Con respecto a los materiales, se utilizó la bibliografía básica, en formato digital. Además, en un trabajo conjunto con los/as docentes de las otras divisiones, se produjeron para cada tema del programa de la materia: videos con resolución de problemas, lecciones y cuestionarios, todos disponibles en el Aula Virtual. Entre las ventajas generadas por estos materiales, se puede mencionar la oportunidad de contar con contenidos teóricos y prácticos complementarios accesibles de acuerdo a la necesidad de cada estudiante (visualización reiterada, pausar y continuar viendo, entre otros).

La comunicación con los/as estudiantes fue fluida y se realizó a través de mensajes de Guaraní y Aula Virtual, foros e Instagram (historias y publicaciones), según el contenido a comunicar. Para la transmisión rápida de información administrativa se utilizó Instagram, ya que es una aplicación muy utilizada por los/as estudiantes, y permitía recordar horarios, vencimiento de plazos de entrega de actividades, motivar la participación y la utilización de recursos.

Con respecto a las instancias de evaluación, el Protocolo para la realización de los Exámenes de manera virtual aprobado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad establecía distintas modalidades de recepción de los exámenes que recreaban situaciones de evaluación segura, en base a tres aspectos esenciales: la autenticación de la identidad del/la estudiante; la supervisión del entorno de trabajo de la evaluación y el tráfico seguro de información. En función de esto, se tomaron dos parciales y un recuperatorio, siguiendo la propuesta de la presencialidad, pero en este caso se configuraron en el Aula Virtual utilizando navegador seguro y monitoreado a través de inteligencia artificial, con reporte diferido (complementos Respondus o con Safe Exam Browser (SEB)).

¹ Parte de esta experiencia se relata en un trabajo propuesto para la obra La Fuerza de la Virtualidad, que se encuentra en proceso de edición.



3. CAMBIO EN LAS PRÁCTICAS DOCENTES

Como se señaló anteriormente, el entorno virtual que se utilizaba como apoyo a la actividad presencial adquirió, en 2020, un valor central para el sostenimiento del vínculo pedagógico entre estudiantes y docentes.

El aula virtual articula y combina aspectos pedagógicos, tecnológicos y comunicacionales para desarrollar procesos de enseñanza, propiciar procesos de aprendizaje y de construcción de conocimientos.

De esta manera, la construcción de un aula virtual es el resultado de un conjunto de decisiones que toma el equipo docente poniendo en juego el conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico. La interacción de estos conocimientos al momento de diseñar una propuesta se conoce como enfoque TPACK (*Technology, Pedagogy and Content Knowledge*, Figura 1).

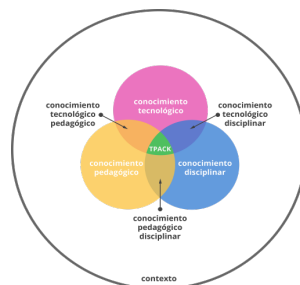


Figura 1 – Modelo

Desde este enfoque, se busca la integración de la tecnología al conocimiento pedagógico y disciplinar para conocer las herramientas y, además, resignificar las prácticas y los conocimientos con el fin de enriquecer las prácticas de enseñanza y de aprendizaje (Magadán, 2012).

Es por ello que se comenzó a utilizar el Aula Virtual de Moodle complementándolo con dos encuentros sincrónicos semanales por Meet y actividades asincrónicas. El enlace de la grabación de los encuentros (teóricos y prácticos) se publicó en el aula virtual, para quienes no hubiesen podido estar conectados en ese momento o quisieran revisarlos.

Los encuentros teóricos permitieron interactuar con el grupo completo de estudiantes para responder dudas o aclarar conceptos, ya sea por su intervención directa o a través del chat de Meet. Debido al número de inscriptos, los encuentros se transmitían en vivo por *streaming*, para posibilitar que un número mayor de estudiantes pudieran seguirlos.

Para el desarrollo de los encuentros prácticos se dividió al grupo en tres comisiones de 140 estudiantes cada una. Se dictaron las clases en simultáneo, utilizando en todas las comisiones recursos elaborados en común por los/ las docentes de la división (presentaciones de diapositivas, Kahoot u otro/s). Esta organización, permitió una relación más cercana con los/as estudiantes, emulando el trabajo en las aulas de prácticos presenciales.

El Aula Virtual fue estructurada en pestañas por unidad del programa. Dentro de cada una, los recursos y materiales se fueron presentando por semana, indicando a través de un cronograma las actividades propuestas y su fecha de habilitación. La manera de estructurar el aula, de organizar los contenidos y las actividades, y de diseñar los espacios de intercambio representó la intención pedagógica y teniendo en cuenta las sugerencias para la diagramación de aula virtuales (Da Porta, Llimós, Palmero y Plaza Schaefer, 2020). Los recursos y actividades se organizaron anticipadamente, aunque no estuvieron habilitados desde el principio, se iban revelando a medida que era necesario, permitiendo gestionar una estrategia de seguimiento y promover la autorregulación de los/las estudiantes.



A continuación, se describen algunos de los recursos más utilizados:

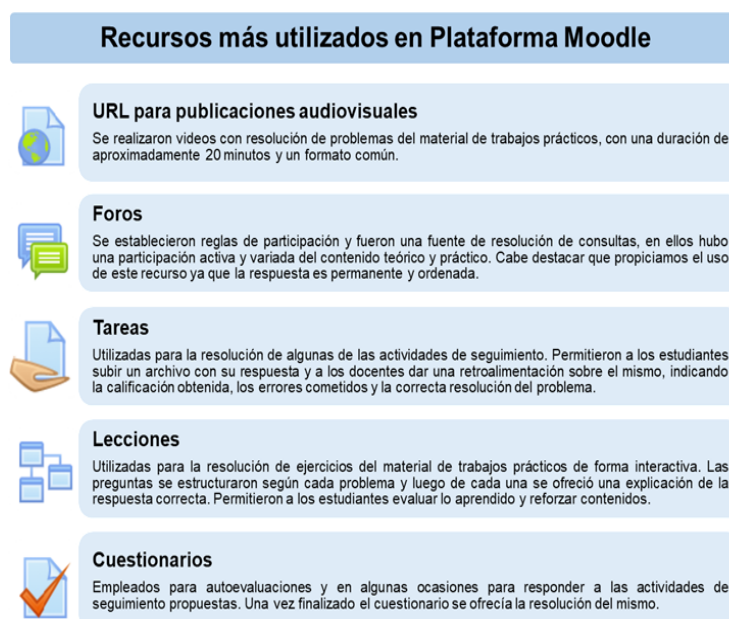


Figura 2 - Recursos más utilizados en el aula virtual

Se implementaron además, actividades de seguimiento de resolución grupal, por tema. En todos los casos se brindó una retroalimentación con las correcciones pertinentes y una nota cualitativa, que permitió configurar una valoración conceptual de cada estudiante, evaluar el avance en el aprendizaje de los temas y detectar errores o dudas frecuentes. Previo a los parciales, se realizaron clases de repaso que permitieron integrar los contenidos que se evaluarían. Las tareas de los y las docentes dentro de los ambientes virtuales de enseñanza y de aprendizaje incluyen: planificar, orientar, resolver dudas y evaluar continuamente (EDUCAR S.E, 28)

4. VALORACIÓN DE ESTUDIANTES

Luego del primer parcial y para recabar la apreciación de los/las estudiantes a partir del cambio en las prácticas de enseñanza y aprendizaje se aplicó una encuesta a través de un formulario. Algunos aspectos de valoración propuestos fueron satisfacción general, contenidos, materiales, actividades, acompañamiento docente, cronograma, trabajo propio y aprendizaje.

En los gráficos 1 a 5² se muestran los resultados de la encuesta respondida por 173 estudiantes, quienes destacaron que:

- el desarrollo, explicación y grabaciones de las clases en los encuentros virtuales teóricos los ayudaron a comprender mejor los temas.
- el material de las presentaciones les ayudó a seguir el desarrollo del encuentro práctico,
- los encuentros virtuales y los videos con problemas resueltos fueron los recursos más útiles,
- las lecciones fueron consideradas “muy” o “bastante útiles”,
- las actividades grupales los motivaron a llevar al día contenidos, les resultaron desafiantes y los obligaron a estudiar.

² En los gráficos 1, 3 y 5 se indican el número de estudiantes que seleccionaron cada una de las respuestas. En los gráficos 2 y 4 se indican los porcentajes de respuestas obtenidas.

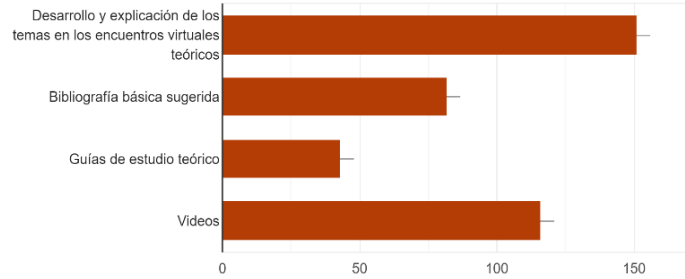


Gráfico 1 - cursos que ayudaron a comprender mejor los temas teóricos

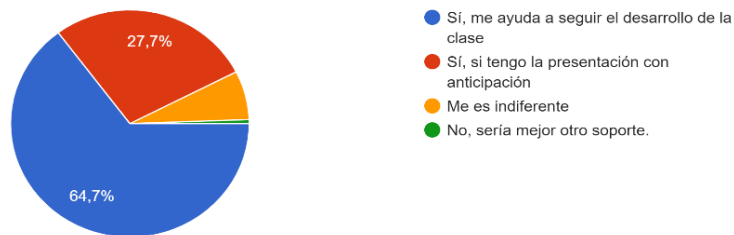


Gráfico 2 – Uso de PPT para el desarrollo de los encuentros virtuales

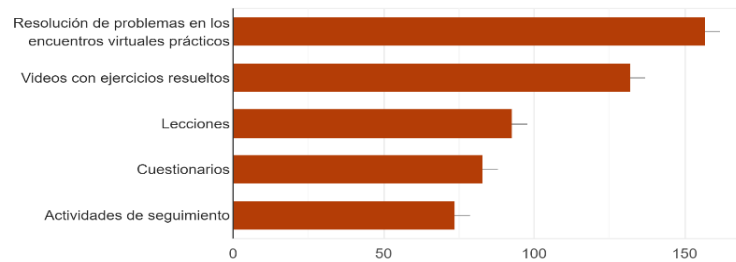


Gráfico 3 – Recursos que ayudaron a la comprensión de los temas prácticos

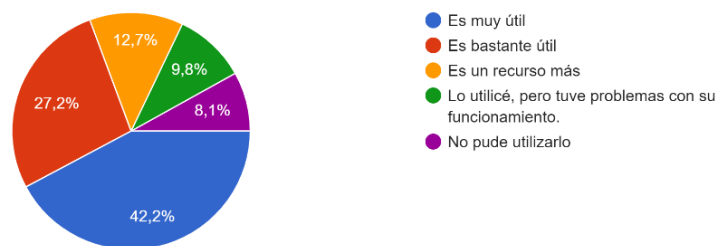


Gráfico 4 – Utilidad del recurso Lección respecto del proceso de aprendizaje

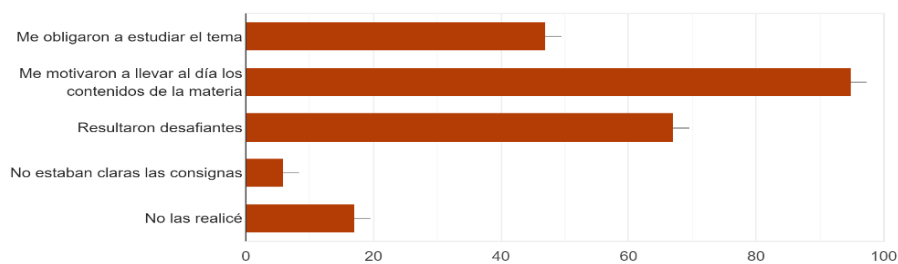


Gráfico 5 – Apreciación sobre las actividades de seguimiento grupales



Al consultar a los/ las estudiantes por otros recursos que podrían haber ayudado a comprender mejor los temas teóricos, se sugirió continuar con esta modalidad (presentaciones y explicaciones), ir un poco más despacio en las explicaciones, realizar autoevaluaciones teóricas, entre otras. Además, la mayoría indicó que le sería útil contar con la presentación previamente, lo que se implementó a partir de ese momento.

Respecto de las clases prácticas, un número elevado de estudiantes recalzó que debían ver nuevamente las grabaciones para terminar de comprender algunos problemas resueltos y sugirieron contar con la presentación previamente. En función de estos comentarios, se comenzó a subir al aula virtual la presentación, pero incompleta, de forma tal que pudieran seguir la clase pero que se involucraran activamente en la resolución.

En general los/ las estudiantes destacaron la buena coordinación entre teóricos y prácticos y valoraron el esfuerzo realizado en esta primera experiencia de dictado virtual.

Con respecto al desempeño de los/as inscriptos/as en el dictado completo, el 85,7% tuvo participación en las actividades propuestas, incluyendo los parciales, y, sobre estos últimos, el 56% regularizó la materia y el 27% obtuvo la promoción indirecta (debiendo rendir algunas unidades del programa como examen final).

5. CONSIDERACIONES FINALES

Pasar de la presencialidad a la virtualidad no fue una elección. Esto implicó una adaptación rápida y pensar nuevamente en la propuesta, rediseñar el aula virtual y producir los materiales que serían utilizados en el dictado de las clases tanto teóricas como prácticas, al mismo tiempo que incorporar nuevos modos de comunicación sincrónicos (encuentros virtuales semanales) y asincrónicos (actividades a ser realizadas fuera de los tiempos de encuentros virtuales).

El principal objetivo de toda la propuesta fue poner en el centro de la escena a los/las estudiantes, fomentando la participación tanto en los encuentros virtuales como recorriendo el aula virtual, consultando a través de foros y resolviendo las actividades propuestas. La organización del tiempo de los/las estudiantes fue un punto clave, no sólo fijando las fechas en las que estarían disponibles los diferentes recursos sino también los plazos de entregas, los objetivos de las actividades y los criterios de evaluación. Tener una devolución por parte de los/las estudiantes a la propuesta permitió contar con información para realizar ajustes y mejoras en los diseños de las próximas propuestas.

Si bien el 2020 presentó grandes desafíos para brindar una enseñanza de calidad, se lograron diseñar numerosas propuestas valoradas positivamente por quienes cursaron. Este año plantea un desafío adicional: mejorar aún más la propuesta virtual, con diseños que permitan mayores aprendizajes significativos.

6. REFERENCIAS

DA PORTA, E, LLIMÓS, G., PALMERO, P. M y PLAZA SCHAEFER, V. (2020): Módulo 1: Aproximación a los entornos virtuales para la enseñanza, Módulo 2: Lenguajes y recursos para la enseñanza virtual y Módulo 3: Estrategias para el diseño de las clases en entornos virtuales. Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

EDUC.AR S.E. (2021): "Capítulo 3: Diseñar y planificar ambientes de enseñanza y aprendizaje virtuales II". *Claves y caminos para enseñar en ambientes virtuales*. Dirigido por Laura Marés. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Libro digital.

MAGADÁN, C. (2012): "Clase 4: El desafío de integrar actividades, proyectos y tareas con TIC", Enseñar y aprender con TIC, Especialización docente de nivel superior en educación y TIC, Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.



APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE REDES PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO PEDAGÓGICO CON LA FINALIDAD DE AFRONTAR EL PASO DE LA PRESENCIALIDAD A LA VIRTUALIDAD

MIGUEL A. CURCHOD – MARÍA T. LÓPEZ – SOFÍA C. CORTABERRÍA
Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional de Córdoba

miguel.angel.curchod@unc.edu.ar – maria.lopez@unc.edu.ar – scortaberría@unc.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es narrar el abordaje y tratamiento de la problemática del paso de la presencialidad a la virtualidad en la cátedra de Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. La estrategia formulada se desarrolló bajo el enfoque de optimización y planificación con grafos. El propósito es compartir la experiencia, explicitar el enfoque de formulación y gestión de proyectos complejos, comentar los logros y, principalmente distinguir los trabajos que se realizaron de manera significativamente diferente en ambos contextos.

Palabras Clave: EDUCACIÓN EN IO – TEORÍA DE REDES – GESTIÓN DE PROYECTOS – VIRTUALIDAD

ABSTRACT

The aim of this work is to narrate the approach and treatment of the transitional problem from presence to virtuality in the chair of Quantitative Methods for Decision Making at the Faculty of Economic Sciences, Cordoba National University. The formulated strategy was developed taking into account the approach of optimization and planning with graphs. The purpose is to share the experience, make explicit the approach to formulation and management of complex projects, comment on the achievements and, mainly, distinguish the pieces of work that were carried out differently in both contexts.

Keywords: EDUCATION IN OR – GRAPH THEORY – PROJECT MANAGEMENT – VIRTUALITY

1. INTRODUCCIÓN

El 20 de marzo del año 2020 se anunciaron, en la República Argentina, medidas restrictivas de circulación y de aislamiento social, preventivo y obligatorio por la crisis sanitaria mundial por COVID-19. En este contexto, los docentes de la cátedra de Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones pensamos la mejor forma de afrontar el problema, recorrer la transición y salvar la situación cumplimentando la práctica docente de la mejor manera posible.

En definitiva, el objetivo de esta ponencia es narrar el abordaje y tratamiento de la problemática del paso de la presencialidad a la virtualidad en una cátedra masiva de aproximadamente 300 alumnos.

A la hora de abordar el problema se plantearon los siguientes supuestos: a) los contenidos a desarrollar son los mismos en ambas modalidades: presencial y virtual; sin



embargo, el modo de impartirlos debe ser indiscutiblemente diferente, b) la virtualidad no debe convertir la presencialidad en modalidad a distancia y, c) la estrategia metodológica debe resultar asequible y útil para la totalidad de los alumnos.

La metodología para modelizar el problema fue la que habitualmente se desarrolla en la unidad de Teoría de Redes, es decir: primera fase de planificación, segunda fase de programación y, finalmente, la tercera fase de implementación y control.

2. RECENSIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS CON GRAFOS

El emprendimiento de proyectos, de mayor o menor envergadura, ha sido un hecho indiscutible a lo largo de la historia de la humanidad. Cuantiosos autores ejemplifican esta situación citando la construcción de las pirámides de Egipto o los acueductos de Roma. Estas construcciones difícilmente podrían haberse materializado sin un buen método de planificación y organización.

No obstante; sin perdernos en la noche de los tiempos, el origen de la Teoría de Redes se remonta a 1736 cuando el matemático suizo, Leonhard Euler, resolvió el problema de los siete puentes de Königsber. Desde ese punto de origen se han incrementado las aplicaciones y los métodos de resolución para problemas modelizados a través de grafos.

Posicionados ya en el siglo XX, un hito relevante en la gestión de proyectos fue el diseño de los gráficos de Gantt difundidos entre los años 1910 y 1915. A pesar de sus limitaciones, estos diagramas constituyeron un hecho innovador en su época y aún hoy se mantienen en vigencia. Un punto de inflexión aún más importante para la gestión de proyectos es el desarrollo de los algoritmos de ruta crítica. Estas técnicas se basan en el teorema de la optimalidad, enunciado, dentro del enfoque de la programación dinámica, por Richard Bellman en 1953.

(Morillo et al., 2014) exponen que terminando la década de 1950 hubo un desarrollo significativo en los modelos y métodos de Investigación Operativa. Esto permitió que se diseñaran importantes metodologías dirigidas a la administración de tiempos para conseguir objetivos a corto y mediano plazo siendo estos mismos autores quienes desarrollan métodos analíticos y heurísticos para solucionar problemas de programación de tareas con recursos restringidos (del inglés: *Resource Constrained Project Scheduling Problem - RCPSP*).

También, finalizando la década del 50, más precisamente a partir de 1957, se desarrollaron simultáneamente, pero por diferentes equipos de investigación, los algoritmos: Método del Camino Crítico (del inglés: *Critical Path Method - C.P.M.*) y la Técnica de Revisión y Evaluación de Proyectos (del inglés: *Program Evaluation and Review Technique - P.E.R.T.*). Pocos años más tarde, en 1963, se desarrolló el método: Distribución de Recursos y Programación de Proyectos Múltiples (del inglés: *Resource Allocation for Multi-Project Scheduling - R.A.M.P.S.*) el cual introduce el concepto de competencia de recursos. Desde entonces y hasta la actualidad son numerosas las publicaciones que aplican estas técnicas.

Apartándonos de las aplicaciones habituales se pueden encontrar trabajos de investigación en los que se aplican los métodos de ruta crítica con aplicaciones de programación lineal. Así, (Parra Peña et al., 2020) proponen analizar los intervalos de flotamiento y la optimización de los costos. Otra de las aplicaciones interesantes de los métodos de ruta crítica ha sido la combinación de los modelos tradicionales que trabajan con tiempos estocásticos construyendo modelos híbridos, estimando la duración de los tiempos de realización de las actividades a través de técnicas de simulación (Muñoz y Muñoz, 2009).

El área de aplicación más reciente de los algoritmos de ruta crítica, es aquella que trabaja con datos imprecisos, vagos o ambiguos. En esta categoría encontramos los



métodos tradicionales pero resueltos utilizando lógica difusa. Así, (Mazlum y Güneri, 2016) plantean un C.P.M. Y P.E.R.T. con números difusos triangulares y (Ravi Shankar et al., 2010) aplican el C.P.M. tradicional con números difusos trapezoidales.

En 1969 se creó el *Project Management Institute*, esta organización reúne a profesionales dedicados al gerenciamiento de proyectos. Su crecimiento ha sido exponencial, llegando a ser en el año 2011 la más importante en su rubro. Las recomendaciones y aportaciones del *Project Management Institute* han contribuido a impulsar la creación de oficinas específicas en las empresas para el desarrollo de proyectos y han convertido esta actividad en una disciplina autónoma.

Por último, se considera importante destacar que, a finales del siglo XX, han surgido nuevas formas de gestión y organización de equipos de trabajo llamadas metodologías ágiles. Estas tecnologías tienen el objetivo de agregar valor en menos tiempo y se utilizan primordialmente en proyectos de desarrollos de *software*. Estas metodologías acotan el horizonte de planificación a plazos muy cortos y se convierte en un proceso iterativo con evaluaciones y ajustes casi continuos. Ellas se proponen dar respuestas rápidas a las demandas empresariales y, si bien no explicitan las fundamentaciones de la teoría reticular, su funcionamiento intrínseco responde a los axiomas matemáticos de esta área del conocimiento.

3. METODOLOGÍA

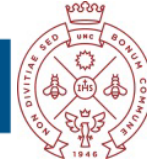
El objetivo de esta ponencia no es profundizar en los desarrollos matemáticos de la teoría de redes; sin embargo, sí se estima pertinente hacer un breve exordio al tema que fundamenta este trabajo. (Carignano y Alberto, 2019) definen una red o grafo, matemáticamente, como los pares ordenados (X, U) : donde X es un conjunto finito de elementos que se denominan vértices o nodos de la red y U representa una relación binaria entre los elementos del conjunto X . A los pares ordenados que pertenecen a la relación U se los llama arcos. En consecuencia, se puede decir que un proyecto está caracterizado por un conjunto de elementos: las actividades y, una relación binaria entre ellas, la relación de precedencia. Intuitivamente surge la idea de que todo proyecto puede ser representado por una red. La forma de graficar las actividades de un proyecto en los nodos de la red y materializar la relación de precedencia a través de los arcos fue planteada por el matemático francés Bernard Roy en el año 1960. En esta ponencia se resolvió el problema aplicando el Método del Camino Crítico diagramando la red por el Método de Roy.

4. APLICACIÓN

Partiendo de la definición de proyectos (PMBok®, 2013), ... “*un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*”. El desafío del proyecto emprendido por el equipo docente de la cátedra fue diseñar una estrategia didáctica que incluyera: el diseño de los materiales de estudio, la programación de las actividades docentes, el desarrollo de los dispositivos de estudio y de evaluación, para prestar un servicio de calidad a un universo de estudiantes numeroso y heterogéneo, en un escenario totalmente diferente, como es el de la virtualidad.

4.1. Primera fase: planificación

Para consumir esta etapa se explicitó el objetivo, se estableció el alcance del proyecto y se construyó un modelo con 3 componentes: a) listado de actividades, b) listado de hitos, c) determinación de los tiempos de realización de las actividades.



4.1.1. Listado de actividades e hitos

Las actividades representan el conjunto de tareas que deben realizarse para cumplimentar el proyecto. Definir las actividades es el proceso de identificar los trabajos específicos que se deben realizar para generar los entregables y alcanzar los objetivos propuestos. La lista de actividades debe ser exhaustiva. El conjunto de actividades definido debe conducir a un resultado final observable y medible. Las actividades tienen atributos como son: el identificador (ID), la duración (o unidades de calendario), la secuencia, el responsable a cargo de la actividad, los recursos aplicados para su realización y el nivel de esfuerzo que implican (LOE, por su sigla en inglés: *level of effort*).

Las unidades de calendario, en esta aplicación, fueron definidas en días. Para la determinación de los tiempos de realización de las actividades se estimaron tiempos determinísticos acordándolos de consuno entre todos los miembros del equipo docente.

Definición de hitos: los hitos son puntos o eventos significativos dentro del proyecto. Se suele explicitar si son obligatorios o voluntarios. En este caso se fijaron dos hitos como puntos de supervisión para indagar sobre los avances y dificultades del proyecto.

En el documento original del proyecto se materializó en forma detallada el listado de actividades y hitos, consignando: el título de la actividad, las unidades de calendario (UC), la descripción de la actividad, el orden de precedencias (Pr), el responsable y los entregables de cada tarea. En este trabajo se describe en forma sucinta:

- Identificador de la actividad: (ID = A). Título: coordinar con las demás divisiones de la cátedra. UC: 5 – Precedencias (Pr): sin precedencias.
- Identificador de la actividad: (ID = B). Título: determinar la Estructura de Descomposición del Trabajo (del inglés: *Work Breakdown Structure: WBS*). UC: 3 - Pr: A.
- Identificador de la actividad: (ID = C). Título: realizar la planificación de los contenidos de la materia. UC: 4 - Pr: B -
- Identificador de la actividad: (ID = D). Título: diseñar un instrumento adecuado para realizar un diagnóstico situacional del alumnado. UC: 2 - Pr: B.
- Identificador de la actividad: (ID = E). Título: relevar las herramientas digitales potencialmente útiles para la actividad docente y para video-conferencias. UC: 6 - Pr: B.
- Identificador de la actividad: (ID = F). Título: diseñar los mapas de posicionamiento virtual (MPV). UC: 3 – Pr: B.
- Identificador de la actividad: (ID = G). Título: definir de los *softwares* y aplicaciones a utilizar. UC: 3 - Pr: C, D.
- Identificador de la actividad: (ID = H). Título: seleccionar las herramientas digitales a utilizar. UC: 2 - Pr: E, F.
- Hito 1: primera parte del proyecto realizada.
- Identificador de la actividad: (ID = I). Título: diseñar perfiles y políticas de uso en redes sociales. UC: 3 - Pr: G, H.
- Identificador de la actividad: (ID = J). Título: capacitar y entrenar al equipo de trabajo sobre las herramientas digitales seleccionadas. UC: 4 - Pr: G, H.
- Identificador de la actividad: (ID = K). Título: confeccionar los MPV. UC: 6 - Pr: G, H.
- Identificador de la actividad: (ID = L). Título: adaptar el material teórico práctico para ser usado en la modalidad virtual. UC: 8 - Pr: I, J, K.
- Identificador de la actividad: (ID = M). Título: desarrollar ejercicios ejemplificativos de la teoría. UC: 5 – Pr: L.



- Identificador de la actividad: (ID = N). Título: desarrollar ejercicios para la internalización de la parte práctica de la asignatura. UC: 4 - Pr: L.
- Identificador de la actividad: (ID = O). Título: grabar el material audiovisual. UC: 10 - Pr: L.
- Hito 2: segunda parte del proyecto realizada.
- Identificador de la actividad: (ID = P). Título: corregir y ajustar todo el material elaborado. UC: 10 - Pr: M, N, O.
- Identificador de la actividad: (ID = Q). Título: diseñar la página de la división en la plataforma *Moodle*. UC: 5 - Pr: M, N, O.
- Identificador de la actividad: (ID = R). Título: crear un banco de preguntas. UC: 8 - Pr: M, N, O.
- Identificador de la actividad: (ID = S). Título: redactar las autoevaluaciones. UC: 7 - Pr: M, N, O.
- Identificador de la actividad: (ID = T). Título: prepararse para comenzar la actividad áulica virtual. UC: 4 - Pr: P, Q, R, S.
- Identificador de la actividad: (ID = U). Título: realizar el ensayo de una clase. UC: 1 - Pr: T.

4.2. Segunda fase: programación

La programación del proyecto estuvo centrada en la equilibrada asignación de tareas y en la comunicación del equipo docente. La secuencia o simultaneidad de las actividades se determinó utilizando el método de diagramación por precedencias, graficando la red por el método de los potenciales o AON (por su sigla en inglés: *Activity on node*).

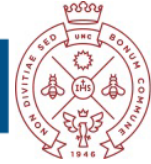
4.3. Tercera fase: control

Para el control y seguimiento del proyecto se resolvió la red aplicando el algoritmo: Método del Camino Crítico. Las actividades que conforman el camino crítico tienen la particularidad de no tener holgura en su tiempo de ejecución y cualquier demora que se produce en la realización de una actividad crítica produce un retraso de igual magnitud en el tiempo de ejecución del proyecto. El camino crítico (μ^*) está constituido por las actividades: A, B, E, G, K, L, O, P, T, U. En este caso particular se determinó un tiempo mínimo de ejecución de 55 días.

5. CONCLUSIONES

Como se expuso en la introducción, a partir de la crisis sanitaria fue necesario reinventarse para desempeñar la actividad docente con competencia y seguir alcanzando los objetivos logrados durante la presencialidad. El proyecto permitió tener una actitud proactiva hacia la estrategia a aplicar, como así también, disponer de los materiales didácticos necesarios para llevarla a cabo. El emprendimiento del proyecto facilitó el trabajo colaborativo del equipo, logró una mayor cohesión entre los miembros del grupo docente, proporcionó una equilibrada asignación de tareas y, esencialmente, permitió alcanzar muy buenos resultados durante el dictado virtual de la materia.

En cuanto a la aplicación, concretamente, podemos concluir que el proyecto respetó los supuestos planteados en la introducción y que el mismo estuvo constituido por 21 actividades y 2 hitos. El tiempo de realización fue de 55 días corridos. En este caso particular las actividades críticas coincidieron con aquellas tareas de mayor LOE.



Durante el semestre virtual no hubo improvisaciones y se relevaron guarismos similares a los de la presencialidad respecto de: deserciones, alumnos sin actuación, alumnos regulares y libres.

Los resultados de la actividad virtual se calcularon mediante los mecanismos habituales que utiliza la Facultad. Las conclusiones finales fueron altamente positivas.

A modo de reflexión final, la crisis sanitaria nos sumergió intempestivamente en la virtualidad. El contexto cambia en forma dinámica. Algunas variables, como el nivel de personas vacunadas, vaticinan mejores escenarios. Otras, en contraposición, como la aparición de nuevas cepas, empeoran las futuras proyecciones. Se intuye que, al modelo presencial, tal como lo conocíamos, no regresaremos al menos en un corto plazo. Por otra parte, el modelo virtual no es sostenible a largo plazo en carreras acreditadas bajo la modalidad presencial. En consecuencia, seguramente, ya es el momento de comenzar a evaluar cada modalidad, rescatar lo mejor de cada singularidad y empezar a desarrollar y a experimentar otros modelos, superadores, quizás híbridos, probablemente bimodales, que se adecúen mejor al porvenir próximo.

6. REFERENCIAS

Carignano, C. & Alberto, C. (2019). *Apoyo Cuantitativo a las Decisiones*. CÓRDOBA: Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba.

Institute, P. M. (2013). "Guía de los FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Guía del MPBOK)". Pennsylvania - EEUU: Project Management Institute, Inc.

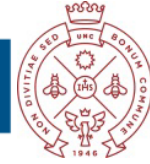
Mazlum, M. & Güneri, A. F. (2016). "CPM PERT and Project Management With Fuzzy Logic Technique and Implementation On A Business". *Procedia - Social and Behavioral Science*, 348-357. Recuperado el 25 de 4 de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/286541460_CPM_PERT_and_Project_Management_with_Fuzzy_Logic_Technique_and_Implementation_on_a_Business

Morillo, D., Moreno, L. & Díaz, J. (2014). "Metodologías Analíticas y Heurísticas para la Solución del Problema de Programación de Tareas con Recursos Restringidos (RCPSP): una revisión". *Ingeniería y Ciencia*, 10(19), 247-271. Recuperado el 25 de 6 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v10n20/v10n20a13.pdf>

Muñoz, D. F. & Muñoz, D. F. (5 de 12 de 2009). "Planeación y Control de Proyectos con Diferentes Tipos de Precedencias Utilizando Simulación Estocástica". *Información Tecnológica*, 21(4), 25-33. doi:10.1612/inf.tecnol.4338it.09

Parra Peña, J., Niño Villamizar, Y. A. & Mosquera Palacios, D. J. (6 de 2020). "La Gestión de Proyectos Corporativos y la Programación Lineal. Cálculo de holguras y Optimización del Coste". *Aglala*, 11(1), 64-83. Recuperado el 9 de 7 de 2021, de <http://revistas.curnvirtual.edu.co/index.php/aglala/article/view/1567>

Ravi Shankar, N., Sireesha, V., Srinivasa Rao, K. & Vani, N. (2010). "Fuzzy Critical Path Method Based on Metric Distance Ranking of Fuzzy Numbers". *Int. Journal of Math. Analysis*, 4(20), 995-1006. Recuperado el 20 de 4 de 2021, de <http://www.m-hikari.com/ijma/ijma-2010/ijma-17-20-2010/ravishankarIJMA17-20-2010.pdf>.



UN TRABAJO CON LA REALIDAD DE LA PANDEMIA MODELIZAR A DISTANCIA Y EL USO DE RÚBRICAS

SILVIA A. RAMOS - PABLO M. COLOMBO - EMILIO G. MARÍN – IVÁN G. TERZANO – LUCAS LAVANDEIRA
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería

saramos@fi.uba.ar- pcolombo@fi.uba.ar - emarin@fi.uba.ar- iterzano@fi.uba.ar- lucaslavandeira@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se reseña una experiencia de trabajo práctico en un cuatrimestre no presencial, en el cual se trabajó con los y las estudiantes en la resolución de un problema vinculado con lo que se estaba viviendo en la realidad por la pandemia de COVID-19. En la experiencia se utilizaron rúbricas para la autoevaluación de cada entrega por parte de los mismos estudiantes. Esas rúbricas se utilizaron también para realizar una evaluación de pares de las presentaciones de cada grupo de estudiantes.

Palabras Clave: EDUCACIÓN – PROYECTOS – RÚBRICAS – MODELOS MATEMÁTICOS

ABSTRACT

This paper reviews an experience in an online term, in which we worked with the students in solving a problem related to what was being experienced in reality by the COVID-19 pandemic. In the experience, rubrics were used by students for the self-evaluation of each delivery. Those rubrics were also used to conduct a peer review of the presentations by each group of students.

Keywords: EDUCATION – PROJECTS – RUBRICS – MATHEMATICAL MODELS

1. INTRODUCCIÓN

Modelos y Optimización I es una materia obligatoria del área de Investigación Operativa de los y las estudiantes de las carreras de Licenciatura en Análisis de Sistemas y de Ingeniería en Informática en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. La evaluación de los alumnos consiste en un examen parcial, un trabajo práctico realizado a lo largo del cuatrimestre, y un examen final. La asignatura corresponde al séptimo cuatrimestre de la carrera y el promedio de estudiantes por cuatrimestre es de 25 personas (aunque en la virtualidad ha aumentado). La asignatura se dicta en los dos cuatrimestres de cada año.

Como se indica en Ramos *et. al.* (2014 y 2015), uno de los objetivos del trabajo práctico es el de presentar a los alumnos un abanico de problemas de optimización y situaciones reales que pueden ser planteadas mediante modelos lineales, que, aunque computacionalmente complejos, pueden ser resueltos mediante heurísticas. En el año 2020, la cursada fue realizada enteramente de manera virtual, lo cual representó la oportunidad de incorporar al trabajo práctico parte de la problemática que en ese momento estaba atravesando la Argentina toda, y por otro lado significó el desafío de que estudiantes y docentes realizaran todo el proceso del trabajo práctico que se desarrolla cada cuatrimestre (presentación del tema, deliberación, desarrollo del modelo, resolución por heurísticas y presentación ante el curso) de manera virtual, sin estar en ningún momento en el mismo espacio físico. Eso implicó un desafío tanto para el cuerpo docente como para los y las estudiantes.



2. EL TEMA DEL TRABAJO PRÁCTICO Y LA REALIDAD DEL COVID-19

2.1. Trabajar con un tema que surge de la realidad

Cuando se plantea un tema para que los estudiantes trabajen en el curso es importante que los estudiantes lo vean como un problema propio, que les resulta interesante resolver (ver Ramos *et. al.*, 2019, 2020). Por lo general se elige un problema combinatorio que se puede resolver aplicando métodos heurísticos, si el tamaño del problema, sumado a su complejidad intrínseca, no permite resolverlo de manera exacta. En el caso del segundo cuatrimestre de 2020, ante la continuación de las situaciones de aislamiento, se eligió un problema combinatorio relacionado con la problemática nacional (ver ANEXO I). El problema se podía modelar como un coloreo de grafos, lo cual no se anticipó al estudiantado, porque en la primera entrega tenían que relevar la situación problemática, lo cual incluía relacionarlo con un problema combinatorio en particular, de ser posible. La segunda entrega es el planteo del modelo matemático lineal del problema combinatorio que más se adapte a la situación que se quiere resolver, y en la entrega final resuelven el modelo utilizando un software de resolución de programación lineal y también con un algoritmo heurístico desarrollado por el propio grupo de estudiantes. Para esto último se les proporcionaron varios conjuntos de datos (uno pequeño, uno de tamaño mediano y otro de tamaño grande) para que pudieran resolverlo. Todos los grupos trabajaron con los mismos tres juegos de datos. La última etapa consiste en una presentación de cada grupo de estudiantes ante todo el curso.

2.2. Trabajar en la no presencialidad

Uno de los objetivos del trabajo práctico que se propone a los estudiantes es hacer que trabajen, en grupos de tres, en un problema combinatorio de gran complejidad computacional, para que, desde la primera clase, tomen contacto con él, y apliquen los conocimientos adquiridos clase a clase en su resolución. A partir de 2015, como se indica en Ramos *et. al.* (2015) se incorporó que todas las entregas del trabajo práctico se hagan a través del campus de la asignatura en la plataforma Moodle de la Facultad de Ingeniería (campus.fi.uba.ar/7114), lo cual resultó ser una ventaja comparativa cuando se suspendió la presencialidad, aunque todavía restaba trabajo para hacer.

Dar el curso de manera no presencial requirió una serie de cuidados en la planificación y desarrollo de las clases. También es necesario cuidar la comunicación con los y las estudiantes del curso. A tal efecto nos dice Soletic (2020):

“Construir una “hoja de ruta” para los estudiantes: Es importante en esta coyuntura pautar y comunicar semanalmente las actividades de enseñanza y las tareas asignadas a los alumnos. Indique si las actividades son obligatorias, optativas, grupales o individuales.

Dar consignas claras: En la distancia, es fundamental la claridad en la transmisión de las tareas a realizar, la asignación de tiempos para su realización, el producto final, las interacciones que se esperan (trabajos grupales o individuales). Explícite a los estudiantes qué se espera de cada actividad en términos de los objetivos de aprendizaje y comunique los criterios para la elaboración de las producciones parciales o finales. A distancia, la redundancia es muchas veces necesaria.

Colaborar con los estudiantes en la gestión del tiempo: Si bien uno de los principales beneficios del aprendizaje en línea es la flexibilidad



y la adaptación a los tiempos y necesidades personales y grupales, es importante en esta coyuntura ayudar a los estudiantes a organizar y optimizar su tiempo. Poner plazos claros para realizar las tareas, evitar la sobrecarga, compartir la hoja de ruta semanal, hacerse presente enviando mensajes de aliento que recuerden tiempos y tareas, ayudan a la organización del trabajo académico.”

En la no presencialidad el desarrollo del trabajo práctico requirió cambiar ciertas prácticas que hasta ese momento habían sido habituales. En primer lugar, en la presencialidad el armado de grupos se hacía en el aula. Durante 2020 se implementó en el campus una tarea especial para que los y las estudiantes pudieran armar grupo con otros. La comunicación del tema también planteó desafíos, porque tuvo que ser suficientemente clara para que los grupos pudieran comenzar a trabajar. En cuatrimestres anteriores, como se indicó en Ramos *et. al.* (2015), una dificultad de la primera entrega de relevamiento había sido la poca participación de los estudiantes en el campus. Ante la imposibilidad de discutir en el aula física acerca del tema, se intensificó la tarea de foros, con la participación de los docentes como coordinadores y también generando temas de discusión para alentar el trabajo de los estudiantes.

Para el trabajo práctico, los estudiantes solían consultar en las clases a los docentes, que hacían el papel de los responsables de la empresa u organización que tenía el problema para el cual se estaba planteando el trabajo. Cuando en 2020 todas las asignaturas pasaron a modo no presencial, el tiempo de las clases comenzó a ser demasiado escaso como para sumar las tareas relacionadas con el trabajo práctico al trabajo habitual con los ejercicios. Por este motivo se intensificó el trabajo con los foros del campus virtual, que hasta ese momento se habían utilizado para que los estudiantes dialogaran entre ellos e hicieran un trabajo colaborativo. La colaboración se continuó y se amplió con las consultas que hacía cada grupo de trabajos prácticos a los docentes. Para cada grupo había un foro específico de consultas. Cuando alguna de las consultas de un grupo era considerada por los docentes como una consulta útil para el resto de los estudiantes del grupo, se la movía a un foro general, para que todos los estudiantes del curso pudieran leerla y, eventualmente, responderla.

El trabajo práctico tradicionalmente culminaba en la última clase con una presentación que hacía cada uno de los grupos ante el resto del curso. En ese trabajo se producía un rico intercambio entre los grupos porque cada uno había resuelto el mismo problema desde su particular visión y, además, cada grupo había desarrollado algoritmos heurísticos distintos para resolverlo y se podían comparar los distintos enfoques. Cuando las actividades dejaron de ser presenciales se reemplazó ese encuentro por un video que tenía que presentar cada grupo, que se agregó como tarea dentro del trabajo práctico y, como trabajo final, cada grupo tenía que hacer una evaluación de la presentación realizada por otros dos grupos, a elección. Uno de los riesgos era que alguna de las presentaciones quedara sin evaluaciones de otro grupo, pero eso no ocurrió y todos los grupos recibieron al menos dos evaluaciones.

3. EL USO DE RÚBRICAS COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN LA NO PRESENCIALIDAD

Al ser las clases no presenciales, se intensificaron las tareas de los docentes para asegurar la atención y la comprensión de las consignas. Así como la comprensión del tema propuesto es un tópico importante, también lo es que quede claro cuáles son las tareas que los estudiantes tienen que hacer para cumplir con las consignas del trabajo práctico, y cómo se los va a evaluar por ello. Por eso se desarrollaron rúbricas.



Una rúbrica es un instrumento que sirve para comunicar las expectativas de una evaluación. El objetivo de la rúbrica en los distintos hitos del trabajo práctico es proporcionar a los y las estudiantes una indicación clara acerca de qué se espera de ellos y ellas, qué deben alcanzar y qué acciones deben realizar (y de qué manera) para alcanzar con éxito la meta de aprendizaje.

Para elaborar una rúbrica, primero hay que tener en cuenta los objetivos o expectativas que se tiene respecto de la actividad que vamos a evaluar (en este caso el trabajo práctico). A partir de esto se elaboran los criterios con los cuales se va a evaluar. Deben estar todos los criterios que representan los aspectos importantes de lo que se pretende evaluar, según indican Marín-García y Santandreu-Mascarell (2015). Estos criterios estarán en las filas de la matriz de la rúbrica.

En las columnas de la rúbrica están los niveles de logro, que representan el nivel alcanzado en el proceso de aprendizaje con una escala cualitativa y no numérica (por ejemplo: Pobre, Regular, Adecuado, Muy bueno, Sobresaliente). Finalmente, dentro de cada una de las celdas de la matriz estarán los indicadores, que sirven para que cada estudiante pueda relacionar su trabajo con cada uno de los niveles de logro y comprenda qué es lo que se espera de la tarea en cada criterio.

En la Figura 1 mostramos un ejemplo de rúbrica para la actividad de presentación de trabajo práctico.

Criterio	Excelente	Muy Bien	Bien	Regular	Mal
Presentación	Respeto el tiempo prefijado. Las palabras elegidas son correctas, utiliza vocabulario de la materia, la presentación es fluida y amena. Si presenta material adicional, el mismo es claro y útil, de lo contrario la presentación es lo suficientemente clara para que no haga falta el mismo.	Respeto el tiempo prefijado. La presentación es fluida y amena. Presenta material adicional o de lo contrario la presentación es lo suficientemente clara para que no haga falta el mismo.	Respeto el tiempo prefijado. La presentación es fluida y amena. Presenta material adicional poco claro o de lo contrario la presentación se hubiera visto beneficiada con presencia del mismo.	No respeta el tiempo prefijado. No presenta material adicional. La presentación es tediosa, difícil de seguir y/o confusa.	No asiste.
Modelo propuesto para resolver el problema	Se describe con detalle la estrategia usada para modelizar estableciendo paralelo con algún problema conocido e indicando similitudes y diferencias. Se exponen las dificultades presentadas y cómo se lograron superar.	Se describe con detalle la estrategia usada para modelizar estableciendo paralelo con algún problema conocido e indicando similitudes y diferencias. Se mencionan las dificultades presentadas.	Se describe la estrategia usada para modelizar, estableciendo un paralelo con algún problema conocido e indicando diferencias básicas.	Se explica a grandes rasgos la estrategia usada para modelizar. No se indican particularidades del modelo respecto de el problema tipo en el que estaba basado.	No se explica la estrategia usada para modelizar. No lo asimila con ningún tipo de problema conocido.
Heurística propuesta para resolver el problema	Se explica el funcionamiento de la heurística en su totalidad, la mayoría de los casos borde y condiciones de corte. Muestra uno o más ejemplos de la heurística aplicada. Muestra la idea general que hay detrás de la heurística y que objetivo persigue.	Se explica el funcionamiento de la heurística en su totalidad, los casos borde más relevantes y condiciones de corte. Muestra uno o más ejemplos de la heurística aplicada.	Se explica el funcionamiento principal de la heurística. Menciona pocos o ningún caso borde. Se explica cuál es la condición de corte.	Se explica muy vagamente como funciona la heurística. No menciona ningún caso borde ni condición de corte.	No se explica cómo funciona la heurística. No menciona ningún caso borde ni condición de corte.
Presentación de los resultados	La presentación de resultados es clara y completa. Se presenta en tablas, con un esquema o una animación que hace muy sencilla su interpretación para el usuario. Provee información útil y utiliza el lenguaje del dominio del problema.	La presentación de resultados es clara y completa. Se presenta en un formato que ayuda a interpretarla fácilmente. Provee información útil y utiliza el lenguaje del dominio del problema.	La presentación de resultados es escueta pero clara. Provee sólo las variables principales o agrega algunas que no son del todo útiles. Puede haber algún problema para interpretarla. No se utiliza el lenguaje de dominio del problema.	La presentación de resultados es confusa. Provee sólo las información básica de la solución y lo hace en un lenguaje técnico, lejos del dominio del problema.	La presentación de resultados es confusa. No provee medidas que sirvan para determinar la eficiencia de la solución.
Puntos de mejora y conclusiones	Se logra exponer en profundidad ventajas, desventajas y puntos de mejora para la resolución. Las conclusiones son acertadas e interesantes.	Se exponen ventajas y puntos de mejora más allá de los básicos. Las conclusiones son acertadas e interesantes.	Se exponen ventajas y puntos de mejora básicos. Las conclusiones son acertadas.	Se exponen ventajas y/o puntos de mejora muy vagos o de dudosa validez. Las conclusiones son pobres.	No se exponen ventajas y/o puntos de mejora. Las conclusiones son pobres.

Figura 1: Ejemplo de rúbrica para el hito de presentación

En el caso del trabajo práctico, para varios de los hitos se contaba con rúbricas elaboradas en cuatrimestres anteriores, en los cuales la carpeta de trabajos prácticos se entregaba a través del campus virtual. El trabajo de elaboración de las rúbricas siempre ha sido un trabajo colaborativo en el interior de la cátedra. En los cuatrimestres en los cuales la cursada era presencial uno de los docentes proponía



una rúbrica para una de las entregas del trabajo práctico, y la compartía con el resto de los docentes, para que quedara totalmente terminada, con el acuerdo de todos los docentes del curso antes de ser presentada a los estudiantes. Cuando la cursada dejó de ser presencial se agregaron rúbricas para las partes del trabajo práctico que antes se presentaban presencialmente, y para la evaluación por pares. También se tomó conciencia de que era necesario trabajar más profesionalmente con las rúbricas, porque era necesario que los estudiantes pudieran autoevaluar su entrega, ya que no tenían la posibilidad de consultarla con el docente en la clase, como era usual en la cursada presencial. Luego de tres cuatrimestres de trabajo no presencial, sobre la base de las encuestas a los estudiantes, se han corregido algunos aspectos de las rúbricas, sobre todo para clarificar las expectativas. En particular, en el cuatrimestre en el cual se planteó a los y las estudiantes el trabajo práctico que estamos presentando, para la última entrega algunos estudiantes plantearon que la rúbrica no contenía todos los niveles de logro que tenían que ser alcanzados en esa etapa. Esto se corrigió en el cuatrimestre siguiente.

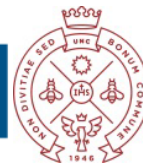
4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una de las ventajas de la no presencialidad fue que la participación en los foros creció y que los estudiantes pudieron colaborar con otros usando las herramientas que proporcionó la asignatura. Es cierto que se perdió el debate en la clase presencial, pero los trabajos fueron de calidad similar a los que se entregaban en la presencialidad. Los estudiantes apreciaron el hecho de poder autoevaluar su trabajo con las rúbricas, en comparación con la discrecionalidad que, según ellos, aparece en la evaluación de sus trabajos en otras asignaturas, con variación del resultado según quién sea el docente que corrige cada trabajo. Para los docentes también es una gran ayuda, para homogeneizar las correcciones, sobre todo que en el desarrollo de cada uno de los trabajos se produce un interesante ida y vuelta de consultas y aprendizajes, tan así es que el docente se llega a convertir casi en un integrante más del equipo.

La experiencia de comenzar a usar rúbricas para los trabajos prácticos de la asignatura comenzó a partir de los cursos que varios integrantes del cuerpo docente realizaron en el CETEC de FIUBA (<https://www.fi.uba.ar/institucional/institutos-centros-y-escuelas/centro-de-tecnologias-educativas>). Luego, se incorporaron otras experiencias propias y además material específico para rúbricas, dentro de los cuales podemos recomendar, para su uso por parte de otros grupos docentes, el trabajo de Marín-García y Santandreu-Mascarell (2015) y el de Kweksilber y Trías (2020).

Una de las recomendaciones más frecuentes que se hacen para el uso de rúbricas es hacerlas disponibles desde el inicio del cuatrimestre. En el primer cuatrimestre de la virtualidad, algunas rúbricas no estuvieron disponibles con la antelación correspondiente. En los siguientes cuatrimestres se corrigió ese problema. Algunos estudiantes no tienen costumbre de manejarse con rúbricas para autoevaluar sus producciones, sin embargo, al ir trabajando las distintas entregas de esa forma, al llegar a la entrega final de presentaciones, pudieron autoevaluar su trabajo y también evaluar el video de otros grupos que habían resuelto el mismo problema. Esta evaluación de pares fue uno de los logros de la experiencia. Dado que en otras asignaturas también comenzaron a aplicar rúbricas para la entrega de los trabajos prácticos, la experiencia previa de los estudiantes permitió que también colaboraran en la mejora de algunos aspectos de estas, sobre todo en el caso en el cual tenían que evaluar a los otros compañeros.

En el trabajo de Marín-García y Santandreu-Mascarell (2015) se indica que *“Por otra parte, en las tres revisiones localizadas, apenas hay evidencias centradas en ingeniería/gestión. Es posible que los resultados derivados de otras disciplinas*



universitarias o las conclusiones extraídas con alumnos no universitarios puedan extrapolarse a la docencia universitaria de ingeniería o gestión. Sin embargo, nada garantiza que sea así, es una posibilidad que hay que contrastar.” Esperamos que esta experiencia sirva como para aumentar las experiencias del uso de rúbricas en carreras vinculadas con la Ingeniería.

5. REFERENCIAS

KWEKSIBER, C. y TRÍAS, D. (2020) “Rúbrica de evaluación. Usos y aprendizajes en un grupo de docentes universitarios”. Páginas de Educación, 13(2), 100-124. <https://doi.org/10.22235/pe.v13i2.2234>

MARÍN-GARCÍA, J. A. y SANTANDER-MASCARELLI, C. (2015). “What do we know about rubrics used in higher education?” Intangible Capital, 11(1), 118-145. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de <https://jamg.blogs.upv.es/2015/04/23/886/>

RAMOS, S., COLOMBO, P., MARÍN, E., TROYANOVICH, N., DAUSÁ, J. y TERZANO, I. (2014): “Una experiencia de modelización con resolución exacta y heurística de problemas combinatorios en un curso inicial de Investigación Operativa.” Anales del encuentro XXVII ENDIO-XXV EPIO. San Nicolás, Argentina.

RAMOS, S., COLOMBO, P., MARÍN, E., TROYANOVICH, N., y TERZANO, I. (2015): “Motivación en las clases de Investigación Operativa. El problema importa.” Anales del encuentro XXVIII ENDIO-XXVI EPIO. Bahía Blanca, Argentina.

RAMOS, S., COLOMBO, P., MARÍN, E., TERZANO, I y MONTENEGRO, J. (2019): “Investigación Olímpica. Proyecto de trabajo de asignatura con datos reales.” Anales del encuentro XXXII ENDIO-XXX EPIO. San Miguel de Tucumán, Argentina.

RAMOS, S., COLOMBO, P., MARÍN, E., TERZANO, I y FERNÁNDEZ CAEIRO, J. M. (2020): “Encontrar la función objetivo. Maximizando la equidad en la función objetivo de un trabajo práctico basado en un problema real.” Anales del encuentro XXXIII ENDIO-XXXI EPIO-Red-M IX. Virtual en Córdoba, Argentina.

SOLETIC, A. (2020) “Recomendaciones para el diseño de la enseñanza en la virtualidad”. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de http://citep.rec.uba.ar/wp-content/uploads/2020/05/AcaDocs_D02_Recomendaciones-para-el-dise%C3%B1o-de-la-ense%C3%B1anza-en-la-virtualidad-1.pdf

ANEXO I – Enunciado de la situación problemática planteada al estudiantado

Un pueblo del interior de Buenos Aires está pensando en distintas formas de relajar la cuarentena, pero de manera segura para la población.

La idea de dejar salir un día a los DNIs terminados en dígito par y otro día a los terminados en dígito impar no son del agrado de la Secretaría de Salud, ya que sostienen que “no nos asegura evitar que los vecinos de un mismo barrio puedan salir todos el mismo día, e ir todos a la misma panadería al mismo tiempo”. Por otro lado, no creen conveniente dejar salir a toda la población en un plazo de dos días.

Lo que sugieren en cambio, es que los vecinos que vivan cerca no puedan salir el mismo día o que sean pocos (los vecinos que pueden salir el mismo día). También agregan que quieren que la cantidad de gente que sale cada día sea lo más pareja posible.

El intendente nos recuerda que la gente está impaciente por salir, así que sería ideal reducir la cantidad de días totales que pasan hasta dejar salir a toda la población, por supuesto siempre cumpliendo con las restricciones de la Secretaría de Salud.



ESTRATEGIAS EN LA VIRTUALIDAD UNA EXPERIENCIA BASADA EN TICs

CLAUDIA E. CARIGNANO - MARIANA GUARDIOLA - EVELÍN M. RABBIA - ELENA ROJAS HEREDIA

Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Córdoba

claudia.carignano@unc.edu.ar - mguardiola@unc.edu.ar - everabbia@unc.edu.ar -
elenarojasheredia@unc.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la experiencia desarrollada en una división de la asignatura Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones, en el contexto de la pandemia COVID-19. En el esfuerzo para adaptar la actividad docente, se ofrece una propuesta educativa enfocada en las demandas y necesidades del estudiante frente a un contexto incierto y cambiante. Se plantea un enfoque metodológico, utilizando diversos recursos tecnológicos, que consta de tres segmentos: 1) explicativo, 2) de aplicación, 3) de puesta en común. Se logra que el estudiante abandone su posición de espectador, adquiriendo un rol más activo al resolver las actividades, reflexionar sobre el grado de apropiación de los contenidos y la necesidad de realizar ajustes en su proceso de aprendizaje.

Palabras Clave: EDUCACIÓN - ENFOQUE METODOLÓGICO - TICs - PANDEMIA

ABSTRACT

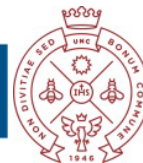
This paper describes the experience developed in a division of Quantitative Methods for Decision Making, in the context of the COVID-19 pandemic. In the effort to adapt the lessons, an educational proposal is offered focused on the demands and needs of the student facing an uncertain and changing context. A methodological approach is proposed, using several technological resources, with three segments: 1) exposition, 2) application, 3) sharing. Consequently, the student leaves the position of spectator, taking a more active role when solving the activities, reflecting on the degree of appropriation of the contents and the need to make adjustments in his learning process.

Keywords: EDUCATION - METHODOLOGICAL APPROACH - ICTS - PANDEMIC

1. INTRODUCCIÓN

La presente experiencia se desarrolla en una división de Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones, asignatura obligatoria del ciclo de especialización de las carreras de Contador Público y Licenciatura en Administración de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. En ella se desarrollan, con un enfoque introductorio, temas de Investigación Operativa relacionados con la toma de decisiones en el ámbito de las Ciencias Económicas. La asignatura se dicta en una cátedra que es considerada masiva por la cantidad de estudiantes que atiende, registrándose en la división 389 inscriptos durante el ciclo 2020.

Esta situación, sumada al advenimiento de la pandemia, constituyó un enorme reto para los docentes de la división planteando innumerables desafíos, entre los que se puede mencionar la dificultad para un seguimiento personalizado del proceso de aprendizaje de cada estudiante. Sin embargo, también ofreció una gran oportunidad



para acelerar cambios que eran necesarios como, por ejemplo, la innovación en los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las nuevas tecnologías. En este sentido, desde la división se realiza un gran esfuerzo para adaptar la actividad docente ofreciendo una propuesta educativa enfocada en las demandas y necesidades del estudiante frente a este nuevo contexto incierto y cambiante.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Para el dictado de la asignatura, la división dispone de un aula virtual en la plataforma Moodle, organizada en pestañas, una para cada semana de cursado en la cual se identifica fecha, temática tratada y se ofrecen diferentes recursos educativos: materiales de estudio (textos y videos), autoevaluaciones por eje temático, actividades de aprendizaje activo para trabajar en los encuentros sincrónicos en formato de cuestionarios y lecciones, foros de discusión para consultas sobre contenidos teóricos y problemas prácticos, y noticias para informar novedades en relación con el cursado.

En el primer encuentro sincrónico, el equipo docente presentó los contenidos de la asignatura, algunas cuestiones organizativas del cursado y la dinámica de trabajo propuesta por la división. En dicho encuentro se solicitó a los estudiantes que firmaran un “Acuerdo pedagógico”, el que tiene por objetivo orientarlos y brindarles los procedimientos esenciales que deben tener en cuenta para lograr el éxito académico. Asimismo, en este acuerdo se especifican los compromisos que deben asumir los estudiantes y los docentes.

2.1. Propósitos

En el diseño de la propuesta educativa se plantean como propósitos:

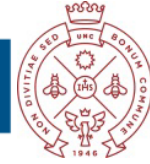
- Acompañar a los estudiantes en sus propios recorridos de aprendizaje, promoviendo su autonomía y espíritu crítico.
- Despertar el interés de los estudiantes por participar en las actividades propuestas en los encuentros virtuales sincrónicos, y que las perciban como herramientas valiosas para su aprendizaje.
- Generar diversos recursos didácticos que permitan que los estudiantes autoevalúen la comprensión e internalización de los temas de la asignatura.

2.2. Enfoque metodológico

El dictado se realiza de manera sincrónica a través de clases virtuales semanales y de manera asincrónica con el uso de diferentes recursos que provee el aula Moodle y otras actividades en soportes diferentes preparadas por los docentes.

La dinámica de los encuentros sincrónicos comprende tres segmentos:

- Primer Segmento: breve exposición del tema a tratar en la clase, para lo cual el docente se apoya en la utilización de Power Point y/o tableta digital. En este segmento se exponen los temas generales y se atienden dudas que pueden surgir al realizar la lectura previa o durante la exposición del docente.
- Segundo Segmento: trabajo de los estudiantes, para ello se les presenta un problema que deben resolver, individualmente o en grupo. A continuación, y luego de haber analizado y resuelto el problema, completan los recursos propuestos para la actividad. En el caso de que sean individuales, se propone un



“Cuestionario” o “Lección”, con preguntas del tipo numéricas, abiertas, elección múltiple, etc. Si se realizan actividades grupales o colaborativas, se utiliza una hoja de cálculo en Drive o pizarra de Jamboard, y salas en Meet. En este trabajo entre pares, las discusiones y explicaciones de cada estudiante al resto de los integrantes de su grupo, permiten internalizar los contenidos, aclarando y corrigiendo sus errores y los de sus compañeros.

- **Tercer Segmento:** puesta en común de los resultados y cierre del análisis del problema. En este momento los estudiantes explican las dificultades que tuvieron y cómo las solucionaron. Los docentes a cargo de este segmento tienen un rol de mediadores en la interacción de los estudiantes. Se cierra el debate con un resumen de errores y aciertos. Al final de este segmento se orienta a los estudiantes en los temas que deben leer para el mejor aprovechamiento de la próxima clase virtual.

Para el trabajo asincrónico se pone a disposición del estudiante una variedad de recursos diferentes dependiendo del tema a abordar. Se utilizan: “Lecciones”, “Cuestionario”, “Foros de Discusión” y cualquier otro recurso que el docente considere adecuado. Asimismo, de cada tema se proponen videos explicativos, realizados por los docentes.

Con el uso de los foros de discusión se trabaja en forma permanente para evacuar cualquier tipo de dudas que pudieran surgir durante el estudio. Este recurso es de vital importancia en la resolución de los problemas, fundamentalmente para aquellos que se les proporciona como trabajo para realizar fuera de la clase virtual.

También, a fin de ayudar a los estudiantes en la planificación de sus actividades, en la pestaña de cada semana se informan los temas a tratar en forma de guía de lecturas.

2.3. Implementación

A continuación, se explicará la dinámica utilizada en dos clases, en la primera la propuesta es de trabajo individual por parte de los estudiantes y en la segunda se apela al trabajo colaborativo utilizando sesiones de grupo.

2.3.1. Primera actividad: uso del recurso cuestionario

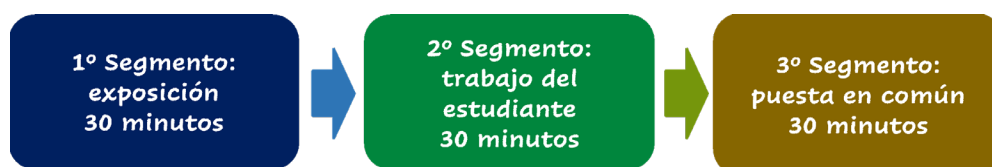
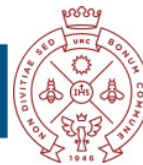


Figura 1

→ **PRIMER SEGMENTO** – Explicativo- a cargo del profesor:

Se inició el abordaje del tema con la presentación de un problema de decisión, el que se analizó juntamente con los estudiantes con el fin de identificar datos, objetivo, variables, restricciones, y universo o entorno. Como resultado de esta actividad, se desarrolló en Power Point y una pizarra digital la función de compensación y la aplicación de criterios de decisión, siempre trabajando juntamente con los estudiantes. La duración de este primer segmento fue de 30 minutos.

→ **SEGUNDO SEGMENTO** - De aplicación- a cargo de los estudiantes.



Clase activa de trabajo autónomo de los estudiantes, con una duración promedio de 30 minutos. En este segmento se propuso un nuevo problema, a ser resuelto en sus papeles de trabajo, para luego volcar las soluciones y responder las preguntas efectuadas en un cuestionario de Moodle. De esta manera, se propició que el estudiante abandone su posición de espectador, adquiriendo un rol más activo y que, valiéndose de los conocimientos adquiridos, resuelva las actividades propuestas, al tiempo que sea capaz de reflexionar sobre el grado de apropiación de los contenidos y la necesidad de realizar ajustes en su proceso de aprendizaje.

→ **TERCER SEGMENTO** - De puesta en común.

Se analizan las respuestas de los estudiantes, y se discuten formas de resolución, reflexionando acerca de las mismas. Se cierra el debate con un resumen de errores y aciertos.

2.3.2. Segunda actividad: uso de hoja de cálculo y salas de Meet

Esta actividad es fundamentalmente de ejercitación por parte de los estudiantes y generalmente se utiliza en la segunda clase en la cual se aborda una temática específica.



Figura 2

→ **PRIMER SEGMENTO** – Explicativo- a cargo del profesor.

Se comienza la clase con la presentación de un problema con un nivel de complejidad más alto que el abordado en la clase anterior. Durante el encuentro se distribuye a los estudiantes en salas de Meet, y se presentan las consignas de trabajo:

- Se proporciona un link de acceso, con permiso de edición, a una hoja de cálculo Google. Cada grupo selecciona una pestaña de la hoja y debe colocar como nombre el número de sala que le fue asignado.
- Cada pestaña tiene establecido un espacio para colocar los nombres de los integrantes del grupo, una casilla con un desplegable que les permite colocar si el trabajo está en curso, necesitan ayuda o está terminado y además una casilla de verificación que utilizará el docente para indicar que vio el mensaje de estado del trabajo. Se establece un tiempo para realizar la tarea.

→ **SEGUNDO SEGMENTO** - De aplicación- a cargo de los estudiantes.

Durante este segundo segmento, que tiene una duración aproximada de 40 minutos, los estudiantes trabajan en grupos discutiendo la manera de enfrentar y resolver el problema propuesto. Con esta dinámica de trabajo en pequeños grupos se pretende que, en las discusiones y explicaciones de cada estudiante al resto de los integrantes de su grupo, puedan internalizar los contenidos, aclarando y corrigiendo sus errores y los de sus compañeros. Durante todo el tiempo de desarrollo los docentes monitorean el estado del trabajo y dejan comentarios o sugerencias en caso de ser necesarios.



→ **TERCER SEGMENTO** - De puesta en común.

Al cierre de las sesiones de grupo se realiza la puesta en común. En este momento los grupos explican las dificultades que tuvieron y cómo las solucionaron.

Se formulan algunas preguntas de control utilizando el recurso encuesta de Meet. La propuesta es realizar una pregunta agregando posibles respuestas de las cuales solo una es completamente correcta. Una vez completada esta encuesta y analizando los porcentajes de cada opción es posible identificar errores comunes. Se cierra el debate con un resumen de errores y aciertos.

3. RESULTADOS

En el desarrollo de las clases se pudo observar, durante las primeras semanas, cierta resistencia a la intervención. Sin embargo, con el transcurso de los encuentros la estrategia fue aceptada y se logró una activa participación de los estudiantes.

La puesta en común permite, a través de la discusión de la tarea realizada, que los estudiantes expliquen con sus palabras lo que han entendido, aclarando y corrigiendo los contenidos aprendidos.

En términos de estrategias, se considera que el tercer segmento contribuye significativamente al aprendizaje autónomo, en tanto contribuye al aprendizaje entre pares, y este a su vez permite desarrollar diferentes habilidades. Al respecto, Escofet Roig y Rodríguez Illera (2005, p.82), señalan que:

- “Aprende a aprender ya que asume la responsabilidad de identificar sus necesidades educativas y ver cómo resolverlas.
- Asume responsabilidades, ya que el control del profesor no está presente inmediatamente y el propio alumno debe reflexionar y explorar sus propias ideas.
- Desarrolla habilidades comunicativas al interrelacionar con iguales y crear comunidades de aprendizaje”.

Al finalizar el ciclo 2020, algunas opiniones positivas sobre el enfoque metodológico adoptado, vertidas por los estudiantes en las encuestas de Guaraní, se reflejan a continuación:

“Es evidente que esta materia hace años que se estuvo preparando para la virtualidad. La organización del Moodle, la claridad con la que explican los temas, la cantidad de material audiovisual disponible, la forma de organizar las clases de manera tal que podamos acceder en el momento a cuestionarios que nos permitieron estar al día con la materia”.

“Los cuestionarios en clases o los previos a parciales fueron una forma innovadora y desde mi punto de vista muy buenas para el aprendizaje”.

“Muy buenas herramientas virtuales (cuestionarios, juegos en clase, etc) que ayudaron a fijar conocimiento”.

“El despliegue y desarrollo de cada unidad, con autoevaluaciones y videos de ejercicios prácticos y el desarrollo de los conceptos y eso sumado a las clases sincrónicas, más no se puede pedir”.

“Es una materia linda, con muchos contenidos. En las clases había una cierta interacción entre alumnos y docentes”.



“Los cuestionarios en clases o los previos a parciales fueron una forma innovadora y, desde mi punto de vista, muy buenas para el aprendizaje”.

4. CONSIDERACIONES FINALES

El advenimiento de la pandemia planteó un gran desafío para los docentes: se debía dejar la presencialidad y realizar un esfuerzo para adaptar el proceso de enseñanza aprendizaje a la virtualidad, ofreciendo una propuesta educativa enfocada en las demandas y necesidades del estudiante frente a este nuevo contexto. Indudablemente que afrontar este desafío implicó un trabajo en equipo, con muchas horas dedicadas a la planificación del mejor diseño del aula virtual, de análisis de las potencialidades y limitaciones de los recursos ofrecidos por el aula Moodle y Google Workspace.

La intervención propuesta requiere de un fuerte compromiso por parte de los docentes involucrados, debido a las características particulares del trabajo realizado con los estudiantes y a la necesidad de dedicarle mucho tiempo a la elaboración de las propuestas de los diferentes recursos utilizados.

Finalmente, es muy importante confeccionar y poner a disposición de los estudiantes un instructivo de uso de los recursos y sus potencialidades, dado que el éxito de la propuesta depende también de la participación activa y crítica de los estudiantes, que incluye un compromiso de lectura previa, promoviendo un aprendizaje autónomo.

5. REFERENCIAS

ESCOFET ROIG, A., RODRÍGUEZ ILLERA, J. L. (2005): “Aprender a comunicarse a través de Internet”. Publicado en: C. Monereo (2005). *Internet y competencias básicas*. Editorial Graó, Barcelona, pp. 73-91.



PROPUESTA DE PRÁCTICA INTEGRAL PARA LA CÁTEDRA INVESTIGACIÓN OPERATIVA INTEGRACIÓN DE TEMAS EN UN CASO REAL

MOISES EVARISTO BUENO – MARIA ROSA DOS REIS
Grupo de Investigación en Informática de Gestión del Instituto de Investigación en Tecnología Informática
Avanzada (INTIA) - UNCPBA

moisesbueno@gmail.com - mrosadosreis@gmail.com

RESUMEN

El trabajo propone generar integración de contenidos teórico-prácticos en la materia Investigación Operativa de la carrera Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN.

Las opiniones de los alumnos y las encuestas realizadas por el sistema SIU-GUARANI evidencian ciertas problemáticas. Algunas atribuibles al plan de estudios y las correlatividades, otras a los contenidos mínimos, al interés de los alumnos, entre otras.

La cátedra intenta respetar los contenidos mínimos y hacerlos interesantes y actuales. La propuesta es plantear un caso real asociado y expresar una línea integral en los ejercicios prácticos de la asignatura, de tal forma que concatenen esos abordajes del caso real en una consecuencia natural.

Palabras Clave: EDUCACIÓN – INVESTIGACIÓN OPERATIVA – INTEGRALIDAD – APRENDIZAJE

ABSTRACT

The work proposes to generate integration of theoretical-practical contents in the Operational Research subject of the Systems Engineering career of the Faculty of Exact Sciences of the UNICEN.

The opinions of the students and the surveys carried out by the SIU-GUARANI system reveal certain problems. Some attributable to the study plan and correlative subjects, others to the minimum content, the interest of the students, among others.

The chair tries to respect the minimum contents and make them interesting and current. The proposal is to raise an associated real case and express an integral line in the practical exercises of the subject, in such a way that these approaches of the real case are concatenated in a natural consequence.

Keywords: EDUCATION - OPERATIONAL RESEARCH - INTEGRALITY - LEARNING

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone generar integración y comprensión de contenidos teórico-prácticos en la materia Investigación Operativa de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), en la cual se han evidenciado distintas problemáticas en el alumnado.



A través del tiempo, comenzando los autores como Ayudantes Alumnos en 1997 y hasta la actualidad en roles de Profesores Adjuntos; se ha ido recabando la opinión e interés de los alumnos. En algunos casos esa opinión, manifestada de forma informal como así también por canales formales, tales como las encuestas realizadas por el sistema SIU-GUARANI, evidenció problemáticas en el desarrollo de los cursos.

Algunas de las problemáticas manifiestas son atribuibles al plan de estudios, tales como que la asignatura no presenta correlativas 'fuertes' en años superiores, lo cual acrecienta el desinterés y propicia el abandono, otra cuestión es que se encuentra en tercer año de la carrera, a la par de otras materias complejas y de alta dedicación, y también pasó de ser una materia anual a cuatrimestral, compactándose los temas.

En este esquema de adaptación de carrera, ante la exigencia de respetar los contenidos mínimos y, por otra parte, ofrecer contenidos actualizados; es que surge evidencia que una problemática presente es no relacionar o integrar los conceptos y temas en forma sistémica. Los alumnos perciben que algunos temas están aislados y son 'atómicos' o no se logra interrelacionar esos contenidos con el resto de la materia.

La propuesta es plantear un caso real e integral asociado al accionar de la Asociación Civil Proyecto Koinonia¹, y desarrollar un esquema de aprendizaje integral a partir de los ejercicios prácticos de la asignatura. Los autores son activos partícipes de la Asociación, a partir de la cual se han realizado una serie de investigaciones y publicaciones académicas en diversas temáticas afines, desde la asignatura, desde otras cátedras y también con la participación de diferentes unidades académicas.

A partir de lo desarrollado por Martínez y Musitu (1995), existen tres modelos aplicables al estudio de casos dependiendo de la metodología didáctica a aplicar. El modelo que interesa en este caso es centrado en la resolución de situaciones que, además de requerir un marco teórico y práctico para la resolución del caso, necesita una atención al contexto, teniendo en cuenta las singularidades y complejidades específicas.

Es de esperarse que además de los ejercicios prácticos tradicionales en los temas dados; se incorpore un caso real aplicando los conceptos teóricos correspondientes a dicho caso, y se logren abordajes grupales, con intercambio de soluciones, permitiendo a los alumnos pensar y desarrollar soluciones viables de ser implementadas en una situación real, de cierto nivel de complejidad en un contexto social específico.

En línea con la propuesta se rescata la siguiente reflexión:

La tradición educativa humanista en la universidad está fincada en la convicción de la dignidad inalienable de la persona humana, el desarrollo de la reflexión crítica, la creatividad, la curiosidad, la preocupación por las problemáticas éticas y la visión de conjunto por encima del saber especializado y fragmentado. (Patiño Domínguez, 2012, p.24).

2. DESARROLLO

El primer punto propuesto es revisar los contenidos mínimos y el programa vigente para la materia Investigación Operativa.

A continuación, se analiza si existe algún trabajo realizado con anticipación sobre el tema asociado al caso real, y de no existir, plantear un posible aspecto a abordar.

Por último, se evalúa si los diferentes abordajes del caso real fluyen hacia una consecuencia natural de los trabajos prácticos.

¹ Asociación Civil Proyecto Koinonia. Página web: www.proyectokoinonia.org.ar



2.1. Contenidos de la asignatura

Conforme al programa vigente de la materia, los contenidos mínimos requeridos en el plan de estudios y lo dictado en la cursada inmediata anterior; se puede establecer que los temas a considerar en el recorrido de integración de prácticos con el caso real son:

- Los contenidos mínimos del plan de estudio: “Introducción, teoría de la decisión, condiciones, utilidad. Modelos, operatividad, complejidad, variables relevantes, multiplicadores de Lagrange. Programación lineal, Simplex. Teoría de colas, modelos. Modelo Markoviano. Problemas de asignación y transporte. Problemas de optimización en grafos. Sistemas de programación PERT. Teoría de juegos, estrategias. Teoría de stock. Simulación Montecarlo. Programación dinámica”.
- Los contenidos del programa de la asignatura que se dicta: “Unidad 1: Introducción / Unidad 2: Reemplazo / Unidad 3: Teoría de stocks / Unidad 4: Programación lineal / Unidad 5: Aplicación de Programación Lineal a Modelos de Asignación y Transporte / Unidad 6: Teoría de Decisiones / Unidad 7: Teoría de juegos / Unidad 8: Métodos de Camino Crítico. Pert y CPM”
- Los contenidos dictados en la última cursada: ‘Introducción / Programación Lineal / Reemplazos / Stocks / Montecarlo / Decisiones y Utilidad / Decisiones y juegos / Camino Crítico’

Estos temas presentan un desafío a la hora de aplicarlos en forma total y sistémica a un caso real.

2.2. Relación de contenidos de la asignatura con el caso real propuesto

La Asociación Civil Proyecto Koinonía ofrece soluciones informáticas para la gestión, principalmente provee herramientas tecnológicas que facilitan la donación y asignación de recursos. El servicio es usado por otras ONGs con el objeto de atender sectores vulnerables de la población.

Por otra parte, desde hace varios años los alumnos de la cátedra Investigación Operativa, a propuesta de quiénes escriben; han realizado diversos trabajos de cátedra e incluso se han presentado tesis de grado, resolviendo problemas esbozados en Koinonía.

A continuación, se propone una posible relación entre los contenidos de la cátedra (tomando como base la última cursada principalmente) y los potenciales (o ya realizados) trabajos en Koinonía:

- Introducción: al hacer la introducción de la materia y sus temas, exponer que a través de los trabajos prácticos se aplicarán ejercicios de los mismos a un caso real y explicar de qué se trata el caso real (Koinonía)
- Programación Lineal: la asignación de prioridades a las demandas tecnológicas y de gestión propias o de las ONGs asistidas por Koinonía, con las limitantes de RRHH y voluntarios que trabajan para Koinonía, en conjunto con restricciones de recursos monetarios, tiempos de ejecución, tecnología disponible e intentando maximizar el impacto social de las acciones de atención de demandas, puede ser un caso propuesto para Programación Lineal.



- Reemplazos: en el trabajo en red inter-institucional, algunas organizaciones ponen a disposición de otras recursos materiales o servicios los cuales disponen y, a su vez, demandan recursos que necesitan. Dentro de los potenciales recursos demandados/ofrecidos existe la categoría de ‘no consumibles’ que pueden ser utilizados en su vida útil entre varias ONGs. Algunos ejemplos de estos recursos pueden ser: una máquina de fabricación de bloques, una hormigonera, una silla de ruedas, etc. El interés de estudio de este tipo de recursos compartidos es establecer en qué momento conviene repararlos y en cuál conviene reemplazarlos.
- Stocks: es una política de demanda habitual de las organizaciones requerir determinados recursos por estacionalidad, por ejemplo, frazadas o leña al comenzar el invierno. En un esquema de trabajo en red y recursos compartidos en un ‘depósito virtual común’, se podrían gestionar dichos stocks a través de diferentes modelos. Se citan como trabajos de referencia “Tics en la gestión de redes sociales. Campaña de donaciones en contexto Covid 19” (Dos Reis y Bueno, 2020) y “Conocimiento en acción: propuesta de aplicación de modelo de stock multiproducto con restricciones. PROYECTO KOINONÍA” (Bueno y Dos Reis, 2011).
- Montecarlo: continuando con el caso anterior, se pueden diseñar simulaciones de escenarios posibles para afrontar demandas de recursos, haciendo pronósticos para la toma de decisiones en forma proactiva.
- Decisiones y Utilidad: es muy común encontrar situaciones que al asistir a sectores vulnerables hay diferencia entre la necesidad real y la necesidad percibida por el beneficiario. Un ejemplo habitual es la solicitud de ropa de abrigo y la casa tiene filtraciones y humedad que hace que la ropa de abrigo difícilmente esté seca, y normalmente se requiere su recambio todos los años. Orientar en la toma de decisiones a las ONGs que asisten a las personas considerando la “utilidad” de los asistidos es un caso de aplicación de decisiones y utilidad.
Se pueden considerar como trabajos de referencia la resolución de problemáticas de asignación de recursos a familias vulnerables (Dos Reis, Bueno y Xodo, 2014; Bueno et al, 2011).
- Decisiones y juegos: similar al punto anterior pero aplicando teoría de juegos de tal forma de definir estrategias que aumenten el impacto positivo de la gestión de las asignaciones o asistencias.
- Camino Crítico: se ha mencionado que existen demandas que son claramente estacionarias y a tal efecto se suelen armar ‘campañas’ para conseguir dichos recursos. El armado de campañas, sus etapas interrelacionadas, asignaciones de tareas y plazos de duración; son un ejemplo de resolución y aplicación de Camino Crítico (Dos Reis y Bueno, 2019).

2.3. Evaluar los abordajes del caso real con los temas

De lo propuesto resulta natural su aplicación, pero en algunos casos, a la hora de desarrollar modelos y aplicar algoritmos y métodos de Investigación Operativa, se deberán flexibilizar algunos aspectos a fin de que sea aplicable en el marco de la cátedra. Por ejemplo, en el caso de establecer una restricción en Programación Lineal



que tiene que ver con cantidad de RRHH y/o voluntarios que trabajan en Koinonía, por la naturaleza y dinámica del voluntariado, la restricción no se puede establecer con exactitud.

Otro caso puede darse en reemplazos donde normalmente el adquirir un producto nuevo en lugar de repararlo no es una opción; y se lo repara generalmente en virtud de otras donaciones.

Entender que, aún en un caso real, debe permitirse alguna flexibilidad para aplicar los conceptos teóricos de la cátedra, cuestión necesaria en cualquier contexto, pero mayormente en éste por las características naturales del abordaje de problemas.

La posibilidad de pensar en el desarrollo práctico y adquisición de conocimientos en forma integral, aplicando soluciones sobre un caso real, aún con restricciones de los modelos propuestos pero de acción efectiva; con la posibilidad de ver sus efectos en la misma sociedad; y con la alternativa de realizar publicaciones científicas en el marco de un proyecto de investigación² o de extensión³; propone una alternativa de enseñanza-aprendizaje de la cátedra Investigación Operativa.

La aplicación teórico-práctica sobre un caso real donde los diferentes temas de la cátedra se vean aplicados, aumentando el grado de dificultad y desarrollo de los mismos, en un orden eficaz para su mejor comprensión y evaluación (Bueno y Dos Reis, 2021), resulta a priori una propuesta de cátedra que deberá ser experimentada para evaluar sus resultados.

3. CONCLUSIONES

Ante la evidencia formal y no formal de problemas relacionados con la comprensión e integración de los conceptos de la cátedra Investigación Operativa expresados por los alumnos por medio de varias cohortes a través del tiempo, es que se propone crear una línea integradora de teorías y prácticas aplicadas a un caso real.

El caso real propuesto, al estar basado en una ONG de accionar solidario que impacta en la sociedad y en los sectores más vulnerables; posibilita que la propuesta contribuya a la formación integral del alumno en aspectos políticos, ciudadanos y humanitarios.

La estrategia de un esquema teórico-práctico de aprendizaje y adquisición de conocimientos en forma integral, basado en un caso centrado en resolución, con un cuidado orden de dictado de contenidos; aplicando soluciones concretas, con la posibilidad de observar y medir sus efectos en la misma sociedad; y, con la alternativa de realizar publicaciones en el marco de un proyecto de investigación o de extensión; propone una alternativa de enseñanza de la cátedra Investigación Operativa.

4. REFERENCIAS

BUENO, M. y DOS REIS, M.R. (2011): “Conocimiento en acción: propuesta de aplicación de modelo de stock multiproducto con restricciones. PROYECTO KOINONÍA”. Anales 2011 XXIV ENDIO XXII EPIO. ISBN 978-950-665-672-0.

² “Gestión Informática del Conocimiento como soporte para la toma de decisiones Organizacionales”. Línea 3: Capital Social y Redes Sociales Solidarias: Análisis y Gestión del Conocimiento mediante TICs. Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Exactas. Coordinadora: Dos Reis, María Rosa

³ “TICs en Gestión de Fundraising” (2019). Proyecto de Extensión de la Facultad de Ciencias Económicas. Director: Dos Reis, María Rosa



BUENO, M.E. y DOS REIS, M. R. (2021): “La aleatoriedad en la educación: el orden de los factores si altera el producto”, *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, nro. 28, pp. 239-243, 2021. doi: 10.24215/18509959.28.e29

BUENO, M.E., DOS REIS, M.R., ILLESCAS, G., TRIPODI, G., VALLEJOS, I. y MÉNDEZ CASARIEGO, I. (2011): “Conocimiento en acción: métodos de asignación de alimentos a grupos familiares - PROYECTO KOINONÍA”. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, vol. XIX, nro. 32, pp. 183-205. ISSN: 0329-7322

DOS REIS, M.R. y BUENO M.E. (2019): “Optimización de la gestión de proyectos sociales con métricas de aplicación de CPM. Caso PROYECTO KOINONIA”. *Anales 2019 XXX EPIO XXXII ENDIO*, pp. 146-147. Memoria USB, PDF. ISBN 978-987-47251-0-3

DOS REIS, M.R. y BUENO, M.E. (2020): “TICs en la Gestión de Redes Sociales Solidarias. Campaña de donaciones en contexto Covid-19”. *Anales 2020 Congreso Internacional XXXIII ENDIO XXXI EPIO RED M IX VIRTUAL*. Págs. 53-57. Libro Digital PDF ISBN 978-987-47251-1-0.

DOS REIS, M.R., BUENO, M.E. y XODO, D. (2014): “Conocimiento en acción: Asignación de recursos a familias carentes mediante la aplicación de un algoritmo genético - PROYECTO KOINONÍA”. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, vol. XXII, nro. 35, pp. 107-127. ISSN: 0329-7322

MARTÍNEZ A. y MUSITU, G. (1995): “El estudio de casos para profesionales de la acción social”. Madrid: Narcea.

PATIÑO DOMINGUEZ, H.A.M. (2012): “Educación humanista en la universidad. Un análisis a partir de las prácticas docentes efectivas”. *Revista Perfiles Educativos*, vol. 34, nro. 136, pp. 23-41.

Fuente: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982012000200003)



SIMULADORES EN LA EDUCACIÓN APRENDER HACIENDO

ERICA MILIN – SILVIA QUIROGA – HERNAN MARTEL – RUBEN FLECHA
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires

emilin@frba.utn.edu.ar; squiroga@frba.utn.edu.ar; hmartel@frba.utn.edu.ar; rflecha@frba.utn.edu.ar

RESUMEN

Debido al gran impacto de la tecnología en nuestra cotidianidad, se ha presentado la imperiosa necesidad de reconfigurar las prácticas educativas, que inmersos en el siglo XXI no pueden pensarse por fuera de la era digital. Los simuladores son una de las herramientas avanzadas para abordar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos posibilitan aprender de una manera práctica, por medio del juego y la construcción de situaciones hipotéticas, permitiendo el desarrollo de habilidades para abordar situaciones reales con mayor probabilidad de éxito. Algunas evidencias dan cuenta de inconsistencias entre las formas tradicionales de enseñanza que no se corresponden con las necesidades de los estudiantes de hoy, producto de sus nuevos intereses. La falta del uso de simuladores en las aulas impulsa este proyecto de investigación que incluye la creación de un producto de software e intentará democratizar la utilización de la simulación en la educación en un gran número de personas.

Palabras Clave: SIMULACIÓN – EDUCACIÓN 4.0 – EMPRENDEDURISMO - LUDIFICACIÓN

ABSTRACT

Due to the great impact of technology in our daily lives, there is an urgent need to reconfigure educational practices, which, immersed in the 21st century, cannot be thought of outside the digital era. Simulators are one of the advanced tools to address the teaching-learning processes. Simulators make it possible to learn in a practical way, through games and the construction of hypothetical situations, enabling the development of skills to address real situations with greater probability of success. Some evidence shows that the inconsistencies between traditional forms of teaching do not correspond to the needs of today's students, because of their new interests. The great scarcity of the use of simulators in the classroom promotes this project that will try to democratize the use of business simulation software to many people.

Keywords: SIMULATION - EDUCATION 4.0 - ENTREPRENEURSHIP - GAMIFICATION

1. INTRODUCCIÓN

El Grupo Banco Mundial (Informe Banco Mundial, 2018) es la principal entidad de financiamiento para el desarrollo de la educación en el mundo, proporcionando alrededor de USD 3000 millones en el último año para programas educativos, asistencia técnica y otros proyectos diseñados para mejorar el aprendizaje y brindar a todas las personas la oportunidad de recibir la educación que necesitan para prosperar.



La educación es uno de los principales vehículos para reducir la pobreza en el mundo, según la Organización de las Naciones Unidas, (Koichiro Matsuura, 2008) y dentro de los objetivos de desarrollo del milenio (ODM) tiene como uno de sus principales ejes rectores mejorar la calidad del aprendizaje y la enseñanza.

Las técnicas cognitivas, las competencias básicas y las aptitudes para la vida, así como valores y actitudes positivas, son indispensables para el desarrollo a nivel personal, comunitario y local (Ma. Luisa Sanz de Acedo Lizárraga, 2010). En este contexto algunas preguntas frecuentes que se hacen los docentes son:

- ¿Qué otras herramientas digitales puedo utilizar para que mis alumnos se sientan más motivados para aprender?
- ¿Cómo generar contenido transformador que capture la atención de los participantes?

Es bastante común escuchar frases como:

” Los alumnos tienen mal rendimiento por no estar motivados” (Curione, K. & Huertas, 2015)

En este sentido existe una preocupación constante de docentes de poder encontrar herramientas útiles para recuperar esa motivación faltante, entendiendo sus intereses, en una sociedad con permanentes cambios y con nuevas generaciones de adolescentes que crecieron hiper-estimulados con herramientas digitales que trajeron aparejado la disminución en la capacidad de concentración.

2. MOTIVACIÓN EN EL APRENDIZAJE

Durante mucho tiempo la motivación y la cognición transitaban por caminos paralelos (Ma. Luciana Calderón, 2015). Sin embargo, la inquietud por comprender de manera integral los procesos de aprendizaje, incentivó estudios y desarrollos investigativos que en los últimos veinte años han reportado importantes hallazgos. De esta manera la investigación cognitiva ha reconocido la relevancia de la motivación en el aprendizaje académico. Se ha confirmado que existe una relación recíproca entre aspectos motivacionales y cognitivos, por lo que reviste este trabajo una relevancia por demás significativa.

En esta línea de desarrollo existiría una controversia dada por la falta de aplicaciones lúdicas en las clases, sabiendo que los efectos en la motivación del aprendizaje se potencian con importantes beneficios (Vanesa A. Bonetoo, 2014), como estos:

- Promover un aprendizaje experimental con la interacción del software
- Estimular la competitividad en un entorno de aprendizaje, capturando la atención del alumno
- Reconocer y trabajar en una realidad virtual
- Descubrir y desarrollar sus habilidades permitiendo aumentar su capacidad de respuesta, vinculadas a experiencias directas
- Permitir la especialización con apoyo didáctico
- Disminuir la brecha entre la teoría académica y la práctica laboral.
- Lograr que los egresados obtengan destrezas mayores con el uso de simuladores
- Contribuir a reducir el riesgo y costos de cometer errores en la vida real
- Obtener una alternativa práctica para evaluar problemas complejos



2.1. Utilización de Simuladores de Negocios

La simulación en la educación permite localizar al alumno en un entorno que emule aspectos seleccionados de la realidad y creen un ambiente con problemáticas, similares a las que el participante de la simulación deberá enfrentar en un escenario real durante diferentes macro contextos.

La utilización de la simulación en los procesos educativos relacionados a los negocios comprende un método de enseñanza y de aprendizaje efectivo para lograr en los futuros empresarios un conjunto de habilidades que posibiliten alcanzar modos de comportamiento superiores. Este tipo de prácticas ofrece a las personas que transitan la experiencia la oportunidad de realizar una práctica análoga a la que realizará en su interacción con la realidad en los diferentes escenarios que se trate.

El empleo de la simulación permite acelerar el proceso de aprendizaje y contribuye a elevar su calidad. No puede constituir un elemento aislado del proceso docente, sin un factor integrador, sistémico y ordenado de dicho proceso.

La simulación posibilita que los alumnos interrelacionen conceptos a fin de alcanzar los mejores resultados en el juego de conducir una empresa en un entorno cambiante.

Para la utilización de simuladores de negocios se requieren determinados requisitos, entre los cuales tenemos:

- Elaboración de manuales de capacitación para las personas que participen, junto a guías metodológicas para los profesores.
- Demostración general a los alumnos, que contenga su introducción teórica, donde se puedan emplear otros medios de enseñanza de forma combinada.
- Ejercitación del educando de forma independiente, o en equipos que conduzcan las empresas en el juego.
- Evaluación por el profesor de los resultados alcanzados.

3. DINÁMICA DE SISTEMAS EN LA ECONOMÍA

Dentro del simulador de negocios, se realiza un análisis económico donde conviven variables endógenas y exógenas, así como un conjunto de parámetros asociados a las relaciones de comportamiento entre esas variables.

Dichas relaciones pueden ser modeladas de forma comprensiva mediante la dinámica de sistemas. A través de la incorporación de dichos formatos se contribuye a eliminar ciertos supuestos, haciendo más explícito el conjunto de relaciones, eliminando la ambigüedad e incorporando elementos determinantes en el análisis.

El este trabajo se demuestra la comunicación entre la simulación dinámica y el análisis económico, con el fin de incrementar el conocimiento y la comprensión de los fenómenos dinámicos a que se enfrentan los participantes del simulador de negocios dentro del proceso de decisión, incorporando características esenciales, como enlaces de retroalimentación, con factores causales interdependientes distribuidos en el tiempo que generalmente son no lineales y estocásticos.



El análisis económico pondera el enfoque analítico, (Almenara, Costas 2016) aunque tiene como desventaja que el conocimiento pormenorizado del problema puede llevar a perder la visión de conjunto de este. Por otro lado, el enfoque sistémico analiza los fenómenos desde una perspectiva global. Sin embargo, una ventaja de los modelos de simulación dinámica es que permiten utilizar de forma complementaria los enfoques analítico y sistémico haciendo posible considerar algunas particularidades de los fenómenos desde una óptica más general. (Soto, Daza, Martínez 2009)

En el simulador de negocios, los participantes tomarán el rol del gerente general de una empresa de fabricación de software, y tendrán que tomar decisiones vinculadas a contratar o despedir personal, invertir en tecnología, entre otras variables clave, a fin de llevar a su compañía a ganar la mayor cantidad de dividendos, período a período, compitiendo con sus compañeros de aula.

También tendrán la responsabilidad de que sus empleados sientan felicidad por pertenecer a la empresa, como se puede ver en la figura 1, se estará midiendo permanentemente el clima laboral, mediante el indicador de moral de cada persona.

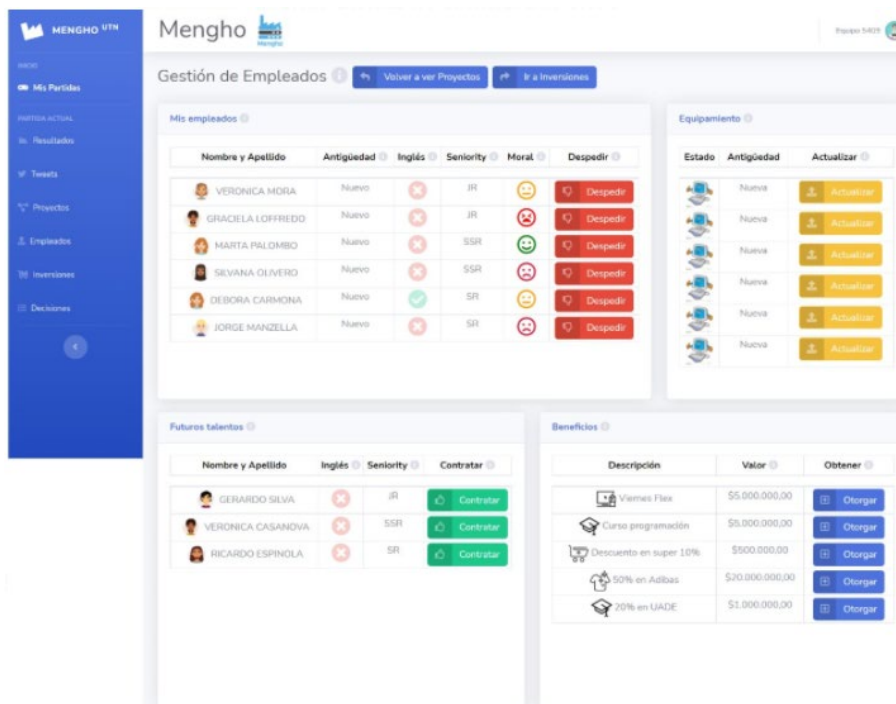


Figura 1 – Pantalla de Software del Simulador de Negocios

4. EXPERIENCIA DE ALUMNOS

Habiendo desarrollado los conceptos paulatinamente, es el momento de preguntarse:

¿Y los alumnos que piensan de aprender jugando en un simulador de negocios?

Se han encuestado aproximadamente a 150 alumnos del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información que han transitado la experiencia del uso de



simuladores como recurso educativo y se descubrieron las siguientes respuestas, donde el 88% consideró el uso de forma positiva y 12% lo calificó de neutral.

“Muy interesante, realmente generaba expectativa y ayudaba a involucrarse con los temas. Al margen del aspecto competitivo, realmente daba un impulso extra para ponerse a pensar en las estrategias, y pensar la manera de aprovechar la situación de mercado. Asimismo, pude ver que, como debe pasar mucho en la realidad, a veces la estrategia que uno piensa va a surtir efecto, termina quedándose corta por la situación global o los movimientos de los competidores”

“Durante la competencia pudimos ver reflejadas las decisiones que fuimos tomando como equipo, lo que en definitiva validaba nuestro análisis del mercado y la competencia. Y los objetivos que nos planteamos en el modelo de empresa”

“Es una manera muy dinámica de aprender conceptos importantísimos tanto económicos como empresariales. Muy recomendable para familiarizarse con todas esas variables y poder tener en cuenta en el momento de tener que hacerlo en la realidad. Excelente herramienta ! A pesar de que no me haya ido bien lo disfruté mucho. Aprendí !!!”

“Fue muy interesante aportar mucho para la materia y las cosas para tener en cuenta frente a la competencia de otros grupos y estuvo muy bueno ser parte de esta experiencia.”

Observamos un compromiso mayor de los estudiantes en su formación, ya que, conectando la experiencia del juego con el aprendizaje a través del simulador de negocios, se despierta el interés por los temas curriculares con mayor entusiasmo.

5. CONCLUSIONES

La utilización de simuladores, en este caso de negocios, en el desarrollo de contenidos curriculares, es una de las herramientas más potentes, y menos utilizadas hasta el momento.

La experiencia de nuestro equipo de trabajo concluye que favorece la participación constructiva entre los estudiantes, permite el aprendizaje por descubrimiento y la recreación de los conocimientos; y presenta una mirada integradora de conceptos, logrando el tratamiento interdisciplinario de los temas vistos entre diferentes materias.

Con los juegos de simulación se puede ayudar a repensar la propia práctica docente, aumentando la posibilidad de ser más creativos a la hora de transmitir conocimientos, y lograr una alta motivación en los alumnos.

6. REFERENCIAS

BANCO MUNDIAL (2018) Informe Anual en:
<https://www.bancomundial.org/es/topic/education/overview>



CALDERÓN, M. L. y BONETOO, V.A. (2015). “La importancia de la motivación y el proceso cognitivo del aprendizaje”. Buenos Aires. Repositorio CONICET

CURIONE, K. y HUERTAS, J. A. (2015). “La importancia de la motivación y el proceso cognitivo del aprendizaje”. *Journal of Science Education*, 12-2:2011-2018

MATSUURA, K. (2008). “Acabar con la pobreza mediante la educación: El desafío de la educación para todos”. Naciones Unidas [Página Web] <https://www.un.org/es/chronicle/article/acabar-con-la-pobreza-mediante-la-educacion-el-desafio-de-la-educacion-para-todos>

SANZ DE ACEDO LIZÁRRAGA, M. L. (2010). *Competencias cognitivas en Educación Superior*. Narcea De Ediciones, España.



ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE LA OFERTA DE CARPOOLING EN CABA MEDIANTE MODELOS DE SELECCIÓN DISCRETA

EMILIO PUGNALONI – MARIANO BONOLI – MARIA STEWART HARRIS- EMILIO PICASSO
Pontificia Universidad Católica Argentina

emiliopugnali@uca.edu.ar - mbonoli@fi.uba.ar - mariastewart@uca.edu.ar - epicasso@uca.edu.ar

RESUMEN

Las congestiones de tránsito en el ingreso a las grandes ciudades es un problema del cual la Ciudad de Buenos Aires no está exenta. Una solución a esta problemática es que varias personas que viajan solas en sus autos opten por el *carpooling*.

El presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar el interés de las personas por ser oferentes en una plataforma de *carpooling*, en donde ofrecerían llevar a personas desde el GBA hacia CABA por una compensación del costo. La metodología se basó en la aplicación de modelos de selección discreta a una muestra proveniente de una encuesta realizada *ad-hoc*. Los resultados muestran el gran interés por ser oferentes del servicio, así como su sensibilidad al tiempo y costo.

Palabras Clave: ESTADÍSTICA – ELECCIÓN – DISCRETA – ESTIMACIÓN – OFERTA – CARPOOLING

ABSTRACT

Traffic congestion at the entrance to large cities is a problem from which the City of Buenos Aires is not exempt. A solution to this problem is that a large number of commuters opt for *carpooling* instead of driving alone in their cars.

The present work had the objective to evaluate people's interest in being bidders in a *carpooling* platform, where they would offer to take people from the GBA to CABA by sharing the travel cost. The methodology was based on the application of Discrete Choice Models to a sample from an *ad-hoc* survey. The results show that commuters are highly interested in providing this service, as well as their sensitivity to time and cost.

Keywords: STATISTICS – DISCRETE – CHOICE – SUPPLY – ESTIMATION – CARPOOLING

1. INTRODUCCIÓN

La congestión de tránsito y la contaminación del aire se han vuelto un problema alrededor de varias ciudades del mundo desde el siglo pasado, con severidades aún mayores en las últimas décadas. En este escenario, Buenos Aires no es la excepción.

Gran parte de las congestiones son a causa del caudal de autos que ingresan diariamente a la ciudad desde los alrededores. Automóviles que muchas veces ingresan con una única persona dentro, sobre todo en aquellos horarios coincidentes con el inicio y fin de la jornada laboral. Surge ante este interés de las personas por el confort y la flexibilidad que representa este medio, sumado a los problemas de movilidad a causa del volumen de autos en circulación: la alternativa de que varias personas que viajan solas compartan el viaje en un único auto. Esta idea de agrupar varias personas en un mismo transporte, reduciendo así la cantidad de conductores, y por ende vehículos, se la conoce como *carpooling* y ha sido promovida por las autoridades de distintos países como una solución a la demanda de transporte (Chan and Shaheen, 2012).

Entre los beneficios a los que acceden quienes lo utilizan se puede mencionar: menores costo del viaje al compartirse los gastos de este, menores tiempos de viaje



como resultado de acceder a los carriles rápidos exclusivos para autos con pasajeros (*HOV* en inglés) y un viaje cómodo y seguro. Gracias a ello, el *carpooling* es visto como una muy buena alternativa por aquellas personas que se movilizan en transporte público: pues se transportarían más rápido y con mayor confort; y con un precio más elevado, pero no tanto como lo que le insumirían mantener un auto y abonar individualmente la totalidad del viaje (Teal, 1986). Surge ante esto, la necesidad de estimar el interés de las personas por optar por esta forma de viaje compartido.

Considerada una aplicación de *dynamic ridesharing*, en donde los conductores de los automóviles ofrezcan sus autos para llevar a otras personas desde el GBA hacia Capital Federal, el presente trabajo tiene los objetivos de: 1) Evaluar el interés de las personas por ser conductores de *carpools*; 2) Analizar el perfil de personas más propensas a ser oferentes de *carpooling*. El término oferentes de *carpooling* hace referencia a los conductores de estos, quienes son los que en una plataforma de *carpooling* ofrecen sus automóviles para que los pasajeros (la parte demandante) viaje en estos.

La metodología de la investigación se basa en la aplicación de los Modelos de Selección Discreta (*Discrete Choice Models*), los cuales permiten analizar y predecir las decisiones de individuos frente a un conjunto finito de alternativas excluyentes y colectivamente exhaustivas (Koppelman and Bhat, 2006). Sobre ellos tratará la sección 2.1, quienes se estimaron utilizando el lenguaje de programación R con el paquete estadístico *Apollo*. Estos modelos se empezaron aplicando a la estimación de la demanda de transporte (Mc Fadden, 1973) y luego se generalizaron y aplicaron en distintos entornos donde se evidencien elecciones con alternativas mutuamente excluyentes. La muestra utilizada para la aplicación de los *DCM* es sobre los resultados obtenidos de una encuesta realizada por la UCA en 2017, en donde se enfrentaba a los encuestados a un experimento de selección discreta sobre la alternativa de viaje a elegir. Lo último se profundizará en la sección 2.2.

2. DESARROLLO

2.1. Modelos de Selección Discreta

Los modelos de selección discreta pueden usarse para analizar y predecir las decisiones de individuos frente a un conjunto finito de alternativas excluyentes y colectivamente exhaustivas (Koppelman *et al.*, 2006). Estos permiten relacionar estadísticamente las elecciones realizadas por las personas, con las características propias del individuo decisor y los atributos de las alternativas disponibles; y a partir de estas relaciones, se puede estimar la probabilidad de que una persona elija un determinado transporte, así como detectar el efecto de cada elemento en la elección del consumidor.

Estos modelos utilizan el concepto de la utilidad máxima aleatoria (Thurstone, 1927), que establece que los individuos decisores eligen la alternativa de la máxima utilidad, siendo la utilidad un escalar que es función de las características de las alternativas y del individuo, y de una componente aleatoria que representa los atributos no observables. La función de utilidad para cada alternativa i de cada tarea t del individuo n se representa como (Train, 2003):

$$\tilde{U}_{int} = \beta'_n x_{int} + \tilde{\epsilon}_{ijt}$$

Donde

\tilde{U}_{int} : Utilidad de la alternativa i para el individuo n en la tarea de selección t .

x_{in} : Vector de variables que describen las características de la alternativa i para el individuo n en la tarea de selección t .



β : Vector k-dimensional que define la importancia (utilidad) del vector de variables x .
 $\tilde{\epsilon}_{ijt}$: Componentes aleatorias con distribución iid Gumbel del máximo.

Hay diversos tipos de Modelos de Selección Discreta que utilizan el método de la Utilidad Máxima Aleatoria, entre ellos los *Mixed Logit Model*. Estos tienen en cuenta la heterogeneidad en la población y lo hacen a partir de considerar que los coeficientes β siguen una distribución a través de ella. La probabilidad de cada individuo para cada alternativa es:

$$P_{ni} = \int \prod_{t=1}^T \frac{\exp(\beta' x_{int})}{\sum_{i=1}^I \exp(\beta' x_{int})} f(\beta | \theta) d\beta$$

Donde $f(\beta | \theta)$ es la distribución mixta o función densidad de los coeficientes β a partir de sus parámetros estructurales θ . En el presente trabajo se utilizaron distribuciones Normales y Log-Normales según el caso. Esta función de probabilidad no es de forma cerrada, por lo que es necesario simulación numérica. Aun así, estos modelos son más realistas que los básicos *Multinomial Logit Model* al admitir heterogeneidad en la población, correlaciones entre alternativas y la no restricción a la propiedad de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA) (Train, 2003).

Para la estimación de los modelos MXL se utiliza el método de la Máxima Verosimilitud Simulada (*Simulated Maximum Likelihood*), quien busca encontrar por medio de simulación numérica los parámetros θ que hagan máxima la probabilidad de obtener la muestra de elecciones observadas (Train, 2003).

2.2. Datos

La muestra utilizada en este informe proviene de un experimento de selección realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Argentina (UCA) durante el año 2017, el cual tenía como objetivo el diseño de una encuesta para evaluar la oferta y la demanda de una red de carpooling en Buenos Aires. Esta fue publicada en un panel encuestador de la web y también difundida por los integrantes encargados del diseño de la encuesta, lo que genera una muestra no probabilística. Con fines de simplificación, y dado el alcance de este trabajo, solo se mencionarán las características de la parte oferente de la encuesta.

La población objetivo de la parte oferente eran aquellas personas que cumplieran las siguientes características: 1) Son residentes del GBA; 2) Viajan en Hora Pico; 3) Viajan en dirección a CABA al menos 1 vez por semana; 4) No se trasladan generalmente como acompañante en el vehículo; 5) Poseen automóvil, usarlo habitualmente y no estar dispuesto a dejar de usarlo.

En total, 370 personas completaron la encuesta. A estas se las enfrentaban a preguntas sociodemográficas, de su viaje más frecuente a CABA, explicativas (donde se analizaba su interés por el auto, individualidad y perfil ecológico) y a un experimento de selección discreta.

El experimento de selección discreta consistía en mostrarle al encuestado $T=15$ escenarios de viaje en distintas condiciones de tiempos y costos, en los que debía elegir la alternativa que escogería si se encontrara en esa situación en la vida real (Figura 1).



¿En qué medio de transporte viajarías a la Capital en estas condiciones de tiempos y costos?

	Auto (1)	Car Pooling (2)	Charter	Colectivo / Tren
Tiempo de viaje	80 min	89 min	102 min	149 min
Costo	\$ 126	\$ 0	\$ 84	\$ 21

Figura 1. Ilustración de lo que veía el encuestado en cada escenario de viaje, para el cual debía escoger en cada caso el medio que utilizaría. En este escenario el costo del carpooling era \$0, la compensación era del 100%

Las alternativas disponibles eran las que usualmente usan las personas para viajar desde el conurbano hasta CABA: Auto, Charter y Transporte Público (Colectivo y/o Tren); y la nueva opción como conductor de *Carpooling*. Los tiempos y costos de cada alternativa que se mostraban variaban en cada escenario, oscilando alrededor de los valores del viaje que declararon como más frecuente. A estos valores de tiempo y costo del viaje más frecuente se los denominó tiempos base y costos base; y eran calculados para cada individuo. Para el caso del *carpooling* se estableció un costo base igual al del auto, menos una compensación base del 40% del costo del auto sin incluir el precio del estacionamiento; y el tiempo base, igual al tiempo base en auto menos un ahorro de tiempo por usar las líneas *HOV*, limitado a 15 min.

Los tiempos de las 4 alternativas y los costos del Auto, Charter y Transporte Público que se les mostraba a los encuestados podían adoptar 5 valores: el valor base y variaciones de -30%, -15%, +15% y +30% de estos. Mientras que en el caso del costo del *carpooling*, los 5 valores posibles eran con los valores de compensación: compensación base y las variaciones de -100%, -50%, +50% y +100% de esta.

Debido a que existen $8^5 = 32.728$ posibles combinaciones de tiempos y costos y solo se utilizan una fracción de ellas (solo 15): se realizó un diseño fraccional factorial para la óptima selección de combinaciones. Para ello se utilizó el paquete estadístico de R DOE (*Design of experiments*).

Una vez terminada la encuesta, se recolectaron los datos y se realizaron las transformaciones convenientes para los análisis.

2.3. Discusión de Resultados

Las alternativas fueron seleccionadas con las siguientes frecuencias empíricas especificadas: Auto 20% - *Carpool* 37% - Chárter 13% - Transporte Público 30%. En estas se puede apreciar el gran interés por el *carpooling* bajo las condiciones de ahorro de tiempo y costo establecidas.

En primer lugar, se estimó un modelo simple con las variables explicativas de tiempo, costo y modo de viaje: *Carpooling*, Chárter y Transporte Público, obteniéndose los resultados de la Tabla 1. La alternativa del auto se dejó como referencia, de modo que las de las demás alternativas se reinterpretan como la diferencia entre ellas y la del auto. A las primeras dos (tiempo y costo) se le asignó una distribución log-normal, de modo que el valor negativo de esta represente la desutilidad de un aumento en el tiempo y costo del viaje; y a las relacionadas al modo de viaje una distribución Normal. El logaritmo de verosimilitud alcanzada fue de -3.496.

En cuanto a los resultados, todos los parámetros resultaron significativos. Si se observan las variables propias de las alternativas, las medias de estas son negativas, lo que indica que la mayoría de la población prefiere viajar en auto que en otro medio.



Luego el orden de preferencias es hacia el *Carpool*, Chárter y Transporte Público en orden decreciente. Además, debido a que estas tres siguen una distribución Normal, al contar con los estimadores de la media y el desvío se puede construir su función de distribución para así ver su heterogeneidad en la población (Figura 2). De estas se puede concluir que sacando las consideraciones de tiempo y costo: el 38% prefiere viajar en *carpool* versus el auto, el 23% prefiere el viaje en chárter a en auto y el 20% en transporte público versus en auto.

Pasando a las variables de Tiempo y Costo, los valores que se muestran en la Tabla 1 son los de la normal asociada a la log-normal, quienes eran estimadas por el *software*. Los parámetros log-normales (μ , σ) estimados para las variables de tiempo y costo son: Tiempo (40.8, 55.2) y Costo (85.8, 159.7). A partir de los coeficientes de tiempo y costo se puede obtener el precio de cuánto está dispuesto a pagar una persona por un minuto más de viaje, o también llamado *Willing to Pay (WTP)*, este se calcula a partir de dividir los parámetros de tiempo y costo. Debido a que ambas son variables aleatorias con distribución log-normal, *WTP* tendrá también esta distribución. Se procedió a calcular la mediana de esta a partir de los parámetros estimados de su normal asociada, dando como resultado 1.68\$Ar2017/min. Pasado a unidades de dólar por hora se tiene 5,64 U\$S/h, menor que las estimaciones de 6.26U\$S/h en Estados Unidos (Koppelman and Bhat; 2006).

Luego, se estimó un segundo *Mixed Logit Model* que pretendía averiguar cómo influían determinadas características de los individuos en la probabilidad de elegir el *carpooling*. Para ello se incluyeron en la utilidad del *carpooling* las siguientes cinco variables con sus respectivos parámetros: Joven (variable *dummy* indicativa de las personas de menores a 30 años), Adulto (variable *dummy* indicativa de las personas mayores a 50 años), NSE Bajo (variable *dummy* indicativa de las personas con Nivel Socioeconómico D1 e inferiores), Pasión por el Auto (variable con un rango de -15:15 en la que puntuaba a las personas por su nivel de pasión por el auto) y Motivo Trabajo (variable *dummy* indicativa de las personas se movilizaban por temas relacionados al trabajo / universidad). El modelo se estimó con un máximo de verosimilitud (logaritmo) de -3.474, menor que el modelo anterior, dada la mayor capacidad explicativa. Los resultados de la estimación de los parámetros sociodemográficos se presentan en la Tabla 2 (se omiten los relativos al tiempo, costo y modo de viaje), en la que se observa la significatividad de los parámetros. Además, dada la naturaleza de los parámetros estimados se puede concluir que: las personas más jóvenes, con un Nivel Socioeconómico bajo, que viajan a CABA con motivos relacionados al trabajo o universidad y que son interesados por los automóviles tiene mayor probabilidad de elegir la alternativa del *carpooling*; mientras que a medida que aumenta la edad la utilidad por el *carpooling* decrece.

Por último, se utilizó un modelo Logit (*MNL*) con el objetivo de ver la variación del *choice share* según cambios en la compensación que recibe el conductor del *carpool*, esto se presenta en la Figura 3. Para ello, se utilizaron los parámetros estimados y se predijo la elección de las personas de la encuesta en un escenario con los costos y tiempos del viaje sus viajes más frecuentes. Para el *carpooling*: se desestimaron los ahorros de tiempo de una línea *HOV*; y se fue variando el porcentaje de la compensación (calculado como el porcentaje del costo del viaje en auto sin considerar la tarifa de estacionamiento). En la gráfica, se puede observar cómo aumenta la probabilidad de elección hacia el *carpooling* (y disminuyen las de las otras 3 alternativas) a medida que aumenta la compensación; así como el efecto contrario cuando disminuye el porcentaje de compensación.



Variable	Parámetro	Valor	Std. Error	p.value
Carpool	Media	-0,69	0,15	<0.001
	Desvio	2,42	0,17	<0.001
Chárter	Media	-1,58	0,22	<0.001
	Desvio	-2,16	0,21	<0.001
Transporte Público	Media	-2,30	0,23	<0.001
	Desvio	-2,77	0,23	<0.001
Tiempo	Media del ln	-3,19	0,07	<0.001
	Desvio del ln	-1,02	0,04	<0.001
Costo	Media del ln	-3,70	0,08	<0.001
	Desvio del ln	1,22	0,05	<0.001

Tabla 1. Resultados de la estimación del modelo MXL simple

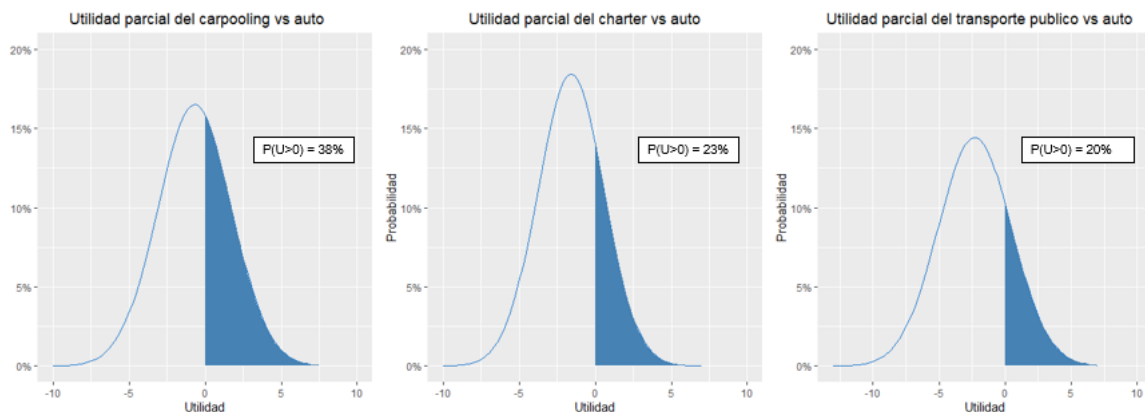


Figura 2. Distribución (Normal) de las variables de modo de viaje: *Carpooling*, Chárter y Transporte Público

Parámetro	Valor	Std. Error	p.value
Joven	0,67	0,30	0,0118
Adulto	-1,20	0,50	0,0078
NSE Bajo	0,57	0,40	0,0777
Pasión Auto	0,11	0,03	<0.001
Motivo Trabajo	1,91	0,37	<0.001

Tabla 2. Resultados de la estimación de los parámetros sociodemográficos de un modelo MXL que además contiene las variables de: tiempo, costo y modo de viaje

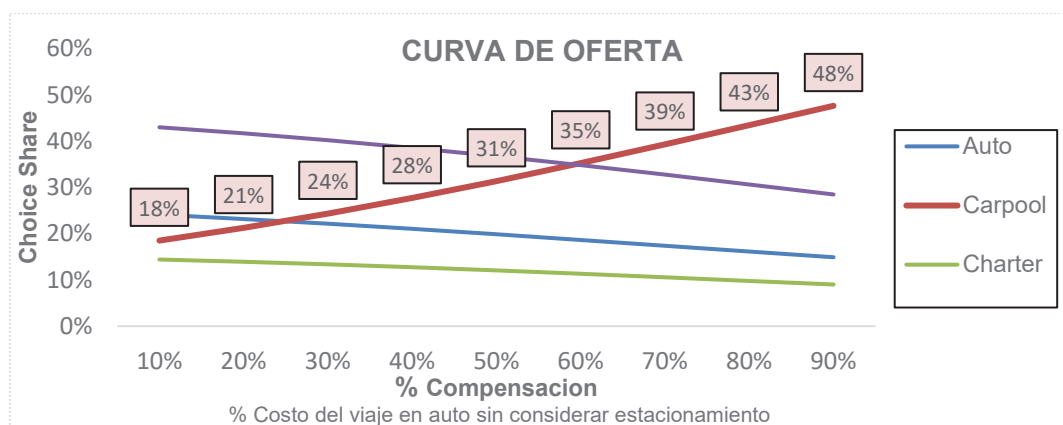


Figura 3. Probabilidad de selección de las distintas alternativas a distintos niveles de compensación. La recta del *carpooling* representa la curva de oferta del servicio



3. CONCLUSIONES

El *carpooling* resulta ser una alternativa muy interesante para las personas que se dirigen en auto hacia la Ciudad de Buenos Aires, la alta frecuencia de elecciones muestra que los conductores ven con atractivo ser oferentes de una plataforma de *carpooling*.

Los ahorros de tiempo y costo que logran los conductores al compartir el viaje son bien recibidos. Además, por fuera de estos beneficios y los tiempos y costos del viaje, parecen tener preferencia por el *carpooling* que por alternativas más tradicionales como el transporte público y el chárter. No ocurre lo mismo con el hacerlo solo en el automóvil, modo de viaje con mayor utilidad.

Asimismo, una alternativa del *carpooling* sin ahorros de tiempo y con una menor compensación, la hace aun así un modo de viaje interesante. Esto se vio en la curva de oferta, la cual muestra la mayor probabilidad de elección del *carpooling* al aumentar el porcentaje de compensación que se recibe. Esta curva de oferta abre el potencial para generar un análisis de equilibrio de oferta y demanda, en la cual se encuentre el punto de compensación óptimo para el servicio.

Por último, enfocándonos en las características individuales de los encuestados, se encontró que la probabilidad de elegir esta alternativa de viaje decrece a medida que aumenta la edad de la persona. Siendo que las personas más jóvenes son más afines al *carpooling* que las más adultas. Además, las personas con un nivel socioeconómico bajo, que se desplazan a la Ciudad de Buenos Aires por motivos relacionados al trabajo o la universidad y son interesados por los autos tienen más probabilidad de inclinarse por este medio de transporte.

4. REFERENCIAS

CHAN. N.D., SHAHEEN. S.A. (2012): "Ridesharing in North America: past, present and future", *Transport Reviews*, 32.1, pp. 93-112.

KOPPELMAN, F. y BHAT, CH. (2006): *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models*. U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration.

MC FADDEN, D. (1973): "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior". In Zarembka P. (ed.): *Frontiers of Econometrics*, Academic Press, New York.

TEAL (1986): "Carpooling: Who, how and why", *Transportation Research Part A: General*, Volume 21, Issue 3, pp. 203-214.

THURSTONE, L.L. (1927): "A law of comparative judgment". *Psychological Review*, 34, pp. 273-286.

TRAIN, K.E. (2003): *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge Univ. Press.



¿ESCALA DE LIKERT O ÍTEM TIPO LIKERT? ANÁLISIS DEL USO DE ESTOS TÉRMINOS EN ESTUDIOS SOBRE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL

MARÍA DEL CARMEN ROMERO¹ – MARÍA BELÉN ÁLVAREZ¹

¹Centro de Estudios en Administración (CEA) - Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional del
Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina
maria.romero@econ.unicen.edu.ar – maria.alvarez@econ.unicen.edu.ar

RESUMEN

La escala de Likert (Likert, 1932) tiene el objetivo de medir actitudes. Implica el relevamiento de la reacción (en términos de acuerdo) de un sujeto a una serie de ítems que expresan la actitud subyacente (que quiere medirse). Esta escala es aplicada en múltiples disciplinas, especialmente en Ciencias Sociales. Si bien el método de construcción de la escala comprende pasos claramente definidos, el término Likert ha sido usado de diferentes maneras. El objetivo del presente trabajo es analizar el uso de este término en estudios referidos a la medición del Aprendizaje Organizacional. Se realizó un análisis bibliográfico de 87 estudios empíricos, concluyéndose principalmente, que la palabra “Likert” es usada tanto para referenciar a escalas como a ítems.

Palabras Clave: ESTADÍSTICA – LIKERT – ESCALA – ÍTEM

ABSTRACT

The Likert scale (Likert, 1932) has the objective of measuring attitudes. It involves surveying the reaction (in terms of agreement) of a subject to a series of items that express the underlying attitude (which wants to be measured). This scale is applied in multiple disciplines, especially in Social Sciences. Although the scale construction method comprises clearly defined steps, the term Likert has been used in different ways. The objective of this work is to analyze the use of this term in studies related to the measurement of Organizational Learning. A bibliographic analysis of 87 empirical studies was carried out, mainly concluding that the word "Likert" is used both to refer to scales and items.

Keywords: STATISTICS – LIKERT – SCALE – ITEM

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta forma parte del proyecto de investigación “Aprendizaje e innovación en organizaciones basadas en conocimiento y su relación con dimensiones que caracterizan a una *Smart City*” del Centro de Estudios en Administración (CEA), Facultad de Ciencias Económicas, UNICEN y se centra en el estudio del Aprendizaje Organizacional (AO) en empresas basadas en conocimiento. En la búsqueda de bibliografía asociada con la medición del AO, se encontró de manera reiterativa el uso de escalas de Likert, en línea con lo que expresa Matas (2018) citando a Cañadas y Sánchez-Bruno (1998) y a Dawes (1975), resaltando que estos instrumentos suelen ser reconocidos entre los más utilizados para la medición en las Ciencias Sociales.



La escala de Likert fue creada por Rensis Likert en 1932 para medir actitudes¹ (Likert, 1932). En términos generales, dada una actitud subyacente, se le presenta al sujeto una serie de ítems (cada uno de los cuales expresa tentativamente dicha actitud) y se le solicita su reacción en función de su grado de acuerdo-desacuerdo (Baranger, 1992). Según describe en el apéndice de su trabajo, el método para la construcción de una escala de actitud comprende los siguientes pasos:

- 1) *Construcción de los ítems.* Plantear entre 30 y 50 ítems que resulten satisfactorios en términos de su validez por su relación con la característica que se pretende medir. Se recomienda que la mitad sean “positivos” (actitud favorable) y que la otra mitad sean “negativos” (actitud desfavorable). Para cada uno de ellos, se deberá expresar su grado de acuerdo o desacuerdo, para lo cual se le ofrece un número de alternativas (en caso de ser 5, los posibles valores de respuesta serían: muy de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo y muy en desacuerdo).
- 2) *Administración de los ítems a la población-objeto* (en caso de querer realizarse una validación previa, puede ser aplicada previamente a una muestra).
- 3) *Asignación de puntajes a los ítems.* Cada ítem es clasificado *a priori* en negativo o positivo y se asignan los puntajes dependiendo de la cantidad de alternativas de respuesta. En caso de trabajar con cinco alternativas, se asignarán valores de 1 a 5 (1 se asigna a un extremo del *continuum* de actitud y 5 al otro).
- 4) *Asignación de puntajes totales para cada sujeto.* Se suman los puntajes obtenidos por cada encuestado en cada ítem (escala aditiva). Dicho puntaje total expresa la posición del sujeto en el continuo. Asumiendo la hipótesis de que los ítems expresan la actitud subyacente, se espera que las personas con actitudes favorables presenten puntajes totales elevados, mientras que las desfavorables, puntajes bajos. En lugar de la suma, puede calcularse el promedio.
- 5) *Análisis de los ítems.* Se realiza una verificación objetiva para determinar si los ítems son diferenciadores; que sea no diferenciador significa que no mide lo que mide la batería de ítems y, por lo tanto, incluirlo no contribuye en nada a la escala, por ejemplo, que sea respondido de la misma manera por todo el grupo. El análisis de ítems, entonces, revela la satisfacción de cualquier afirmación en lo que se refiere a su inclusión en una escala de actitud dada, indicando si aquellas personas que caen hacia un extremo del continuo de actitud en la batería lo hacen en la declaración particular y viceversa. Para realizar esta verificación, puede trabajarse con varios criterios. Uno de ellos requiere calcular el coeficiente de correlación de cada ítem con la batería (un valor cero o muy bajo del coeficiente indicaría que la afirmación no mide lo que el resto de las declaraciones mide, por lo tanto, que es un ítem indiferenciado). Otro criterio es el de consistencia interna, el cual resulta más simple de usar que el análisis de ítems y produce esencialmente los mismos resultados. Se ordenan todos los sujetos según su puntaje, de mayor a menor, hecho lo cual se descarta el 50% central de la distribución para continuar trabajando solamente con los cuartiles 1 y 4 (pueden considerarse otras opciones, por ejemplo, descartar el 80% central y trabajar con los deciles 1 y 9). Sobre el total de los encuestados, se seleccionan los que constituyen el grupo “Alto” y el grupo “Bajo”. Para cada uno de estos dos grupos se calcula el puntaje promedio en cada ítem, pudiendo computarse luego la diferencia entre las medias. Esta es la base para analizar el poder discriminatorio de cada ítem: utilizando, por ejemplo, la *t* de *Student*, se pueden

¹ Se define una actitud como una predisposición aprendida para responder coherentemente de una manera favorable o desfavorable ante un objeto, ser vivo, actividad, concepto, persona o símbolo (Kassin, Fein y Markus, 2013; Devine y Plant, 2013; Oskamp y Schultz, 2009; y Fishbein y Ajzen, 1975, citados por Hernández Sampieri, 2010).



eliminar los ítems en los cuales la diferencia de las medias del grupo “Alto” y del “Bajo” no arrojan valores de t significativos. Este procedimiento se basa en asumir la hipótesis de que en su conjunto los ítems están relacionados con la actitud que se persigue medir, de modo que se puede eliminar a los ítems cuyos valores de respuesta no sean consistentes con los puntajes totales. Si, por ejemplo, para un ítem, todos respondieron de la misma manera con una media idéntica en ambos grupos, este ítem no discrimina. Mayor diferencia entre los grupos, mayor discriminación. Sobre la base de los resultados obtenidos del análisis de ítems o el criterio de consistencia interna, se seleccionan los ítems más diferenciadores para la versión final. Este criterio, además, actúa como un control objetivo sobre la asignación correcta de valores numéricos en el sentido de que si los valores numéricos se invierten en una declaración particular, el grupo extremo en esa declaración y el grupo de la fila extrema tendrá una puntuación alta, es decir, se obtendrá una diferencia negativa entre los dos grupos extremos en esa pregunta.

- 6) *Versión final de la escala.* Estará compuesta por los ítems cuya relación con el conjunto de la escala original se haya comprobado mediante algún *test* de significación. La cantidad de ítems seleccionados según su poder discriminatorio (como mínimo, seis) constituirá la escala final. Se computará el puntaje definitivo de los sujetos en los ítems que integren la versión final de la escala.

El método desarrollado por Likert se trata de un enfoque vigente y popularizado, especialmente en las Ciencias Sociales y, en particular, en el campo de los estudios sobre AO. Sin embargo, el término Likert ha sido usado de maneras diversas y en referencia a diferentes conceptos.

A la luz de lo anterior y atendiendo a lo que comprende la construcción de una escala de actitud en los términos de Likert (1932), se pretende estudiar y analizar el uso de esta escala en publicaciones de diversas disciplinas. En particular, el objetivo de este trabajo es analizar el uso de este término en publicaciones sobre medición del AO. De esta manera, este trabajo es una continuación del presentado en el año 2018 (Romero, Camio, Álvarez, 2018) y resulta un primer eslabón en el estudio del uso de la escala de Likert en las Ciencias Sociales.

2. METODOLOGÍA

A los fines de cumplir con el objetivo propuesto, durante los meses de mayo y junio de 2020 se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos *Scopus* y *Google académico* con el fin de relevar el estado del arte respecto de la medición del AO. La clave de búsqueda “*Organizational learning*” + “*measurement*” fue examinada en el título, *abstract* y palabras clave. Se revisaron tanto artículos como *reviews* en castellano o en inglés. En un primer filtrado se consideraron artículos publicados o en prensa, publicaciones de libre acceso y aquéllos que, a través de la lectura del *abstract*, resultaran pertinentes al objetivo.

La búsqueda arrojó 296 artículos en *Scopus* y 50 en *Google Académico* (en éste último se seleccionaron los primeros 50 resultados, por resultar los más relevantes). Del total de 346 artículos, 12 resultaron duplicados y 9 no disponibles, obteniéndose 325 artículos. De los 325, 164 (50.46%) fueron descartados por falta de pertinencia, por no ser artículos publicados en revistas o *reviews* o por tratarse de estudios de casos. Entre ellos, 44 (13.54%) resultaron teóricos y 117 (36%) empíricos. Del total de 117 artículos, se trabajó con 87 (74.36%) ya que en ellos se menciona la palabra Likert (en los 30



restantes -25.64%- no se la menciona). La gran mayoría de los artículos seleccionados están en idioma inglés.

3. RESULTADOS

De los 87 artículos analizados se encontró que en el 57.46% (50 artículos), la palabra Likert aparecía 1 vez; en el 19.54% (17 artículos), 2 veces; en el 9.20% (8 artículos), 3 veces; en el 6.90% (6 artículos), 4 veces; en el 1.15% (1 artículo), 5 veces; en el 4.60% (4 artículos), 6 veces, y en el 1.15% (1 artículo) 11 veces (este último caso corresponde a un artículo que contiene la palabra Likert en varias referencias bibliográficas).

En total, la palabra Likert se encontró en 172 oportunidades, resultando un promedio de aproximadamente dos veces por artículo.

Respecto del modo en el cual se utiliza la palabra Likert, se analizó el modo en el cual es nombrado y el tipo de objeto a qué se aplica. En términos generales, se encuentra que se distinguen dos usos: Likert y Likert-type y que suele ser aplicada a ítem o escala.

Los principales usos son: Likert scale, Likert-type scale, Likert item y Likert-type item. Se encuentra, entonces que en un 59.75% se habla de “Likert scale”, en un 23% de “Likert-type scale”, en un 3.45% de “Likert item” y en un 2.30% de “Likert-type item” (TABLA 1)

Modo de uso	Objeto al que se aplica	Cantidad	Uso textual
Likert	scale	52 (59.75%)	Likert scales
Likert-type	scale	20 (23.00%)	Likert-type scale
Likert	attitude statements / scale items / points	3 (3.45%)	Likert-scale attitude statements
Likert-type	item	2 (2.30%)	Likert-type item
Likert-type	encuesta / response format	2 (2.30%)	encuesta tipo Likert / Likert type response format
Likert	scored version / system	2 (2.30%)	Likert-scored version / Likert system
Uso indistinto de Likert y Likert-type aplicado a scale e item		6 (6.90%)	Likert-type scales - Likert scales - Likert-type items
Total		87	

TABLA 1. Distribución de los artículos según los principales usos dados al término “Likert”

A partir del análisis anterior puede afirmarse que en un alto porcentaje (cercano al 83%), la palabra Likert está asociada con “escala”. En aproximadamente el 60% como escala de Likert y en el 23% como escala *Likert-type*. En un porcentaje menor al 10% se caracteriza a los ítems como Likert o *Likert-type*.



Una primera observación importante que surge a partir de lo anterior es la aparición de la expresión *Likert-type* y la otra es la asociación de la palabra Likert a los ítems y no a las escalas. Esto deriva en interrogantes tales como ¿qué diferencia hay entre Likert y tipo Likert?, ¿a qué se hace referencia al hablar de escalas tipo Likert (*Likert-type scale*)?, ¿qué implicaría que un ítem sea Likert o tipo Likert?

En particular, respecto de los ítems, se presume que el término Likert sólo es usado para indicar que se releva el nivel de acuerdo (ordinal) frente a cada uno de ellos, y este nivel de acuerdo está representado, en general, por una cantidad impar de categorías. Se observa, además que, aunque este relevamiento se realice de manera ordinal, no necesariamente se trabaja de manera cualitativa, es más, en una gran cantidad de casos, se trabaja cuantitativamente. Esta discusión se encuentra en una gran parte de la bibliografía: ¿los ítems relevados de manera ordinal deben tratarse de manera cualitativa o cuantitativa?

Al hablar de escalas, según lo analizado, se encuentra que, en las escalas tipo Likert, la referencia a la palabra Likert sólo describiría un comportamiento similar al descripto para los ítems.

En el caso de las escalas de Likert se encuentra que en ninguno de los trabajos se construyó una escala de medición en el modo en el cual Likert lo plantea: no se valida la escala reteniendo los ítems que más discriminan entre grupos, no se considera la existencia de ítems positivos y negativos, no se calcula el puntaje total para cada uno de los sujetos ni se los ubica en un continuo actitudinal. En su lugar, se realiza un análisis por cada ítem por separado y, en general, no se trata a los datos en su naturaleza ordinal, sino como pertenecientes a la escala de intervalos.

4. CONCLUSIONES

La escala de Likert constituye un método de medición ampliamente aplicado en el ámbito de las Ciencias Sociales y, particularmente, para la medición del AO.

Si bien, desde la construcción de los ítems hasta la obtención de la versión final de la escala, el método de construcción de una escala de actitud Likert (Likert, 1932) comprende una serie de pasos claramente definidos, su aplicación no siempre se ajusta a lo propuesto originalmente por su autor. En relación a ello, asimismo, existe en la literatura una multiplicidad de términos utilizados en referencia a las escalas e ítems tipo Likert que requiere atención, dado que responderían a conceptos diferentes.

Atendiendo a lo anterior, en el presente trabajo se analizaron 87 estudios empíricos vinculados a la medición del AO donde se menciona la aplicación del método de Likert, a los efectos de analizar el uso que se le da al término.

Entre las principales conclusiones se encuentra que la palabra “Likert” es utilizada tanto para hacer referencia a escalas como a ítems. Uno de los primeros cuestionamientos que surge es el referido a cuál sería la implicancia de trabajar con “ítems Likert”. Además, se habla de escalas y de ítems “tipo Likert”, lo que despierta el interrogante acerca de cuáles son sus características distintivas respecto de una escala e ítem Likert (y no “tipo Likert”).

Por otro lado, cobra atención el hallazgo de numerosos casos donde si bien se hace referencia a “escalas de Likert”, luego en su desarrollo y aplicación no se siguen los pasos especificados por el autor en su construcción. Basándose en lo explicitado por Likert en 1932, sólo tendrían lugar las “escalas de Likert” (*Likert scale*). En sus definiciones, Likert (1932) no hace referencia a ítems Likert, ni a ítems o escalas tipo Likert.



En virtud de lo anterior podría concluirse, entonces, que se identifica un uso impreciso de la terminología, encontrándose que la palabra “Likert” sólo estaría indicando una manera ordinal de medir el acuerdo.

Como trabajo futuro, se plantea profundizar este estudio considerando más aspectos a estudiar relacionados con el modo en el cual se hace referencia a Likert y con la metodología de análisis de los datos relevados.

5. REFERENCIAS

BARANGER, D. (1992). *Construcción y análisis de datos. Una introducción al uso de técnicas cuantitativas en la Investigación Social*. Editorial Universitaria. 146 páginas.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA, LUCIO, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición. México DF: McGraw Hill.

LIKERT, R. (1932). “A technique for the measurement of attitudes”. *Archivos de Psicología*, 140, 5-55.

MATAS, A. (2018). “Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la Cuestión”. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>

ROMERO, M. DEL C.; CAMIO, M. I. Y ÁLVAREZ, M. B. (2018). “Escalas de Likert. Un estudio de su uso en trabajos de aprendizaje organizacional”. XXXI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) y XXIX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO). Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata. 6 al 8 de junio de 2018.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA DE MEDICIÓN DE MÉTRICAS DE LA DIMENSIÓN ESTRUCTURAL DEL CAPITAL SOCIAL EN REDES SOCIALES DE ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES (ONGs)

MARÍA ROSA DOS REIS¹ – MOISÉS EVARISTO BUENO

¹Facultad de Ciencias Económicas – Facultad de Ciencias Exactas

Grupo de Investigación en Informática de Gestión del Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) - UNCPBA

Grupo de Estudio sobre Técnicas y Análisis de Decisiones en Ingeniería Sostenible (GESTADIS) – UTN

rosa.dos.reis@econ.unicen.edu.ar – bueno@econ.unicen.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto diseñar e implementar una aplicación web que permita avanzar en el análisis del comportamiento de redes sociales solidarias.

La herramienta se basa en métricas de la Teoría y Análisis de Redes Sociales que permiten identificar y comparar las relaciones entre los individuos, actores o grupos de una red con el objetivo de modelar y entender el comportamiento en comunidad de la red. De esta forma se podrá analizar la dimensión estructural, componente del capital social generado en la red, planteando una solución dinámica de fácil acceso para que la colaboración y difusión se lleven a cabo de manera exitosa.

Palabras Clave: ESTADÍSTICA - REDES SOCIALES – ONG – APLICACIÓN WEB – CAPITAL SOCIAL

ABSTRACT

The present work aims to design and implement a web application that allows progress in the analysis of the behavior of solidarity social networks.

The tool is based on metrics from Social Network Theory and Analysis that allow identifying and comparing the relationships between individuals, actors or groups of a network with the aim of modeling and understanding the behavior of the network community. In this way, the structural dimension, a component of the social capital generated in the network, can be analyzed, proposing a dynamic solution with easy access so that collaboration and dissemination can be carried out successfully.

Keywords: STATISTICS - SOCIAL NETWORK – NGO – WEB APPLICATION – SOCIAL CAPITAL

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en la línea de investigación “Capital Social y Redes Sociales Solidarias: Análisis y Gestión del Conocimiento mediante TICs” perteneciente al Proyecto de Investigación “Gestión Informática del Conocimiento como soporte para la toma de decisiones Organizacionales” desarrollado en el Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) de la Universidad Nacional del Centro (UNICEN), en colaboración con el PID “Ingeniería del Conocimiento en la Acción Social. Detección y evaluación de vínculos en redes sociales” de Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (UTN FRTL).



La red social de Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) en la que se inspira la propuesta, actúa en un contexto de acción social inter-institucional dando respuestas a grupos vulnerables de familias (Dos Reis, Xodo y Bueno, 2019; Dos Reis y Bueno, 2020).

La herramienta desarrollada es una aplicación web que se puede ejecutar tanto en computadores personales como en dispositivos móviles, la cual utiliza métricas que surgen de la Teoría y Análisis de Redes Sociales (ARS) permitiendo analizar la estructura y grupos que se generan en la red, de acuerdo a las características de los individuos. “ARS permite disponer de un marco teórico o conceptual y de una capacidad de operacionalización, análisis y representación importantes a la hora de tratar las relaciones” (Martí y Lozares, 2008). Estos autores afirman que bajo el enfoque del capital social y el análisis de redes es posible abordar diferentes dimensiones desde su estudio y gestión.

El objeto del presente desarrollo es constituir un cimiento en la resolución de algunas problemáticas existentes en la generación de información y análisis de datos, facilitando la formulación de modelos que analicen y brinden conocimiento en la utilización de las redes sociales en ayuda social (Dos Reis, Bueno y Xodo, 2020). La información extraída desde la herramienta es un facilitador en los procesos de toma de decisiones, colaborando en la gestión del conocimiento de los procesos de ayuda social inter-organizacional.

Desde el punto de vista de una red particular, permite identificar y comparar las relaciones entre los individuos, actores o grupos, con el objetivo de modelar y entender el comportamiento de las interacciones y comunidades en el mundo real.

Mediante el análisis de diferentes indicadores presentados en el trabajo se apunta a develar las relaciones informales dadas en el contexto de una red, permitiendo visualizar y comprender las diferentes relaciones que facilitan o impiden la colaboración entre los actores de la red. En el presente trabajo se incluye el desarrollo de tres métricas: centralidad de grado, cercanía e intermediación, junto con diferentes métodos de visualización para poder realizar el análisis de una red que el usuario cargue a la aplicación.

Por otro lado, en la actualidad, Javascript se encuentra dentro de los lenguajes de programación más utilizados, motivo por el cual genera interés en los alumnos para involucrarse y poder evaluar su potencial utilizando el lenguaje en la práctica. En este contexto, se eligió React JS junto con Cytoscape para el desarrollo de la plataforma.

2. DESARROLLO

2.1. Tecnologías y librerías utilizadas

Las tecnologías, frameworks y bibliotecas más importantes utilizadas en el proyecto son:

- Javascript. La elección del lenguaje estuvo basada en una serie de ventajas tales como: disposición de una amplia comunidad y bibliotecas open source, con un mismo lenguaje se cubrió todo el alcance de la aplicación, simplicidad en el ingreso de los datos en formato JSON (Javascript Object Notation) y la experiencia previa con el lenguaje del estudiante que trabajó en la programación de la herramienta.
- React JS. Es una biblioteca open-source de Javascript que es usado para construir interfaces de usuario (<https://es.reactjs.org/docs/getting-started.html>). Permite crear UIs interactivas de aplicaciones Web simples o complejas, pudiendo cambiar la información mostrada, sin recargar la página completa. Así, surge el concepto de componente, el cual permite separar la interfaz de usuario en piezas independientes,



reutilizables y pensar en cada pieza de forma aislada. Los componentes pueden referirse a otros componentes en su salida.

- Cytoscape JS (<https://js.cytoscape.org/#getting-started>) es una biblioteca de código abierto dedicada al análisis y visualización de grafos y redes, permitiendo interactuar con grafos complejos a través de un navegador web. Dado que se puede desplegar en una aplicación web, permite realizar un análisis profundo desde cualquier navegador web, ya sea desde un computador personal o un dispositivo móvil. Entre las principales ventajas asociadas al uso de esta tecnología se encuentran: biblioteca escrita puramente en JS y optimizada para el manejo de grafos., utilizado en proyectos a gran escala en producción, altamente mantenida y actualizada por la comunidad de código abierto con nuevas versiones todos los meses, amplia documentación para la utilización y ejemplos de prueba, incluye variedad de algoritmos de teoría de grafos.
- Git (<https://git-scm.com/doc>) permite manejar un proyecto o un conjunto de archivos a medida que cambian en el tiempo, se guarda esta información en una estructura de datos llamada repositorio, encargándose, además, en seguir todos los cambios hechos a los archivos o carpetas en el proyecto, construyendo una historial. Además, permite el despliegue de la aplicación en los servidores de Github para que se encuentre disponible en internet.

2.2. Métricas seleccionadas

- **Centralidad de grado:** La centralidad de grado (*cy.degreeCentrality* en Cytoscape) es una medida de centralidad que corresponde al número de enlaces que posee un nodo con los demás. Para grafos dirigidos, se pueden definir dos medidas de centralidad de grado diferentes, correspondientes al grado de entrada y el de salida. La centralidad de grado para un nodo v que pertenece a V (conjunto de nodos del grafo) se define como:

$$C_{DEG}(v) = \text{grado}(v)$$

Para normalizar esta medida se puede dividir el grado de cada nodo por el máximo grado obtenido de la red, o bien dividirlo por el número total de nodos de la red (*cy.degreeCentralityNormalized* en Cytoscape). En el contexto de la red social solidaria el grado de centralidad nos daría el número de conexiones que establece cada ONG con sus donantes u otras instituciones (a través de las donaciones e intercambio de recursos), permitiendo cuantificar la conectividad o “popularidad” de la organización en la red estudiada.

- **Cercanía:** En un grafo, la medida de cercanía de un nodo (*cy.closenessCentrality*) indica el nivel de centralidad del mismo. Se calcula como la suma de los caminos más cortos entre el nodo en cuestión y el resto de los nodos en el grafo. Por lo tanto, cuanto más cerca está el nodo del resto, mayor será la medida de cercanía. Se define formalmente a la cercanía de un nodo i como:

$$C_{CLO}(i) = e_i^T S \mathbf{1} = \sum_{j=1}^n (S)_{ij}$$

Donde \mathbf{S} es la matriz de distancias de la red, es decir, aquella matriz cuyos elementos (i,j) corresponden a la distancia más corta desde el nodo i hasta el nodo j .

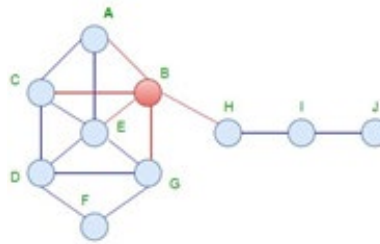


Figura 1: Ejemplo de una red donde B tiene el mayor grado de cercanía

Además se puede calcular la cercanía normalizada (`cy.closenessCentralityNormalized`) que es el promedio de las distancias más cortas de un nodo hacia el resto.

La cercanía medida entre las ONGs y los donantes, así como entre las organizaciones entre sí, permite planificar la distribución de los recursos por zonas y localidades, en función de las distancias.

- **Intermediación:** La intermediación (`cy.betweennessCentrality()`) es una medida de centralidad basada en los caminos más cortos, donde se cuantifica la frecuencia que un nodo actúa como un puente a lo largo del camino más corto entre otros dos nodos. Formalmente, la intermediación de un nodo en una red se define como:

$$g(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

Donde σ_{st} es el número total de caminos más cortos desde s al nodo t y $\sigma_{st}(v)$ es el número de esos caminos que pasan por v .

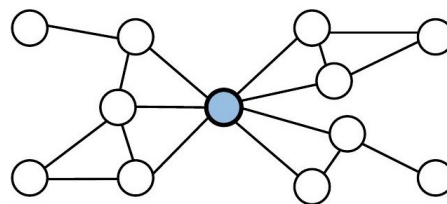


Figura 2: Ejemplo de nodo con mayor grado de intermediación

La intermediación en la red social solidaria permite conocer cuáles son las instituciones que se establecen como puentes con las demás. Esta medida puede utilizarse como forma de cuantificar el control de un actor, por ejemplo, cómo influye una ONG particular en la comunicación existente con otros actores (ONGs) en una red social. Los nodos que poseen una posición de intermediarios de alguna manera son también controladores o reguladores del flujo de información. Así, en un proceso de difusión, si el valor de intermediación de un nodo es alto entonces puede actuar como un *broker*; y si es suficientemente alto como para controlar el flujo de información, entonces puede actuar como un *guardián*.



2.3 Desarrollo de la solución

2.3.1 Visualización de redes: Para lograr el objetivo de la visualización de las redes desde un navegador web se usó la biblioteca React, para la integración con la aplicación, se diseñó un componente específico para manejar el grafo o red.

2.3.2 Visualización de métricas: La posibilidad de visualizar diferentes métricas cuando el usuario se posiciona sobre un nodo, se logra mediante la utilización de un estado local de la aplicación. Estos valores se inicializan en cero en un principio, y luego mediante la función setMetrics se actualizan para mostrar los valores correspondientes al nodo seleccionado al usuario. Se implementó una función callback que Cytoscape llama cuando se selecciona un nodo, y en ese momento se realizan los cálculos de las diferentes métricas asociadas al mismo. Con los resultados se actualiza el estado de la aplicación y se muestran los nuevos valores, React soluciona el problema de no tener que actualizar toda la aplicación, ya que sabe exactamente qué atributos fueron modificados y los reemplaza, haciendo el manejo de la aplicación más simple y eficiente. Al mismo tiempo, esto genera una buena usabilidad, experiencia de usuario y soporte para dispositivos no tan potentes.

2.3.3 Generación de informes: La idea en la generación de informes es poder formalizar el análisis del grafo y exportarlo para su posterior análisis. De esta forma lo que se realiza es el recorrido por todos los nodos dentro de la red obteniendo cada una de las métricas que luego se vuelcan en un campo de texto como se ve en la Figura 3. Las métricas son las mismas que se visualizan al hacer click un nodo, con la diferencia que se listan todos los nodos.

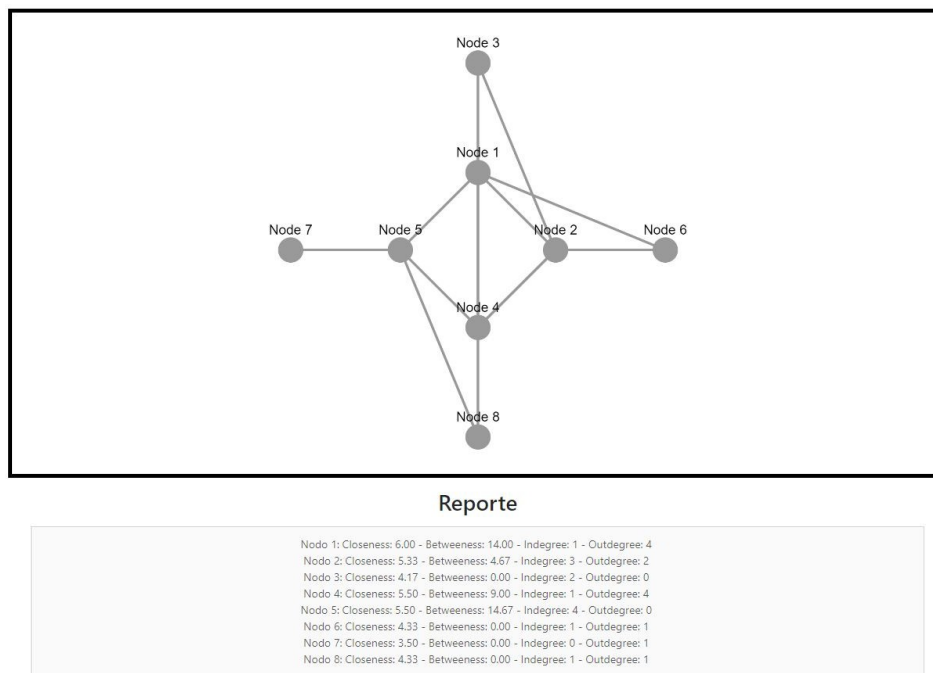


Figura 3: Ejemplo de una red junto con su reporte generado

2.3.4 Lectura desde archivo: se realiza por medio de la biblioteca React File Reader, la cual permite seleccionar archivos locales y subirlos a la aplicación.

2.4 Análisis de resultados

2.4.1 Resultado final: La aplicación en sí es minimalista y se enfoca en el análisis y la visualización de la red en cuestión. En la cabecera se encuentran las métricas definidas



y en el cuerpo de la página la representación de la red. La red puede ser manipulada pudiendo acercar o alejar nodos. Se muestran botones de acceso a la selección de red, selector de disposición de los nodos (Random, Compound, Breadth First, Circle y Concentric), el generador de reportes y la opción para subir archivos.

2.4.2 Pruebas de puntuación de rendimiento: Se realizaron pruebas de auditoría para determinar, dados ciertos parámetros preestablecidos por la industria, qué tan eficiente resulta la aplicación web. Para esta tarea se utilizó un servicio de google llamado PageSpeed Insights PSI (<https://developers.google.com/speed/docs/insights/v5/about>) Al principio del informe que se genera en PSI, se muestra una puntuación que resume el rendimiento de una página y en la cual se evaluó el rendimiento de la herramienta pudiendo constatar que el puntaje obtenido estaba dentro de los límites de buen rendimiento aceptables. La aplicación fue optimizada para reducir los tiempos de carga y ejecución, posibilitando que el usuario interactúe el menor tiempo posible.

2.4.3 Estructura de la Aplicación: La estructuración de la aplicación front-end siguió una estructura fractal, donde la funcionalidad está agrupada por el objetivo que ataca y no por tipo de archivos, recomendado para fines de escalabilidad.

2.4.4 Trabajo futuro: El desarrollo del servicio de back-end permitiría brindar una mejor experiencia y usarla como herramienta colaborativa entre varios usuarios. Alternativamente, se evaluará la integración a la herramienta AYUD@RG de Proyecto Koinonía, para analizar la evolución de la red social solidaria.

Con respecto a la incorporación de nuevas métricas, Cytoscape posee muchos algoritmos integrados en su biblioteca listos para utilizar, como puede ser Page Rank, Markov Clustering, K-medias, Agrupamiento jerárquico, entre otros. Estos algoritmos se implementan de forma similar que los mostrados anteriormente y pueden brindar un mayor poder de análisis.

3. REFERENCIAS

DOS REIS, M.R. y BUENO, M.E. (2020): “TICs en la Gestión de Redes Sociales Solidarias. Campaña de donaciones en contexto Covid-19”. *Anales 2020 Congreso Internacional XXXIII ENDIO XXXI EPIO RED M IX VIRTUAL*. Libro Digital PDF ISBN 978-987-47251-1-0. Págs. 53-57

DOS REIS, M.R., BUENO, M.E. y XODO D.H. (2020): “Problemática de la generación de Información en el Análisis de Redes Sociales”. *Anales del XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial y Afines (COINI) 2020*. UTN Facultad Regional San Rafael. Libro de Memorias. ISBN: 978-987-4998-74-3.

DOS REIS, M.R., XODO, D.H. y BUENO, M.E. (2019). “Propuesta de definición de métricas del capital social en redes sociales de organizaciones no gubernamentales (ONGs)”. *Anales 2019 XXXII ENDIO - XXX EPIO, 2019*. Libro Digital PDF ISBN 78-987-47251-0-3. Págs. 104-105

MARTÍ, J. y LOZARES, C. (2008): “Redes organizativas locales y capital social: enfoques complementarios desde el análisis de redes sociales”. *Portularia Vol VIII nro. 1, 2008*. ISSN 1578-0236. Págs. 23-39

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al flamante Ingeniero Emiliano Migliorata quién participó en el desarrollo de la herramienta de software, a partir de un trabajo de cátedra de Investigación Operativa.



DETERMINACIÓN DE PERFILES DE PACIENTES CON INTERNACIONES POR COVID-19 COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR SALUD

ALICIA QUINTANA¹ - FERNANDA VILLARREAL² - MARIA VIRGINIA PISANI¹

¹Dto. de Matemática, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina

²Instituto de Matemática (INMABB), Dto. de Matemática, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina

quintana@uns.edu.ar-fvillarreal@uns.edu.ar- mvpisani@uns.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar la distribución de la variable duración de la estancia hospitalaria (length of stay, LOS) para pacientes internados por COVID-19 en una institución hospitalaria pública y la determinación de perfiles de pacientes. La metodología empleada fue un análisis de clúster bietápico de pacientes internados entre agosto de 2020 y julio de 2021 en un hospital público de una ciudad de la provincia de Buenos Aires a 500 km de C.A.B.A. El modelo elegido presenta 5 clústeres con una medida de silueta de 0,9 e importancia de los predictores de: 1 para Servicio, 0,91 para Edad y 0,89 para Comorbilidades. Estos resultados brindan apoyo para la toma de decisiones en el sector salud.

Palabras clave: ESTADÍSTICA - ANÁLISIS DE CLÚSTER BIETÁPICO - GESTIÓN HOSPITALARIA - ESTANCIA HOSPITALARIA - COVID-19

ABSTRACT

The objective of this work is to study the distribution of LOS for patients hospitalized for COVID-19 in a public hospital institution and the determination of patient types. The methodology used was a two-stage cluster analysis of patients admitted between August 2020 and July 2021 in a public hospital in a city of the province of Buenos Aires, located 500 km from C.A.B.A. The model results show 5 clusters with a silhouette measure of 0.9 and importance of predictors of: 1 for service, 0.91 for age and 0.89 for comorbidities. These results provide support for decision making in the health sector.

Keywords: STATISTICS - TWO-STEP CLUSTER - HOSPITAL MANAGEMENT - LENGTH OF STAY - COVID-19.

1. INTRODUCCIÓN

La actual pandemia por COVID-19 ha resaltado la relevancia que tiene el estudio de la variable duración de la estancia hospitalaria como un indicador de gestión para la organización de los servicios de salud. El tiempo de permanencia de un paciente en el hospital constituye uno de los indicadores frecuentemente utilizado para evaluar la calidad de la atención médica brindada, medir el producto hospitalario en el área de internación y monitorear el uso de los recursos hospitalarios, entre ellos el aprovechamiento del recurso cama, recurso que toma mayor importancia en un contexto donde es indispensable implementar medidas para gestionar eficazmente los servicios y poder responder al alto volumen de pacientes afectados (Mishra *et al.*, 2020).

A pesar de que esta enfermedad es muy reciente existen trabajos científicos nacionales e internacionales que se han propuesto estudiar esta variable como un aspecto de interés para la planificación de los servicios de salud (Castro *et al.*, 2020 y



Rearte *et al.*, 2020). El objetivo de este trabajo es estudiar la distribución de la variable LOS en pacientes internados por COVID-19, como también identificar aquellos factores que influyen en su comportamiento (Liu *et al.*, 2020).

Dado que factores como la edad, el sexo y las enfermedades crónicas preexistentes son características propias de los de pacientes (Manoukian & Elder, 2020), se propuso encontrar grupos de pacientes con características similares para luego estudiar el comportamiento de la variable LOS en los grupos identificados.

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada fue un Análisis de Clúster Bietápico (*Two-step Cluster*) Pérez López (2004) para el agrupamiento de 264 pacientes con COVID-19 que resultaron internados entre agosto de 2020 y julio de 2021 en un hospital público de una ciudad perteneciente a la provincia de Buenos Aires, ubicada a 500 km de C.A.B.A.

Del sistema informático del hospital se obtuvo información sociodemográfica y clínica del paciente y la duración de su estancia hospitalaria. Para los diversos análisis realizados se utilizó el software *IBM SPSS Statistics v.25* (Pérez López, 2004).

En primer lugar, se realizó el diseño de la base de datos, que comprendió la depuración de casos, quedando finalmente 238 casos para el análisis, y la construcción de 6 variables:

- Duración de la estancia hospitalaria (LOS),
- Edad (menor de 60 años y al menos 60 años)
- Género (femenino y masculino)
- Servicio de internación (Terapia Intensiva o Clínica General-Medicina General)
- Número de comorbilidades (ausencia o presencia de al menos una comorbilidad) y Número de síntomas presentes al momento de concurrir el paciente al hospital

Luego se realizó un estudio exploratorio descriptivo e inferencial. Entre los principales análisis, se evaluó: la distribución de probabilidad de la variable numérica LOS mediante contrastes de bondad de ajuste, la dependencia entre pares de variables categóricas mediante contrastes Chi Cuadrado y la existencia de diferencias significativas en la variable LOS entre las diferentes categorías consideradas para cada una de las variables cualitativas, mediante contrastes no paramétricos, entre ellos Test de Mann-Whitney.

Se continuó con un Análisis de Clúster Bietápico, considerando, en etapas, diversos agrupamientos de las variables, comenzando con las 6 disponibles y luego reduciendo, en etapas, el número de variables contempladas, teniendo en cuenta las dependencias y no dependencias encontradas entre las variables en el análisis inferencial anterior.

Dado que, en este tipo de análisis, los resultados obtenidos pueden depender del orden de los casos (Rubio-Hurtado & Vilà-Baños, 2016), para minimizar sus efectos, se procedió a realizar previamente diferentes órdenes aleatorios de los 238 casos, en la base de datos construida, para obtener varias soluciones y comprobar la estabilidad de la solución en cada modelo considerado.

Para comparar los modelos hallados y elegir el más adecuado, se evaluaron en cada uno de ellos, varias características de los clústeres conformados. Entre ellas, la medida de silueta (estadístico utilizado por SPSS para analizar globalmente el agrupamiento alcanzado), tamaño de los clústeres y número de clústeres muy pequeños en relación con el resto y la medida de ajuste BIC (*Criterio bayesiano de Schwarz*).

Una vez seleccionado el mejor modelo, se finalizó con un análisis inferencial, mediante el uso de contrastes no paramétricos, como Test de Kruskal- Wallis, para probar si existen diferencias significativas en la distribución de la variable LOS entre los clústeres conformados.



3. RESULTADOS

La distribución de probabilidad de la variable LOS presenta una acentuada asimetría positiva, coincidiendo con los resultados que arrojan las publicaciones de la literatura especializada. Se realizaron pruebas de bondad de ajuste, como Shapiro-Wilk entre otras, arrojando un valor p igual a 0 (Sastry & Sinha, 2010).

Se determinaron diferencias altamente significativas en la variable LOS entre las dos categorías de Servicio y Edad mediante la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes (valor p = 0,000 para ambas variables). En cambio, no se encontraron diferencias significativas en la variable LOS entre las categorías de cada una de las restantes variables.

Se analizó la dependencia entre las variables mediante contrastes Chi Cuadrado, encontrándose evidencia significativa entre Servicio y Edad (valor p = 0,037) y altamente significativa entre N° de Comorbilidades y N° de Síntomas (0,002). No se encontraron evidencias significativas en el resto de los casos.

Se continuó con un Análisis de Clúster Bietápico, considerando diversos modelos que diferían en las variables que intervenían y en su cantidad. El modelo elegido se generó combinando las variables Servicio, Edad y Número de Comorbilidades.

Una de las condiciones en las que se basa la aplicación del Análisis de clúster bietápico es que las variables que intervienen en el modelo de aglomeración deben ser independientes, para que la información que proporciona cada clúster no sea redundante. Sin embargo, investigaciones empíricas muestran la robustez de este tipo de análisis cuando no se cumplen estas condiciones (Rubio-Hurtado & Vilà-Baños, 2016).

Por lo expresado, si bien en el estudio presente se encontró evidencia significativa de dependencia entre Servicio y Edad (valor p = 0,037), la significación no resultó alta (o sea, inferior a 0,01), como sí sucedió entre N° de Comorbilidades y N° de Síntomas.

La robustez del método permitió incorporar juntas a las variables Servicio y Edad, luego de comprobar que aquellos modelos generados por la inclusión de ambas variables se comportaban mejor que aquellos en los que ninguna o a lo sumo una de ellas se incorporaba.

Se formaron 5 clústeres de tamaños que variaron entre el 12% y el 33%, aproximadamente. El modelo elegido presenta un buen ajuste en la conformación de los grupos dado que se obtuvo un valor elevado en la medida de silueta (0,9, cuando su valor máximo es 1), con importancia de los predictores (variables involucradas) de: 1 para Servicio; 0,91 para Edad y 0,89 para Comorbilidades, cuando su valor máximo es 1. Se observó la coherencia entre las categorías de las variables involucradas en cada grupo. El modelo elegido presentó las siguientes características:

El clúster de mayor tamaño (33% aproximadamente), identificado en la Figura 1 y Tabla 1 con el número 1, lo integran pacientes internados en el servicio Clínica General-Medicina General, adultos mayores con presencia de al menos una comorbilidad, con una mediana en la variable LOS de 5 días.

Al clúster anterior le siguen, en tamaño, tres de tamaños similares (identificados con los números 3, 4 y 5 en la Figura 1 y Tabla 1), integrados cada uno por pacientes internados en el servicio Clínica General-Medicina General, con una mediana en la variable LOS de 4 días cada uno y con las siguientes características:

- Clúster 3: pacientes menores de 60 años con al menos una comorbilidad
- Clúster 4: pacientes menores de 60 años sin presencia de comorbilidades
- Clúster 5: pacientes adultos mayores sin presencia de comorbilidades



El clúster más pequeño (12%, aproximadamente), identificado con el número 2 en la Figura 1 y Tabla 1, está integrado por pacientes internados en el servicio de Terapia Intensiva, adultos mayores (en un 78%) con presencia de al menos una comorbilidad (en un 68%), con una mediana en la variable LOS de 8 días.

Clúster	1	3	4	5	2
Tamaño	33,6% (80)	18,9% (45)	18,1% (43)	17,6% (42)	11,8% (28)
Entradas	ServicioAG CLINICA GENERAL- MEDICINA GENERAL (100,0%)	ServicioAG CLINICA GENERAL- MEDICINA GENERAL (100,0%)	ServicioAG CLINICA GENERAL- MEDICINA GENERAL (100,0%)	ServicioAG CLINICA GENERAL- MEDICINA GENERAL (100,0%)	ServicioAG TERAPIA INTENSIVA (100,0%)
	EdadAG2 ≥60 años (100,0%)	EdadAG2 <60 años (100,0%)	EdadAG2 <60 años (100,0%)	EdadAG2 ≥60 años (100,0%)	EdadAG2 ≥60 años (78,6%)
	N°ComorbAG2 con ≥1 comorb (100,0%)	N°ComorbAG2 con ≥1 comorb (100,0%)	N°ComorbAG2 sin comorb (100,0%)	N°ComorbAG2 sin comorb (100,0%)	N°ComorbAG2 con ≥1 comorb (67,9%)

Figura 1. Características del modelo elegido

Resúmenes de casos							
Variable LOS							
N° cluster	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvío Estándar	Asimetría
1	80	8,24	5,00	1	52	8,604	2,683
2	28	11,36	8,00	1	34	7,959	1,195
3	45	7,09	4,00	1	62	10,227	3,930
4	43	5,07	4,00	1	27	4,708	2,674
5	42	5,43	4,00	1	17	4,162	1,158
Total	238	7,32	5,00	1	62	7,874	3,158

Tabla 1. Medidas resúmenes para cada clúster

Finalmente, se realizaron contrastes no paramétricos (prueba de Kruskal-Wallis), encontrándose diferencias altamente significativas en la variable LOS entre los distintos clústeres generados (Figura 2). Se procedió entonces a realizar comparaciones múltiples entre parejas de clústeres, determinándose diferencias entre las parejas de clústeres 3-2, 4-2 y 5-2 (Tabla 2). Se observa que en estos tres casos se involucra al clúster de pacientes internados en terapia intensiva. Sin embargo, no se detectó diferencia significativa en la pareja 1-2.

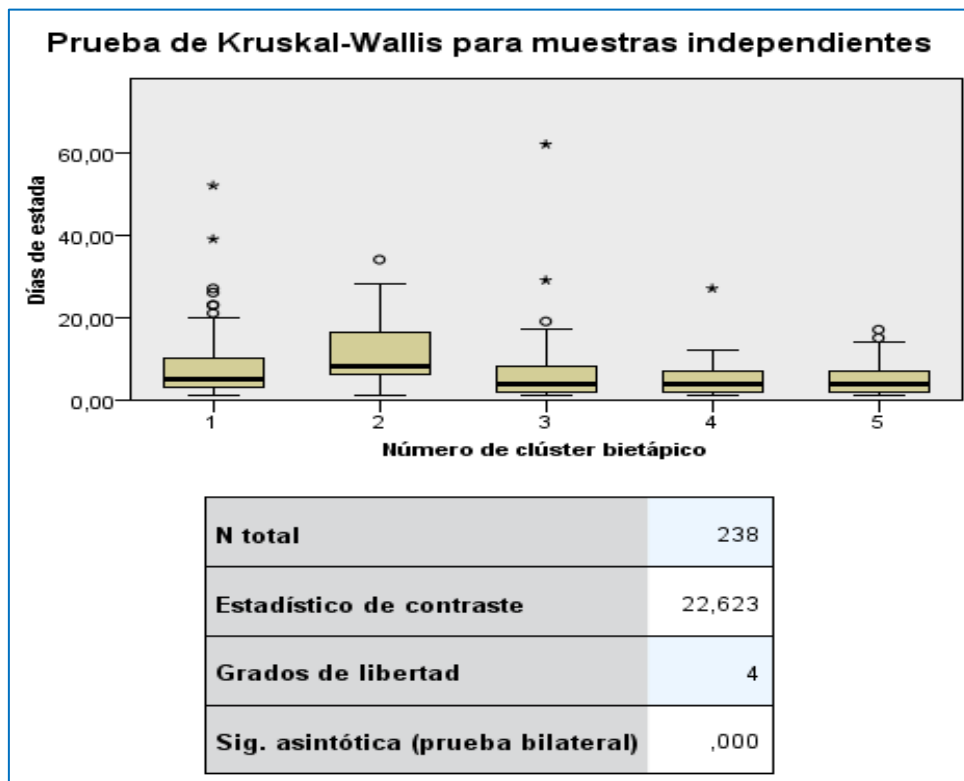


Figura 2. Prueba de Kruskal-Wallis para los distintos clústeres generados

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Número de clúster bietápico.

Muestra 1-...	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
4-3	6,163	14,620	,422	,673	1,000
4-5	-8,323	14,873	-,560	,576	1,000
4-1	30,350	12,963	2,341	,019	,192
4-2	68,704	16,648	4,127	,000	,000
3-5	-2,160	14,709	-,147	,883	1,000
3-1	24,187	12,775	1,893	,058	,583
3-2	62,541	16,502	3,790	,000	,002
5-1	22,026	13,063	1,686	,092	,918
5-2	60,381	16,726	3,610	,000	,003
1-2	-38,354	15,053	-2,548	,011	,108

Tabla 2. Comparaciones múltiples entre pares de clústeres

4. CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados de este trabajo, en conjunto con los de otros análisis futuros que contarán con información de más casos y variables, generan información potencial para la gestión hospitalaria y el diseño de políticas de acción, al orientar la toma de decisiones en la asignación de recursos y estimación de sus costos asociados hacia aquellos servicios y pacientes que, por sus características, requieran prioridad.



5. REFERENCIAS

CASTRO H., CANALE, H., FERREYRO, B., PRIETO, M., MASSIMINO, B., FUNTOWICZ, G. y FURCADA J. (2020). “Características clínicas de la enfermedad por coronavirus 2019 en un centro de Argentina. Cohorte retrospectiva” *Medicina*, vol. 80 (Supl. VI), pp. 35-43.

LIU, X., ZHOU, H., ZHOU, Y., WU, X., ZHAO, Y., LU, Y., TAN, W., YUAN, M., DING, X., ZOU, J., LI, R., LIU, H., EWING, R. M., HU, Y., NIE, H. y WANG Y. (2020). “Risk factors associated with disease severity and length of hospital stay in COVID-19 patients”. *Journal of Infection*, 81(1), pp. 95-97.

MANOUKIAN, D., ELDER, M. (2021). “Mortalidad por COVID-19 y sinergia con enfermedades crónicas coexistentes en la Provincia del Neuquén, Argentina, 2020”. *Revista Argentina de Salud Pública* 13 (Suplemento COVID-19), pp. 1-8.

MISHRA, V., AMUDHAN, S., BURMA, A., DAS, S., PARIVALLAL, M., RAO, G. (2020). “COVID-19-Hospitalized Patients in Karnataka: Survival and Stay Characteristics”. *Indian Journal of Public Health*, 64(6), pp. 221-224.

PÉREZ LÓPEZ, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*. Pearson Educación S.A. Madrid, España.

REARTE, A., BALDANI, A., BARCENA BARBEIRA, P., DOMÍNGUEZ, C., LAURORA, M., PESCE, M., ROJAS MENA, H., DA CRUZ FERREIRA SILVA, H., HERTLEIN, C., TARRAGONA, S. y VIZZOTTI, C. (2020). “Características epidemiológicas de los primeros 116974 casos de COVID-19 en Argentina, 2020. *Revista Argentina de Salud Publica* 12 (Suplemento COVID-19), pp. 1-9.

RUBIO HURTADO M. J. Y VILÀ BAÑOS R. (2017): “El análisis de conglomerados bietápico o en dos fases con SPSS”. *REIRE. Revista d’Innovació i Recerca en Educació*, vol. 10, num. 1, pp. 118-126.

SASTRY D., & SINHA R. (2010). “Length of Stay – A Data Analytic Approach” *Journal of Quantitative Economics*, vol. 8 No. (2), pp.42-60.



MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE SERVICIO/PRODUCTO TÉCNICO PERCIBIDA POR USUARIOS RESIDENCIALES EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARTE I: MODELO DE MEDIDA

GUSTAVO A. SCHWEICKARDT¹

CONICET-Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Concepción del Uruguay¹
gustavoschweickardt@conicet.gov.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se propone un Modelo de Ecuaciones Estructurales del tipo CB-SEM para la medición de la Calidad de Servicio/Producto Técnico (CSP) percibida por los usuarios residenciales en un Sistema de Distribución Eléctrica en Baja Tensión (SDEE BT). En esta Primera Parte, se evalúan diferentes Modelos de Medida que sirvan a las relaciones estructurales planteadas, para definir el de mejor validez y ajuste, conforme los indicadores pertinentes empleados en esta técnica. Partiendo del Modelo de Medida más general, mediante sucesivas re-especificaciones se obtienen dos particularmente aptos, sobre los cuales se avanzará con el Modelo Estructural. El SDEE BT analizado pertenece a la ciudad de Bariloche, Argentina. Los datos utilizados corresponden a una encuesta realizada en el año 2003.

Palabras Clave: ESTADÍSTICA - ECUACIONES ESTRUCTURALES – SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA – CALIDAD DE SERVICIO/PRODUCTO TÉCNICO – MODELOS DE MEDIDA

ABSTRACT

In the present work a Structural Equation Model of the CB-SEM type is proposed for the measurement of the Quality of Service/Technical Product (QSP) perceived by residential users in a Low Voltage Electrical Distribution System (EDS LV). In this First Part, different Measurement Models that serve the proposed structural relationships are evaluated, to define the one with the best validity and adjustment, according to the pertinent indicators used in this technique. Starting from the more general Measurement Model, through successive re-specifications, two particularly suitable Models are obtained, on which the evaluation of Structural Model will be applied. The EDS LV analyzed belongs to the city of Bariloche, Argentina. The data used corresponds to a survey carried out in 2003.

Keywords: STATISTICS - STRUCTURAL EQUATIONS - ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS - TECHNICAL PRODUCT/SERVICE QUALITY - MEASUREMENT MODELS

1. INTRODUCCIÓN

La planificación sobre el diseño óptimo ante fallas en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE) en Media y Baja Tensión (MT/BT), constituye una parte del Análisis de Confiabilidad de los Sistemas de Potencia. La confiabilidad de los SDEE es medida desde que los cuerpos regulatorios comienzan a exigir valores determinados mediante Índices de Confiabilidad sustentados por normas internacionales, particularmente la IEEE (2003), y propendiendo a controlar dos aspectos: la Calidad del Servicio Técnico (número y frecuencia de interrupciones no programadas del suministro) e, indirectamente, la Calidad del Producto Técnico (voltaje del suministro, fundamentalmente). Sin embargo, la naturaleza de tal medición



es estrictamente física, pues así lo definen los Índices propuestos, calculándose o, en rigor, estimándose en base a la demanda proyectada, directamente los mismos a partir de fórmulas matemáticas establecidas en tal norma. De modo que pretende controlarse la Calidad referida, a través del valor individual que arroja cada Índice, y no mediante un Índice Compuesto 'Calidad de Servicio/Producto Técnico', CSP, como la propia autoridad regulatoria -por caso, y sin pérdida de generalidad, la argentina- lo establece según la Ley 24065 (1992), Marco Regulatorio. Los Índices definidos por la norma IEEE citada se dividen en dos clases: A) Orientados a Clientes y B) Orientados a Energía. De cada grupo, los utilizados en Análisis de Confiabilidad de SDEE son:

–. Grupo A): SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), que indica el número promedio de interrupciones no programadas en el sistema por año [interrupciones/año]; SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), que indica la duración promedio de las interrupciones no programadas en el sistema por año [h-interrupción/año]; y MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*), que indica el número promedio de interrupciones transitorias no programadas en el sistema por año [interrupciones \leq 3 min/año].

–. Grupo B): ENS (*Energy Not Supplied*), que indica la energía no suministrada (esperada) debido a las sucesivas interrupciones no programadas en el sistema por año [kWh-interrumpidos/año].

La medición y control regulatorio de estos Índices, define la penalización que la autoridad regulatoria aplica a las empresas distribuidoras, a los efectos de que realicen y cumplan, en tiempo y forma, las inversiones correspondientes para minimizar la ENS. Además, dicha autoridad fija un costo, de muy discutida fundamentación teórico/metodológica, para cada kilovatio-hora de ENS [\$/kWh- No Suministrado], al cual se valorizará la ENS para los usuarios afectados por interrupciones no programadas del suministro, descontándolo del monto facturado en el período siguiente (mensual/bimestral).

Sin embargo, más allá de no contar operacionalmente con un Índice Compuesto, y un método que permita estimarse sobre el mismo un valor económico de la CSP, existen al menos dos inconvenientes importantes al obtener las penalizaciones en concepto de CSP a partir de esta práctica regulatoria: 1ro) Los Índices son medidos (estimados) a *nivel sistema* SDEE (global) y no a *nivel usuario*, como la misma autoridad regulatoria lo establece (caso de Argentina, como se dijo, sin pérdida de generalidad), Ley 24065 (1992); y 2do) No interviene en las mediciones la percepción que los usuarios tienen de la CSP, independientemente de las medidas (control) o estimaciones (planificación) físicas obtenidas. Por tanto, el valor de penalización que se emplea ante la CSP, es 'energizado' utilizando la ENS [\$/kWh-No Suministrado], sin reflejar la disminución que cada usuario experimenta en su función de utilidad vinculada a la continuidad del suministro eléctrico.

En el presente trabajo se propone una aplicación de Modelos de Ecuaciones Estructurales, siguiendo la técnica CB-SEM, para medir la percepción de la Calidad de Servicio/Producto Técnico (CSP) en Usuarios Residenciales pertenecientes a un SDEE BT. Se busca establecer relaciones estructurales, como hipótesis, significativas, relativas a la formación de un único Constructo o Factor Dependiente, CSP, desde Factores Independientes que capten la percepción que los usuarios de un SDEE BT real, adoptado como estudio de caso, tienen sobre los Índices Orientados a Clientes – Grupo A)-. Como se estableció en el resumen, se abordará el análisis del Modelo de Medida de mayor validez y mejor ajuste. De este modo se evolucionará sobre 4 Modelos, a través de sucesivas re-especificaciones, obteniendo 2 Modelos aptos para avanzar sobre la evaluación de las relaciones estructurales (Modelo Estructural) formativas del único Constructo Dependiente, CSP.



2. METODOLOGÍA. MODELOS DE MEDIDA CONSIDERADOS

En los Modelos analizados, son planteadas hipótesis causales únicamente entre los Factores Independientes y el Constructo CSP. De modo que cualquier re-especificación, al no modificarse las relaciones estructurales entre los primeros y CSP, son realizadas en la etapa de Análisis Factorial Confirmatorio, solidaria al Modelo de Medida. Para todos los ítems de los constructos considerados, se optó por emplear una Escala tipo Likert de 7 puntos invertida (1 → Percepción 'Muy Buena'; 7 → Percepción 'Muy Mala'). La Base de Datos utilizada fue obtenida desde una encuesta realizada en el año 2003, en oportunidad de la Campaña de Medición (que toda empresa de distribución eléctrica realiza para definir sus categorías tarifarias) previa al periodo de control regulatorio quinquenal. Tiene 420 observaciones (individuos encuestados) sobre un Sub-sistema de Media Tensión/Baja Tensión con gran variabilidad en cuanto a típicos constructivos utilizados y características climatológicas (nieve, viento) y topológicas (zonas urbanas, de montaña y boscosas). Estas características tienen sensibles impactos en la confiabilidad. En cuanto a los usuarios considerados, pertenecen, como se dijo, al segmento residencial, categorías I y II – únicas definidas por entonces-. Para los indicadores de validez del instrumento de medida y la bondad de ajuste de los Modelos analizados, se han seguido las referencias: Aldás y Uriel (2017), Bagozzi y Yi (1998), Fornell y Larcker (1981), Kaiser (1974), Sarabia Sánchez (2013) y Wheaton *et. al.* (1977). Se utilizó el software STATA® 16. Se reportan los resultados para los Modelos de Medida 1, 2 y 4 y el Esquema del Modelo 4, que resultó el de mejor ajuste.

2.1. Modelos Evaluados

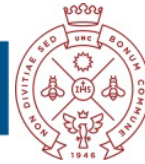
1ero) Modelo 1 (Base): 7 Factores y 26 Ítems: se abordó, en primer lugar, un Modelo de 7 Factores: 6 Independientes y uno Dependiente. Los Factores Independientes son: 1) Frecuencia de Fallas (FF) vinculado al Índice SAIFI; 2) Duración de las Fallas (DF) vinculado a SAIDI; 3) Frecuencia de Fallas Transitorias (FFT) vinculado a MAIFI; 4) Producto Técnico Voltaje (PTV); 5) Reclamos por Fallas (RF); 6) Frecuencia de Fallas Generales (FFG). El Factor Dependiente es, como se dijo, 7) Calidad de Servicio/Producto Técnico (CSP). Los resultados se reportan en la Tabla 1. Como se explica en la Sección 3, se elimina el Factor FFG. 2do) Modelo 2: 6 Factores y 24 Ítems: Eliminando el Constructo FFG, se obtiene un Modelo de 6 Factores: 5 Independientes y uno Dependiente. Los resultados se reportan en la Tabla 2. Este es uno de los dos Modelos candidatos para avanzar sobre la parte estructural. 3ro) Modelo 3: 6 Factores y 24 Ítems, con Covariación entre Errores de Variables Observadas: sobre el Modelo 2, se plantea una re-especificación por Modificación de Índices. La introducción de las covarianzas entre los errores de las variables observadas (e.Fr1, e.Fr3) y (e.D1, e.D4) son las que más disminuyen el valor de χ^2 con pérdida de tan sólo 2 grados de libertad. Si bien tiene un excelente ajuste, se opta por descartarlo, como se explica en la Sección 3. 4to) Modelo 4: 6 Factores y 22 Ítems: también desde el Modelo 2, son eliminados los ítems Fr3 y D4, por las razones explicadas en la Sección 3. Los resultados se reportan en la Tabla 3 y su Esquema de Medida en la Figura 1. Este resulta ser el Modelo de mejor ajuste, avanzándose luego en su parte estructural.



Factores, Ítems y Cargas Factoriales			Fiabilidad y Validez Convergente		
Factor	Ítem	λ (z-valor)	CRR	RC	AVE
Frecuencia de Fallas	Fr1	0,938 (39,520)***	0,987	0,983	0,935
	Fr2	0,998 (44,990)***			
	Fr3	0,985 (39,710)***			
	Fr4	0,944 (33,710)***			
Duración de Fallas	D1	0,985 (47,510)***	0,994	0,994	0,973
	D2	0,989 (47,350)***			
	D3	0,985 (44,050)***			
	D4	0,985 (45,360)***			
	D5	0,987 (44,370)***			
Respuesta ante Fallas	RF1	0,924 (37,310)***	0,968	0,968	0,857
	RF2	0,926 (35,400)***			
	RF3	0,939 (35,520)***			
	RF4	0,916 (35,510)***			
	RF5	0,924 (39,960)***			
Frecuencia de Fallas Transitorias	FrT1	0,995 (27,930)***	0,968	0,969	0,914
	FrT2	0,934 (24,650)***			
	FrT3	0,937 (26,910)***			
Producto Voltaje	PV1	0,981 (42,750)***	0,971	0,971	0,894
	PV2	0,961 (42,300)***			
	PV3	0,937 (35,290)***			
	PV4	0,901 (34,270)***			
Calidad de Servicio Producto	CSP1	0,760 (19,270)***	0,842	0,845	0,645
	CSP2	0,863 (23,020)***			
	CSP3	0,782 (18,770)***			
Frecuencia de Fallas Generales	FrG1	0,984 (20,380)***	0,979	0,979	0,960
	FrG2	0,976 (20,250)***			

Validez Discriminante: Criterio de Fornell y Larcker (1981) - SCL								Validez Convergente		
	FF	DF	RF	PTV	FFT	FFG	CSP	Criterio λ - Sarabia Sánchez		
FF	1,000							λ -FFG	SE	SE x 10
DF	0,000	1,000						0,9837	0,0952	0,9524
RF	0,001	0,004	1,000					0,9758	0,0978	0,9780
PTV	0,002	0,000	0,002	1,000						
FFT	0,001	0,000	0,007	0,006	1,000					
FFG	0,001	0,001	0,003	0,000	0,011	1,000				
CSP	0,136	0,285	0,330	0,142	0,085	0,080	1,000			
<p>Notas: FF = Frecuencia de Fallas; DF = Duración de Fallas; RF = Respuesta ante Fallas; FFT = Frecuencia de Fallas Transitorias; PTV = Producto (Técnico) Voltaje; CSP = Calidad de Servicio Producto; FFG = Frecuencia de Fallas Generales; SCL = Squared Correlations among Latent Variables</p>										
<p>Comentario: SCL es la Matriz de Correlaciones cuadradas entre variables latentes. Cuando los valores de AVE \geq valores de SCL (entradas de la matriz) no hay problemas con la Validez Discriminante</p>										
Indicadores Robustos de Bondad de Ajuste										
S-B χ^2 (194 df) = 261,594		S-B CFI	S-B TLI	S-B χ^2 /df	SRMR	S-B RMSEA (90% CI)				
(p = 0,000)		0,976	0,972	2,538	0,016	0,061 (0,055 0,066)				
<p>Notas: λ = Cargas Factoriales estandarizadas; SE = Error Estándar; CRR = Raykov's Factor (Fiabilidad Simple); RC = Fiabilidad Compuesta; AVE = Average Variance Extracted; S-Bχ^2 = χ^2 Satorra-Bentler; df = Grados de Libertad; CFI = Comparative Fit Index; TLI = Tucker-Lewis Index; S-Bχ^2/df = S-Bχ^2 ratio de Wheaton et al., (1977); SRMR = Standardized Root Mean Residual; RMSEA = Root Mean Square of Approximation; CI = Confidence Interval; *** = $p < 0,01$</p>										

Tabla 1. MODELO 1: Propiedades Psicométricas del Modelo de Medida. Fiabilidad y Validez



Factores, Ítems y Cargas Factoriales			Fiabilidad y Validez Convergente		
Factor	Ítem	λ (z-valor)	CRR	RC	AVE
Frecuencia de Fallas	Fr1	0,938 (39,080)***	0,987	0,983	0,935
	Fr2	0,998 (44,820)***			
	Fr3	0,985 (39,500)***			
	Fr4	0,944 (33,710)***			
Duración de Fallas	D1	0,985 (47,840)***	0,994	0,994	0,973
	D2	0,989 (47,370)***			
	D3	0,985 (44,050)***			
	D4	0,985 (45,350)***			
	D5	0,987 (44,370)***			
Respuesta ante Fallas	RF1	0,924 (37,230)***	0,968	0,968	0,857
	RF2	0,926 (35,400)***			
	RF3	0,939 (35,540)***			
	RF4	0,916 (35,500)***			
	RF5	0,924 (39,940)***			
Frecuencia de Fallas Transitorias	FrT1	0,995 (27,950)***	0,968	0,969	0,914
	FrT2	0,934 (24,770)***			
	FrT3	0,937 (26,980)***			
Producto Voltaje	PV1	0,981 (42,950)***	0,971	0,971	0,894
	PV2	0,961 (42,160)***			
	PV3	0,937 (35,110)***			
	PV4	0,901 (34,340)***			
Calidad de Servicio Producto	CSP1	0,760 (19,160)***	0,842	0,845	0,646
	CSP2	0,865 (23,040)***			
	CSP3	0,782 (18,790)***			

Validez Discriminante: Criterio de Fornell y Larker (1981)						
	FF	DF	RF	PTV	FFT	CSP
FF	1,000					
DF	0,000	1,000				
RF	0,001	0,004	1,000			
PTV	0,002	0,000	0,002	1,000		
FFT	0,001	0,000	0,007	0,006	1,000	
CSP	0,176	0,285	0,330	0,142	0,085	1,000

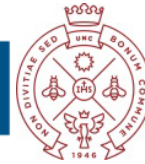
Notas: FF = Frecuencia de Fallas; DF = Duración de Fallas; RF = Respuesta ante Fallas; FFT = Frecuencia de Fallas Transitorias; PTV = Producto (Técnico) Voltaje; CSP = Calidad de Servicio Producto; **SCL** = Squared Correlations among Latent Variables

Comentario: **SCL** es la Matriz de Correlaciones cuadradas entre variables latentes. Cuando los valores de AVE \geq valores de SCL (entradas de la matriz) no hay problemas con la Validez Discriminante

Indicadores Robustos de Bondad de Ajuste					
S-B χ^2 (237 df) = 664,136	S-B CFI	S-B TLI	S-B χ^2 /df	SRMR	S-B RMSEA (90% CI)
(p = 0,000)	0,975	0,971	2,802	0,016	0,066 (0,060 0,072)

Tabla 2. MODELO 2: Propiedades Psicométricas del Modelo de Medida. Fiabilidad y Validez

Factores, Ítems y Cargas Factoriales			Fiabilidad y Validez Convergente		
Factor	Ítem	λ (z-valor)	CRR	RC	AVE
Frecuencia de Fallas	Fr1	0,957 (38,890)***	0,978	0,976	0,932
	Fr2	0,980 (44,640)***			
	Fr4	0,959 (34,350)***			
Duración de Fallas	D1	0,989 (47,660)***	0,993	0,993	0,974
	D2	0,986 (46,480)***			
	D3	0,983 (43,660)***			
	D5	0,988 (44,560)***			
Respuesta ante Fallas	RF1	0,923 (36,930)***	0,968	0,968	0,857
	RF2	0,926 (35,570)***			
	RF3	0,939 (35,390)***			



	RF4	0,916 (34,760)***			
	RF5	0,924 (39,740)***			
Frecuencia de Fallas Transitorias	FrT1	0,995 (27,390)***	0,968	0,969	0,913
	FrT2	0,934 (24,240)***			
	FrT3	0,937 (26,070)***			
Producto Voltaje	PV1	0,981 (43,280)***	0,971	0,971	0,894
	PV2	0,961 (42,930)***			
	PV3	0,937 (35,550)***			
	PV4	0,901 (34,640)***			
Calidad de Servicio Producto	CSP1	0,760 (19,210)***	0,842	0,845	0,645
	CSP2	0,865 (23,190)***			
	CSP3	0,782 (18,710)***			

Validez Discriminante: Criterio de Fornell y Larker (1981)						
	FF	DF	RF	PTV	FFT	CSP
FF	1,000					
DF	0,000	1,000				
RF	0,000	0,004	1,000			
PTV	0,002	0,000	0,002	1,000		
FFT	0,001	0,000	0,007	0,006	1,000	
CSP	0,134	0,288	0,330	0,142	0,085	1,000

Notas: FF = Frecuencia de Fallas; DF = Duración de Fallas; RF = Respuesta ante Fallas; FFT = Frecuencia de Fallas Transitorias; PTV = Producto (Técnico) Voltaje; CSP = Calidad de Servicio Producto; **SCL** = Squared Correlations among Latent Variables

Comentario: **SCL** es la Matriz de Correlaciones cuadradas entre variables latentes. Cuando los valores de AVE \geq valores de SCL (entradas de la matriz) no hay problemas con la Validez Discriminante

Indicadores Robustos de Bondad de Ajuste					
S-B χ^2 (194 df) = 261,594 (p = 0,000)	S-B CFI	S-B TLI	S-B χ^2 /df	SRMR	S-B RMSEA (90% CI)
	0,995	0,994	1,348	0,016	0,029 (0,019 0,038)

Tabla 3. MODELO 4: Propiedades Psicométricas del Modelo de Medida. Fiabilidad y Validez

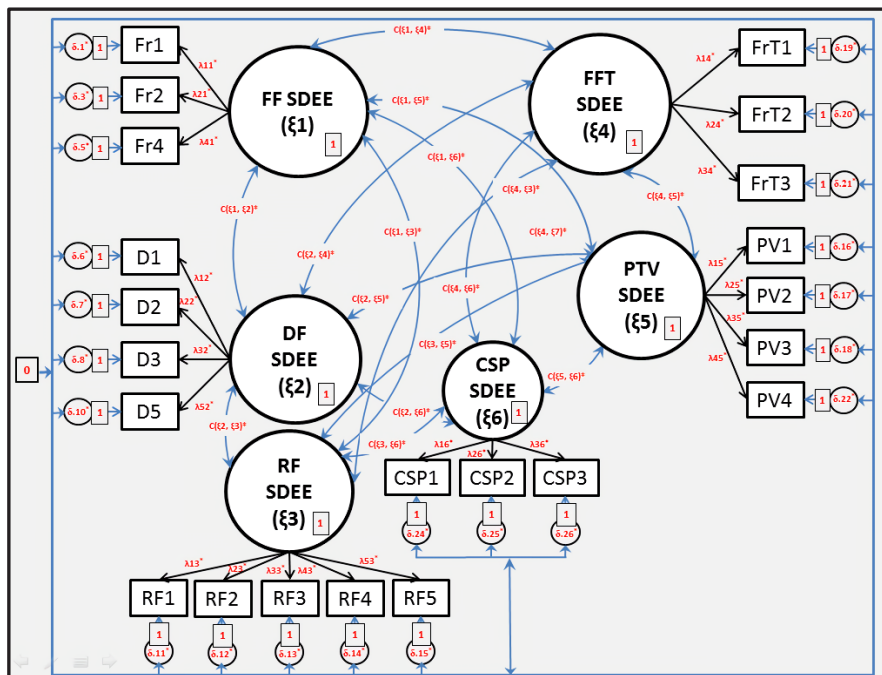


Figura 1. Esquema del Modelo (4) de Medida: Especificación, Restricciones y Parámetros a Estimar



3. ANÁLISIS

En el Modelo 1, la eliminación de Constructo FFG estriba en dos razones: a) al evaluar la Validez Convergente según el criterio de las cargas factoriales (λ) de Bagozzi y Yi (1988), incorporando el criterio de que estas resulten $\lambda \geq 10$ veces su error estandarizado, Sarabia Sánchez (2013), este último no se cumple en el 2do ítem (FrG2), y está en el límite para el 1ro (FrG1); b) Un paso atrás, al obtener la Medida de Adecuación Muestral, en ausencia de Normalidad Multivariada, para realizar un Análisis Factorial, el Test KMO (Coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin) retorna un valor de 0,5 en ambos ítems, puntaje ‘miserable’ según Kaiser (1974). Por último, se tiene un problema en la Validez de Contenido, pues las fallas generales no son imputables a la distribuidora, cuestión que confunde a los clientes encuestados. El Modelo 2 tiene validez y buen ajuste. No obstante, Tabla 2, el valor del $S-B\chi^2/df = 2,8$ (muy próximo a 3, límite máximo recomendado por Wheaton et. al. (1977)) y el S-B RMSEA (90% CI), arroja valores 0,066 (0,060|0,072), aceptables pero elevados (dado que el método de estimación empleado fue Máxima Verosimilitud Satorra-Bentler, los indicadores correspondientes se anteceden del acrónimo S-B). Se considera, entonces, realizar una nueva re-especificación mediante Modificación de Índices. Esto conduce al Modelo 3, que no es reportado, en el cual, estimando las covarianzas entre los errores de las variables observadas (e.Fr1, e.Fr3) y (e.D1, e.D4) en sendos Constructos, se obtienen los indicadores: S-B CFI = 0,995, S-B TLI = 0,994, $S-B\chi^2/df = 1,4$ y S-B RMSEA (90% CI) = 0,031 (0,023|0,039), lográndose un muy buen ajuste, perdiendo sólo 2 grados de libertad. Sin embargo, siguiendo a Aldás y Uriel (2017), estas covarianzas son elementos exógenos al modelo y, de considerar su inclusión, deben respaldarse con razonabilidad. Para el caso, no hay forma de explicarlas más allá de lograr que el modelo ajuste mejor. Por tanto, se plantea, en el Modelo 4, razonablemente la eliminación de los ítems Fr3 –vinculado al efecto del viento en la FF- y D4 –vinculado al efecto de las nevadas en la DF-. Esta eliminación es pertinente, porque generaliza las posibles razones en las que FF y DF se ven reflejadas. Se logra, Tabla 3, un Modelo de Medida con muy buen ajuste y validez.

4. CONCLUSIONES

Como síntesis, se tienen dos buenos Modelos de Medida: 2 y 4, siendo el mejor 4. Las conclusiones más relevantes se presentan en la Parte 2, en el Modelo Estructural.

5. REFERENCIAS

- ALDÁS, J., URIEL, E. (2017): *Análisis Multivariante Aplicado con R. 2da Edición. Paraninfo.*
- BAGOZZI, R.P. y YI, Y. (1998): “On the Evaluation of Structural Equation Models”. JAMS 16, pp. 74–94.
- FORNELL, C., LARCKER, D. F. (1981): “Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error”. Journal of Marketing Research, 18(1), pp. 39–50.
- IEEE (2003): “IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices”. STD 1366TM.
- KAISER, H. (1974): “An Index of Factorial Simplicity”. Psychometrika, Vol. 39, pp. 31–36.
- LEY 24065 - InfoLeg - Información Legislativa (1992): sitio WEB.
- SARABIA SÁNCHEZ, F. J. (2013): *Métodos de Investigación Social y de la Empresa. Ediciones Pirámide.*
- WHEATON, B., MUTHEN, B., ALWIN, D. F. y SUMMERS, G. (1977): “Assessing Reliability and Stability in Panel Models”. Sociological Methodology, 8 (1), pp. 84-136.



MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE SERVICIO/PRODUCTO TÉCNICO PERCIBIDA POR USUARIOS RESIDENCIALES EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARTE I: MODELO ESTRUCTURAL

GUSTAVO A. SCHWEICKARDT¹

¹CONICET - Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concepción del Uruguay

gustavoschweickardt@conicet.gov.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se propone un Modelo de Ecuaciones Estructurales del tipo CB-SEM para la medición de la Calidad de Servicio/Producto Técnico (CSP) percibida por los usuarios residenciales en un Sistema de Distribución Eléctrica en Baja Tensión (SDEE BT). En esta Segunda Parte, se evalúan los Modelos Estructurales de los dos Modelos de Medida identificados como de mejor validez y ajuste en la Parte 1. El SDEE BT analizado pertenece a la ciudad de Bariloche, Argentina. Los datos utilizados corresponden a una encuesta realizada en el año 2003.

Palabras Clave: ECUACIONES ESTRUCTURALES – SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA – CALIDAD DE SERVICIO/PRODUCTO TÉCNICO – MODELOS ESTRUCTURALES

ABSTRACT

In the present work a Structural Equation Model of the CB-SEM type is proposed for the measurement of the Quality of Service/Technical Product (QSP) perceived by residential users in a Low Voltage Electrical Distribution System (LV EDS). In this Second Part, the Structural Models of the two Measurement Models identified as having the best validity and adjustment in Part 1 are evaluated. The LV EDS analyzed belongs to the city of Bariloche, Argentina. The data used correspond to a survey carried out in 2003.

Keywords: STRUCTURAL EQUATIONS - ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS - TECHNICAL PRODUCT/SERVICE QUALITY - STRUCTURAL MODELS

1. INTRODUCCIÓN

Desde la planificación sobre el diseño óptimo ante fallas en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE) en Media y Baja Tensión (MT/BT), como se explicó en la Parte 1, pretende controlarse la Calidad de Servicio/Producto Técnico a través del valor individual que arroja cada Índice estandarizado IEEE (2003), y no mediante un Índice Compuesto 'Calidad de Servicio/Producto Técnico', CSP, como la propia autoridad regulatoria -por caso, y sin pérdida de generalidad, la argentina- lo establece según la Ley 24065 (1992), Marco Regulatorio.

En el presente trabajo se propone una aplicación de Modelos de Ecuaciones Estructurales, siguiendo la técnica CB-SEM, para medir la percepción de la Calidad de Servicio/Producto Técnico (CSP) en Usuarios Residenciales pertenecientes a un SDEE BT. Se busca establecer relaciones estructurales, como hipótesis, significativas, relativas a la formación de un único Constructo o Factor Dependiente, CSP, desde Factores Independientes que capten la percepción que los usuarios de un SDEE BT real, adoptado como estudio de caso, tienen sobre los Índices Orientados a Clientes –



Grupo A)-. Como se estableció en el resumen, se abordará el Modelo Estructural de los dos Modelos de Medida de mayor validez y mejor ajuste identificados en la Parte 1.

2. METODOLOGÍA. MODELOS ESTRUCTURALES CONSIDERADOS

En los dos Modelos Considerados (Modelo (2) → 5 Factores Independientes, 1 Factor Dependiente y 24 ítems; y Modelo (4) → 5 Factores Independientes, 1 Factor Dependiente y 22 ítems) tres de los Factores Independientes se relacionan con los Índices de Confiabilidad –Grupo A)- que el regulador considera en la evaluación de la Calidad de Servicio/Producto: 1) Frecuencia de Fallas (FF) vinculado al Índice SAIFI; 2) Duración de las Fallas (DF) vinculado a SAIDI; 3) Frecuencia de Fallas Transitorias (FFT) vinculado a MAIFI; 4) Producto Técnico Voltaje (PTV); 5) Reclamos por Fallas (RF). Las hipótesis a comprobar en las relaciones estructurales, son que los 5 Factores Independientes son formativos del Factor Dependiente CSP.

Para los indicadores la bondad de ajuste de ambos Modelos Estructurales analizados, se han seguido las referencias: Anderson y Gerbing (1988), Aldás y Uriel (2017), Bagozzi y Yi (1998), Fornell y Larcker (1981), Sarabia Sánchez (2013) y Wheaton *et. al.* (1977). Se utilizó el software STATA® 16. Se reportan los resultados para ambos Modelos Estructurales (2) y 4 así como sus Esquemas.

2.1. Modelos Evaluados

Las hipótesis de causalidad planteadas como relaciones estructurales entre los Factores Independientes FF, DF, FFT y PVT como formativos del Factor CSP, son razonables en términos de la Validación de Contenido que proporciona la regulación de la confiabilidad en todos los países que, desde hace más de cuatro décadas, han adscrito a la Reforma Eléctrica. Sin embargo, se incluye en el modelo un quinto Factor Independiente, no controlado regulatoriamente y que, en consecuencia, las empresas que explotan un SDEE han desatendido cada vez más, hasta el punto de ignorarlo: la Respuesta (por parte de la empresa incumbente) ante Reclamos de los Usuarios por Fallas (RF). Es esta hipótesis, como relación de causalidad en la formación del Constructo CSP, RF → CSP, la que tiene particular interés en el presente trabajo. Los resultados se reportan en las Tablas 1 y 2.

Hipótesis (Relaciones Estructurales)	β estandarizado	z-valor	Contraste
H1: Frecuencia de Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,373	12,950***	Aceptada
H2: Duración de Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,503	16,010***	Aceptada
H3: Respuesta ante Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,501	14,580***	Aceptada
H4: Frecuencia de Fallas Transitorias Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,212	7,550***	Aceptada
H5: Producto Voltaje Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,350	12,770***	Aceptada
Indicadores Robustos de Bondad de Ajuste: S-B χ^2 (237 df) = 664,136 ($p=0,000$); S-B CFI = 0,975; S-B TLI = 0,971; S-B χ^2/df = 2,802; SRMR=0,016; RMSEA = 0,066 (0,060 0,072) (90% CI)			
Comentarios: S-B χ^2 = χ^2 Satorra-Bentler; df = Grados de Libertad; S-B CFI = Comparative Fit Index; S-B TLI = Tucker-Lewis Index; S-B χ^2/df = S-B χ^2 ratio de Wheaton <i>et al.</i> , (1977); SRMR = Standardized Root Mean Residual RMSEA = Root Mean Square of Approximation; CI = Confidence Interval; *** = $p < 0,01$			

Tabla 1. MODELO 2: Modelo Estructural - Relaciones y Resultados

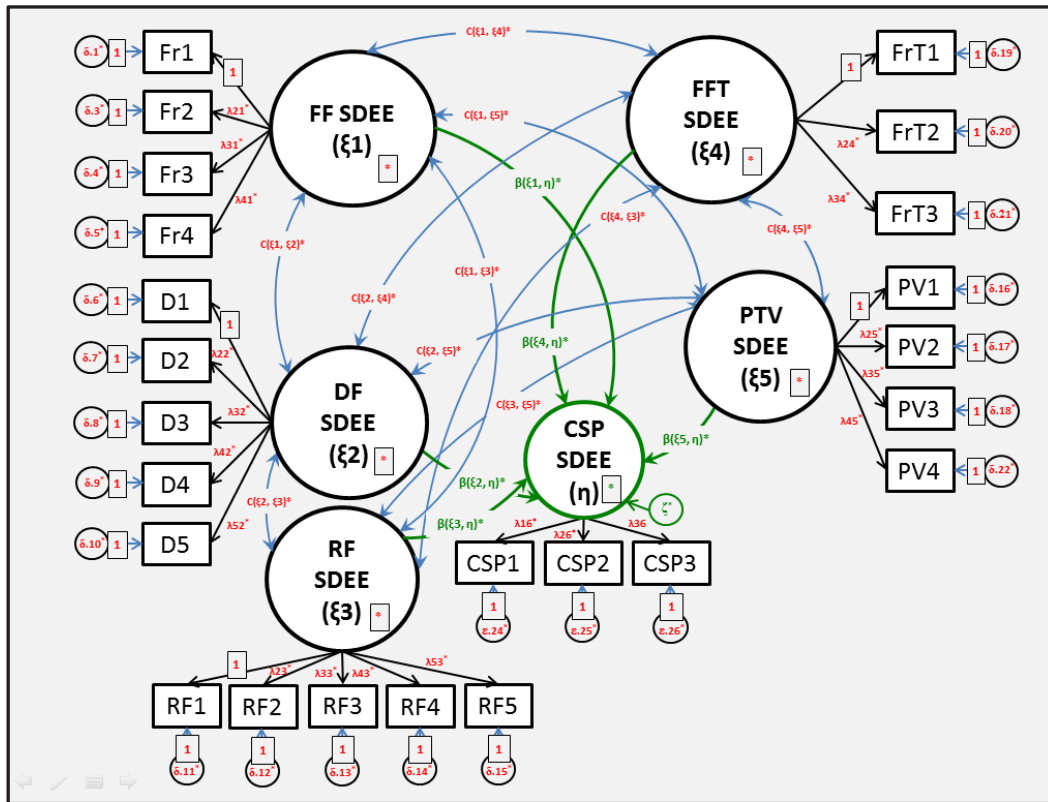


Figura 1. Esquema del Modelo (2) Estructural: Especificación, Restricciones y Parámetros a Estimar

Hipótesis (Relaciones Estructurales)	β estandarizado	z-valor	Contraste
H1: Frecuencia de Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,375	12,830***	Aceptada
H2: Duración de Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,507	16,170***	Aceptada
H3: Respuesta ante Fallas Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,503	14,570***	Aceptada
H4: Frecuencia de Fallas Transitorias Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,209	7,230***	Aceptada
H5: Producto Voltaje Subsistema → Calidad de Servicio Producto	0,347	12,570***	Aceptada
Indicadores Robustos de Bondad de Ajuste; S-B χ^2 (194 df) = 261,594 ($p=0,000$); S-B CFI = 0,995; S-B TLI = 0,994; S-B χ^2/df = 1,348; SRMR=0,016; RMSEA = 0,029 (0,019 0,038) (90% CI)			
Comentarios: S-B χ^2 = χ^2 Satorra-Bentler; df = Grados de Libertad; S-B CFI = Comparative Fit Index; S-B TLI = Tucker-Lewis Index; S-B χ^2/df = S-B χ^2 ratio de Wheaton et al., (1977); SRMR = Standarized Root Mean Residual RMSEA = Root Mean Square of Approximation; CI = Confidence Interval; *** = $p < 0,01$			

Tabla 2: MODELO 4: Modelo Estructural: Relaciones y Resultados

Se observa que ambos modelos tienen un buen ajuste, confirmando las hipótesis planteadas en la formación de CSP. Particularmente confirmando la hipótesis H3, de particular interés en este trabajo, con un valor de β en ambos Modelos tan elevado

como el de la hipótesis H2, cuestión que era intuitiva. Por otro lado, el Modelo 4 exhibe una bondad en su ajuste mucho mejor que el Modelo 2.

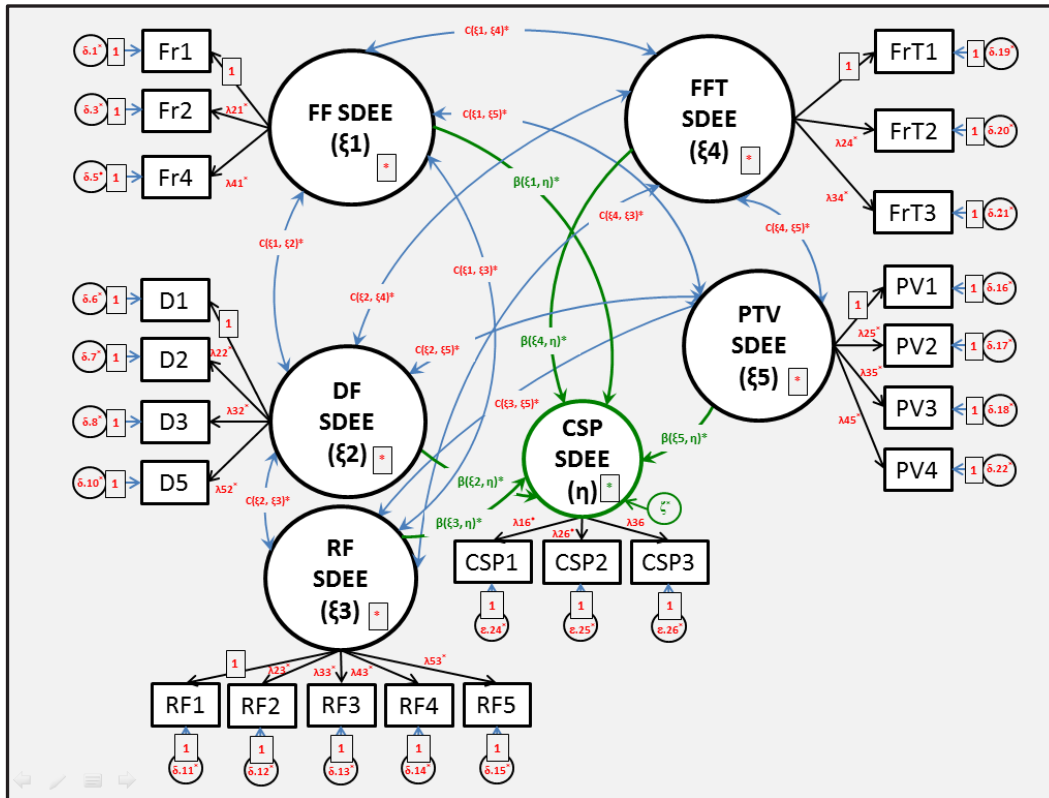


Figura 2: Esquema del Modelo (4) Estructural: Especificación, Restricciones y Parámetros a Estimar

2.2. Formulario de la Encuesta realizada. Identificación de los Ítems de cada Factor

Resulta pertinente observar cuáles son los ítems en los que se ve reflejado cada Constructo de los Modelos evaluados. Para ello, en la Figura 3 se presenta la planilla utilizada a los efectos de tomar la muestra de datos. Como se observa, el Constructo FF tiene 4 ítems (Fr1, Fr2, Fr3 y Fr4), DF tiene 5 ítems (D1, D2, D3, D4 y D5), RF tiene 5 ítems (RF1, RF2, RF3, RF4 y RF5), PVT tiene 4 ítems (PV1, PV2, PV3 y PV4), FFT tiene 3 ítems (FrT1, FrT2 y FrT3), el Constructo eliminado FFG tiene 2 ítems (FrG1 y FrG2) y el Constructo CPS tiene 3 ítem (CSP1, CSP2 y CSP3). Puede observarse desde qué preguntas han sido medidos. Adicionalmente, como se explicó en la Parte 1, la eliminación de los ítems Fr3 y D4 para definir el Modelo (4), tiene sentido puesto que Fr3 relaciona FF con el efecto del viento y D4 relaciona D4 con las nevadas copiosas. Estos efectos son de evidente impacto en el Constructo respectivo, para el Subsistema desde donde se obtuvo la muestra, pero no lo son, dentro del mismo ejido de Bariloche, para un Subsistema, emplazado geográficamente en el extremo Este (en analizado está emplazado en el Oeste, donde nieva más y hay más viento). De modo que dejando sólo los ítems Fr1 y D1, respectivamente, se obtienen respuestas más generales en cuanto al impacto sobre FF y DF, resultando el Modelo (4) el más apto para cualquier Subsistema a analizar en términos de la medición pretendida.



Fr1	Considera que los Cortes Imprevistos en el servicio de energía eléctrica son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
Fr3	Los Cortes Imprevistos en días muy ventosos son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
Fr4	Los Cortes Imprevistos en días de nevadas copiosas son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
Fr5	Los Cortes Imprevistos en época de turismo -alta- son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
D1	La duración (horas) de los Cortes Imprevistos es:	
	1 Muy baja	7 Muy alta
D2	La duración (horas) de los Cortes Imprevistos sólo en su barrio es:	
	1 Muy baja	7 Muy alta
D3	La duración (horas) de los Cortes Imprevistos en días muy ventosos es:	
	1 Muy baja	7 Muy alta
D4	La duración (horas) de los Cortes Imprevistos en días de nevadas copiosas es:	
	1 Muy baja	7 Muy alta
D5	La duración (horas) de los Cortes Imprevistos en época de turismo -alta- es:	
	1 Muy baja	7 Muy alta
RF1	Se considera bien atendido cuando reclama ante un Corte Imprevisto?	
	1 Muy Bien Atendido	7 Muy Mal Atendido
RF2	Para reclamar ante un Corte Imprevisto debe esperar:	
	1 Muy Poco Tiempo	7 Demasiado Tiempo
RF3	Si vuelve reclamar ante un Corte Imprevisto el trato que recibe es:	
	1 Muy Bueno	7 Muy Malo
RF4	Cuando reclama ante un Corte Imprevisto, le explican sobre la falla?	
	1	7 Nunca
RF5	Ha firmado el Libro Rubricado de Quejas para llegar al Ente Regulador?	
	1 Nunca	7 Siempre
PV1	Cómo percibe la Tensión o Voltaje de suministro?	
	1 Muy Buena	7 Muy Mala
PV2	Las variaciones bruscas y transitorias del Voltaje de Suministro son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
PV3	Al reclamar y resolverse los problemas en el Voltaje, la frecuencia con la cual ocurren al poco tiempo es:	
	1 Muy baja	7 Muy Alta
FrT1	Considera que los Cortes Imprevistos Transitorios en el servicio de energía eléctrica son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
FrT2	Al reclamar y resolverse los problemas de Cortes Transitorios, la frecuencia con la cual ocurren al poco tiempo es:	
	1 Muy baja	7 Muy Alta
FrT3	Al reclamar problemas de Cortes Transitorios, le explican el origen del problema?	
	1 Siempre	7 Nunca
PV4	Ha sufrido la pérdida de equipos electrodomésticos por problemas en el suministro de energía eléctrica?	
	1 Nunca	7 Siempre
CSP1	Su percepción del Servicio que la Empresa Distribuidora presta es:	
	1 Muy Buena	7 Pésima
CSP2	Preferiría que la Empresa Provincial de Energía y no la Cooperativa se haga cargo del Servicio de Distribución Eléctrica?	
	1 Nunca	7 Siempre
CSP3	Considera que la relación entre el Costo de la Energía que paga y la Calidad de Servicio y Producto Técnico es:	
	1 Muy Satisfactora	7 Para Nada Satisfactoria
FrG1	Considera que los Cortes Imprevistos Generales en el servicio de energía eléctrica son:	
	1 Muy Poco Frecuentes	7 Muy Frecuentes
FrG2	Cuando reclama ante un Corte General, le explican sobre la falla?	
	1 Mucha veces	7 Nunca

Figura 3: Formulario de la Encuesta – Ítems de cada Constructo



3. CONCLUSIONES

Más allá de todo lo dicho, se tienen las siguientes conclusiones de relevancia sobre el presente trabajo:

1ra) Si bien existen en la literatura Modelos de Ecuaciones Estructurales para medir la satisfacción del cliente relativa a un servicio general (caso del conocido SERVQUAL), una adaptación de los mismos para la finalidad pretendida en este trabajo, resulta muy dificultosa (sino, imposible, pues se terminaría modificando la esencia del Modelo general). SERVQUAL, por caso, si bien incluye un funcional de campo en el cual podrían encuadrarse los aspectos de confiabilidad aquí considerados, resultó, para quien suscribe, imposible de adaptar para esta medición específica de la CSP en SDEE BT;

2da) La intención que inspiró el desarrollo de este Modelo, es que no sea aplicado a nivel global del SDEE que opera una empresa distribuidora, sino por Subsistemas claramente diferenciados por sus características técnicas (típicos constructivos), microclimas diferentes, topologías (zonas de planicie, boscosas, montañosas, etc.) diferentes y densidades de usuarios (nro de clientes/km²) sensiblemente distintas (urbana, sub-urbana, rural, por caso);

3ra) Por último, puede indagarse si el Modelo es generalizable a SDEE BT que operen con parámetros técnicos similares. En opinión del autor es posible, diseñando un instrumento para captar los datos que componen la muestra, respetando lo dicho en el punto 2do. Al no observarse en la literatura especializada un Modelo como el aquí (y en la Parte 1) presentado, puede resultar un aporte significativo.

4. REFERENCIAS

ALDÁS, J. y URIEL, E. (2017): *Análisis Multivariante Aplicado con R*. 2da Edición. Paraninfo.

ANDERSON, J. C., GERBING, D. W. (1988): "Structural Equation Modeling in Practice: A review and recommended Two-Step Approach". *Psychological Bulletin*, 103(3), pp.411–423.

BAGOZZI, R.P. y YI, Y. (1998): "On the Evaluation of Structural Equation Models". *JAMS* 16, pp. 74–94.

FORNELL, C. y LARCKER, D. F. (1981): "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error". *Journal of Marketing Research*, 18(1), pp. 39–50.

IEEE (2003): "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices". STD 1366TM.

KAISER H. (1974): "An Index of Factorial Simplicity". *Psychometrika*, Vol. 39, pp. 31–36.

LEY 24065 - InfoLeg - Información Legislativa (1992): sitio WEB.

SARABIA SÁNCHEZ, F. J. (2013): *Métodos de Investigación Social y de la Empresa*. Ediciones Pirámide.

WHEATON, B., MUTHEN, B., ALWIN, D. F. y SUMMERS, G. (1977): "Assessing Reliability and Stability in Panel Models". *Sociological Methodology*, 8 (1), pp. 84-136.



IDENTIFICAÇÃO DA MELHOR OPÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA TREINAMENTO BÁSICO DE PILOTOS COM O USO DO *STRATEGIC CHOICE APPROACH* (SCA)

EMMANUEL A. MACHADO – BRUNO R. TEIXEIRA – THIAGO F. MACEDO – LUIZ CARLOS S. GÓES
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
earmach@gmail.com - roquebrt@gmail.com - tfmacedo@gmail.com - goes@ita.br

RESUMO

O simulador de voo para treinamento de pilotos, possibilita nova forma de aprendizado e reduz o tempo de adaptação dos pilotos à aeronave. Com o avanço da tecnologia, os simuladores atingiram um nível de realismo muito próximo ao das aeronaves que representam, com segurança e objetividade no treinamento. Neste contexto, este trabalho estuda as formas de utilização e quais os modelos de simuladores de voo que apresentam a real possibilidade de trazer segurança e resultados operacionais satisfatórios durante a formação de um piloto. Para resolver este problema, este trabalho utilizou a metodologia SCA (*Strategic Choice Approach*) para entender as áreas de decisão envolvidas no problema e as suas opções de decisão, gerando possíveis alternativas para atender a necessidade de formação básica.

Palavras-Chave: INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT – SIMULADORES – TREINAMENTO – SCA

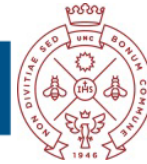
ABSTRACT

The flight simulator for pilot training enables a new way of learning and reduces the pilots' adaptation time to the aircraft. With the advancement of technology, simulators have reached a level of realism very close to the aircraft they represent, with safety and objective training. In this context, this work studies the ways of using and which models of flight simulators have the real possibility of bringing safety and satisfactory operational results during the training of a pilot. To solve this problem, this work used the SCA (*Strategic Choice Approach*) methodology to understand the decision areas involved in the problem and their decision options, generating possible alternatives to meet the need for basic training.

Keywords: SOFT OPERATIONS RESEARCH – SIMULATORS – TRAINING – SCA

1. INTRODUÇÃO

Na formação de um piloto duas áreas se destacam, a sua parte teórica e a prática. A primeira, formação teórica, diz respeito ao estudo em sala de aula para adquirir os conhecimentos necessários da atividade aérea, como a meteorologia, aerodinâmica, teoria do voo, navegação, características das aeronaves, entre outras. Na segunda, a formação prática, o piloto aplica todos os conhecimentos juntamente com a operação da aeronave, adquirindo um condicionamento psicomotor. Este treinamento em aeronaves, com a finalidade de formação básica ou aperfeiçoamento, utiliza muitas horas de voo por piloto e possui riscos operacionais, em função dos tipos de manobras executadas, como o treinamento de emergências. É neste contexto que



o uso de equipamentos como simuladores de voo traz segurança, aprendizado e economia.

Criado e inaugurado em 1910, o primeiro simulador conhecido foi o Barril de aprendizado de Antoinette, possibilitando uma nova forma de aprendizado e transformando o futuro dos simuladores de voo (Panassol Júnior & Garcia, 2020). Os modelos atuais possuem características dinâmicas que trazem à tripulação uma sensação de voo mais próxima da aeronave real. Tal atributo é importante para o correto treinamento dos pilotos, fazendo com que as respostas psicomotoras obtidas no treinamento sejam as mais reais possíveis (Da Costa Covilhã, 2008).

É neste contexto que o uso de simuladores de voo profissionais tem aumentado. Os pilotos das Forças Armadas têm como requisito primordial a realização constante de treinamentos de manobras e procedimentos de voo. De acordo com Ferreira (2019), o treinamento de técnicas e procedimentos de pilotagem, gerenciamento de cabine e tripulação podem ser perfeitamente executados em um ambiente virtual. O uso de simuladores de voo possui custos mais baixos e permite uma maior repetição de procedimentos, além de melhoria da qualidade do ensino sem apresentar riscos à segurança pessoal e do material, intrínsecos ao voo real.

Pensando no contínuo aprimoramento das formas de aprendizagem e treinamento, as Forças Armadas têm buscado estudar e quantificar a viabilidade do uso desses meios de instrução. Para isso, é imprescindível saber qual tipo de simulador de voo pode ser mais útil na formação básica. Com base nas regulamentações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a qualificação de Dispositivos de Treinamento Simuladores de Voo (FSTD – *Flight Simulator Training Devices*) tem o objetivo de verificar suas características de desempenho e realismo, bem como classificá-los nas diversas categorias existentes.

Este trabalho tem como finalidade analisar e identificar a melhor alternativa de simulador de voo e a sua forma de utilização para o treinamento básico de pilotos. Para isso, foram selecionados os dispositivos de simulação mais realistas, os FTD (*Flight Training Device*) níveis 6 e 7, e o FFS (*Full Flight Simulator*), de acordo com a norma FAA FAR (*Federal Aviation Administration - Federal Aviation Regulation*) Part 60. O emprego da metodologia *Strategic Choice Approach* (SCA) foi realizado, garantindo uma análise baseada em uma metodologia já solidificada cientificamente.

2. METODOLOGIA

O SCA é uma metodologia, desenvolvida por Friend e Hickling (2005), voltada para o auxílio de tomadores de decisão com processos que envolvam altos níveis de incerteza quanto a aspectos da situação em estudo. O SCA lida com as incertezas de forma estratégica, baseando-se em *workshops* nos quais são definidas as áreas de decisão, ou seja, os diversos aspectos de um problema, e suas interconexões.

Como descrito em (Friend & Hickling, 2005) e (Vidal, 2010), o SCA possui uma divisão metodológica baseada em quatro modos:

- a. *Modelagem (Shaping mode)*: Onde o foco do problema é definido. Neste modo, os gestores debatem sobre a estruturação do conjunto de problemas que estão enfrentando. Problemas mais complexos podem ser divididos em subproblemas, e outros podem ser fundidos. São definidas as áreas de decisão dos problemas, suas ligações e prioridades;
- b. *Design (Designing mode)*: As áreas de decisão são analisadas em termos dos possíveis cursos de ação (opções de decisão) e restrições que possam existir, de natureza técnica ou política. Nas análises são englobadas, também, como a escolha por uma determinada ação afeta as opções de outras questões;



- c. Comparação (*Comparing mode*): São definidos critérios para avaliação e a comparação das opções de decisão;
- d. Escolha (*Choosing mode*): As opções são analisadas e escolhidas. Para as combinações de opções de decisão que pareçam mais promissoras, faz-se uma análise das incertezas que ainda permaneçam, e como lidar com elas. As decisões são abordadas com ações presentes e futuras.

O processo de aplicação do SCA é cíclico, com os modos interligados. Vidal (2010) cita que a estrutura em forma de passo a passo, como apresentado, pode ser alterada de acordo com as circunstâncias da situação problemática a ser resolvida.

Para a realização deste trabalho, inicialmente foram efetuadas entrevistas com pilotos operacionais e instrutores de voo. A partir das respostas colhidas foi possível identificar os problemas enfrentados para a tomada de decisão e fazer a união dos pontos de vistas em áreas de decisão.

Os detalhes de cada modelo de simulador foram obtidos e as dúvidas, para as sequências de análises, foram esclarecidas pelos especialistas na área. Com todos os dados colhidos, a aplicação do SCA foi possível.

3. RESULTADOS DO SCA

O modo de modelagem foi dedicado ao entendimento da situação problemática e do cenário em si com maior riqueza de detalhes para identificar as áreas de decisão envolvidas na aplicação. A Tabela 1 apresenta as áreas de decisão selecionadas.

Áreas de decisão	Rótulos
Quais os impactos econômicos?	Rec_Financeiros?
Quais os tipos de voo que impactam na segurança de voo?	Seg_Voo?
Quais os níveis de representatividade dos simuladores em relação a aeronave real?	Fidelidade?

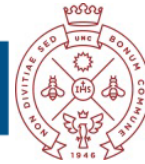
Tabela 1 – Determinação das áreas de decisão. Fonte: Autores.

Uma análise preliminar das áreas de decisão mostra que o nível de representatividade desejado (Fidelidade?) está diretamente relacionado com a segurança de voo (Seg_Voo?) e com a necessidade de recursos financeiros (Rec_Financeiros?).

No modo de Design foram delineadas opções para cada área de decisão. O esquema de opções, ilustrado na Figura 1, mostra as alternativas elencadas com a combinação das diferentes possibilidades.

Em seguida foram criadas 3 áreas de comparação: Contribuição na formação do piloto; Custo financeiro; e Tempo de implementação, conforme apresentado na Tabela 2. Para cada uma das alternativas, levantadas no modo anterior, foram estipulados pesos para as áreas de comparação. Os pesos possuíam uma escala de 1 a 5, sendo o grau 1 o de pior avaliação (menor contribuição, maior custo e maior tempo de implementação). O grau zero pode ser utilizado para informar que o critério não é aplicado àquela alternativa.

Os valores finais de cada área de comparação das alternativas elencadas foram calculados pelo cômputo de suas médias, para cada opção de decisão. Por exemplo: a alternativa “A” representa um treinamento exclusivo no simulador, com uso de um FFS e com aquisição de simuladores. Baseando-se na coluna “Contribuição” da Tabela 2, o critério de contribuição para a formação do piloto para “A”, foi calculado



como $(1+5+0)/3 = 2$. Os resultados de cada alternativa e suas áreas de comparação estão apresentados na Tabela 3.

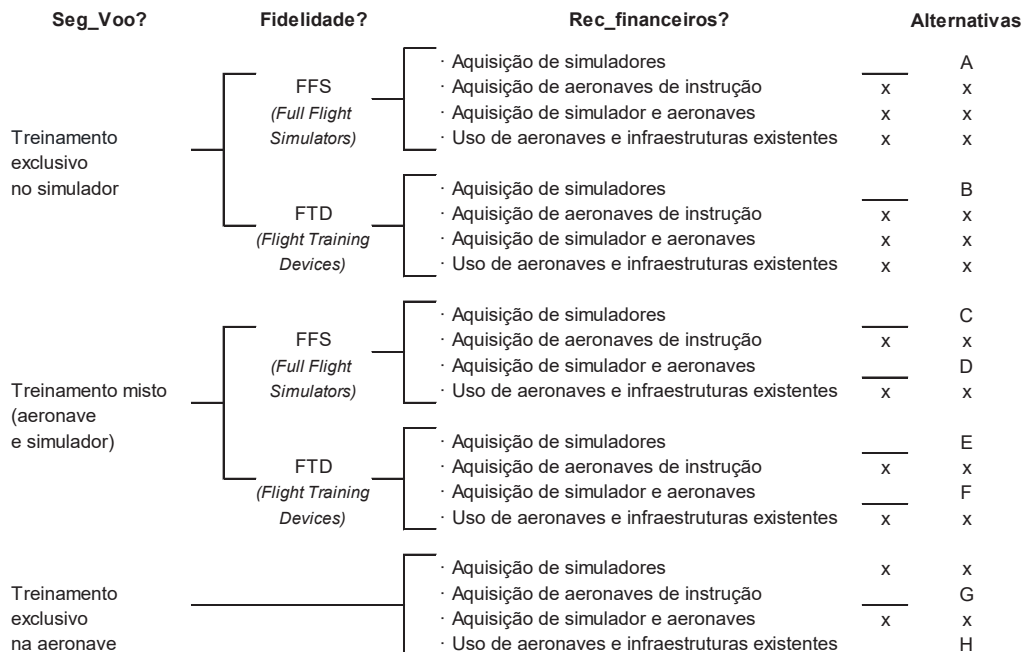


Figura 1 - Esquema de alternativas propostas. Fonte: Autores.

Opções de decisão	Contribuição	Custo	Implementação
Aquisição de simuladores	0	4	4
Aquisição de aeronaves de instrução	0	2	3
Aquisição de simulador e aeronaves	0	1	2
Uso de aeronaves e infraestruturas existentes	0	5	5
Treinamento exclusivo no simulador de voo	1	5	1
Treinamento misto (aeronave real e simulador)	5	1	5
Treinamento exclusivo na aeronave	3	3	3
Full Flight Simulator (FFS)	5	2	4
Flight Training Device (FTD)	4	4	2

Tabela 2 – Classificação das opções com base nos pesos. Fonte: Autores.

No modo de Escolha foi utilizado um critério de pontuações mínimas para reduzir as oito opções viáveis (A a H) elencadas no modo *Design*. Pelo sistema de pesos apresentado, quanto menor o valor, pior a avaliação do item. Sendo assim, as pontuações mínimas exigidas foram:

- Contribuição: 3
- Custo: 2
- Implementação: 3,5

Aplicando esse critério nos resultados apresentados na Tabela 3, restaram 2 alternativas (C e E).

Dentre as 2 restantes, foi selecionada aquela que possuía o maior valor para a contribuição na formação do piloto. Dessa forma, como apoio ao processo de decisão, a alternativa “C” foi a escolhida como aquela que possui o melhor fator de contribuição, aliando os critérios de custo e tempo de implementação.



Alternativas	Contribuição	Custo	Implementação
A	2.00	3.67	3.00
B	1.67	4.33	2.33
C	3.33	2.33	4.33
D	3.33	1.33	3.67
E	3.00	3.00	3.67
F	3.00	2.00	3.00
G	1.50	2.50	3.00
H	1.50	4.00	4.00

Tabela 3 - Apresentação dos valores finais de cada alternativa

Além disso, com base na escolha da alternativa “C”, foi confeccionada a Tabela 4, que apresenta uma análise das incertezas que ainda permanecem e como lidar com cada uma.

Gerenciamento de incertezas				
Presente		Futuro		
Decisão (Executar)	Incerteza (Explorar)	Decisão (Intenção)	Incerteza (Intenção)	Opção
Realizar treinamento misto (aeronave e simulador)	Aumento da quantidade de instrutores de voo	Definir sobre os horários e exclusividade dos instrutores	Possibilidade dos instrutores permanentes não assumirem funções administrativas	Solicitar a classificação de mais instrutores Utilizar eventuais instrutores de outras unidades aéreas.
Utilizar um <i>Full Flight Simulator</i> (FFS)	Aumento de risco com envelhecimento	Planejar o ciclo de vida do equipamento	Variações cambiais	Utilizar o dólar como moeda de planejamento
Realizar a aquisição de simuladores	Modernização do equipamento em acompanhamento com a aeronave	Realizar o planejamento do ciclo de vida do simulador em paralelo com o da aeronave	Variações cambiais Alteração do modelo de aeronave da frota	Utilizar o dólar como moeda de planejamento Realizar estudos em paralelo com o modelo de aeronave da frota

Tabela 4 - Análise de cenários futuros e incertezas. Fonte: Autores.

4. DISCUSSÕES

Durante o estudo de situação, além de chegar a uma possível decisão de qual equipamento escolher para utilizar com os pilotos básicos, foi possível perceber a dinâmica do processo SCA. Essa dinâmica ficou clara na maneira como os diversos modos estão interligados. Por exemplo, inicialmente, foram levantadas mais áreas de decisão e suas respectivas opções de decisão. Porém, ainda no modo de *Design*, os autores perceberam a necessidade de reavaliar o modo anterior, unindo pontos de vistas em áreas de decisão. Assim, foi entendido que, pela característica cíclica do método, a chance de cometer erros de planejamento é diminuída.

Quanto ao tipo de equipamento escolhido para instrução e treinamento dos pilotos, a estratégia com maior pontuação, e com maior retorno para os instruídos, foi a de alternativa C. Essa alternativa ficou caracterizada pelo treinamento conjunto entre aeronave real e o uso de simuladores de voo do tipo FFS. Pesquisas de Ferreira (2019), mostram que o uso deste modelo de simuladores durante o curso de formação de piloto reduz o tempo geral da formação e a necessidade de maiores quantidades de horas de voo em uma aeronave real. Ou seja, o piloto aluno atinge os níveis exigidos de suficiência de forma mais rápida e com menor custo.

A segunda alternativa, pelo critério de máxima quantidade de pontos, foi a alternativa E. Nesta, o tipo de simulador utilizado seria o FTD, com boas características de realismo, porém sem movimento da cabine. Como o objetivo do estudo era para a formação básica, o movimento era um critério importante para



percepção das respostas da aeronave. Caso o estudo fosse para os treinamentos mais avançados (manobras, voo por instrumento, operação de sistemas e outros), com pilotos já formados e com experiência, a alternativa com FTD teria sido escolhida.

A opção de realizar a formação do piloto de forma conjunta, aeronave real e simulador, foi comparada com as alternativas de formação somente no simulador e formação somente na aeronave. A primeira, formação somente no simulador, possui enormes desvantagens, sendo a mais crítica a falta de realismo do simulador, por melhor que ele seja. Essa opção pode acarretar a obtenção de reflexos e respostas erradas por parte dos pilotos. Já a segunda opção, tem como desvantagens o maior custo com aeronaves reais e, também, uma menor disponibilidade de voo, por depender de condições meteorológicas, aumentando o tempo médio de formação.

Uma possibilidade futura, caso houvesse interesse, recursos e demanda, seria o estudo de viabilidade de possuir simuladores tipo FFS e FTD, para abranger as necessidades da formação dos pilotos, bem como da manutenção operacional daqueles já formados.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar e identificar a melhor alternativa de simulador de voo e a forma de utilização para o treinamento básico de pilotos, por meio da aplicação do SCA.

Seguindo os modos do processo SCA foi possível chegar a uma possível alternativa para o problema. A alternativa escolhida foi a de utilizar o simulador tipo FFS em conjunto com a aeronave real pelos motivos de obter redução no tempo de formação e nos custos totais, visando manter a obtenção das respostas psicomotoras corretas, com o uso de uma aeronave real, para os pilotos da fase básica.

Atualmente, as Forças Armadas têm projetos de aquisição de novos simuladores. O trabalho contribui no direcionamento dos modelos de simulador a serem adquiridos e na forma de empregá-los na formação básica.

Novos estudos deverão ser realizados para verificar a utilização dos modelos elencados na manutenção e elevação operacional dos pilotos já formados, de forma a retificar ou ratificar os modelos de simulador a serem adquiridos.

6. REFERÊNCIAS

DA COSTA COVILHÃ J. A. M. (2008): “A importância dos simuladores na formação de pilotos e CTA's e seu impacto na segurança de voo”. <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/3636>

FERREIRA E. A. (2019): “A importância da utilização dos simuladores virtuais na constante melhoria dos processos de treinamento dos tripulantes de Helicóptero da Aviação do Exército Brasileiro”. Escola de Formação Complementar do Exército. <http://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/4461>

FRIEND J., HICKLING A. (2005): *Planning under pressure: The strategic choice approach. Third edition.* Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080480053>

PANASSOL JÚNIOR J. C., GARCIA C. M. (2020): “Voo de instrução: Importância do uso de simulador de voo para a formação de piloto”. RBAC&CiA.

VIDAL R. V. V. (2010): “Soft OR approaches”. *Engevista*, 7(1). <https://doi.org/10.22409/engevista.v7i1.153>



BUILDING INNOVATIVE AND DISRUPTIVE TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES FOR THE SUSTAINABLE USE OF THE AMAZON RAINFOREST THROUGH PROBLEM-STRUCTURING METHODS

Amanda N. Ribeiro¹ – Raizza Miranda² – Solange Garcia³ – Tereza C. M. B. Carvalho³ – Ismael Nobre⁴ – Mischel Carmen N. Belderrain¹ – Wilson C. Souza Junior¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

²Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

³Universidade de São Paulo – USP

⁴Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

amanda.ribeiro805@gmail.com - raizza.miranda@gmail.com - solangegarcia@fearp.usp.br - terezacarvalho@usp.br - nobreismael@gmail.com - carmen@ita.br - wilson.cabral.ita@gmail.com

ABSTRACT

The goal of this work is the structuring of objectives and the definition of sustainable-development alternatives in the Amazon Forest. The VFT (Value-Focused Thinking) and VFB (Value-Focused Brainstorming) methods were applied. The Amazon 4.0 Project was adopted as a case study. The project aims at the sustainable use of the forest's biodiversity, using innovative and disruptive technologies. The strategic objective identified was the promotion of the valuing of the standing forest. This is pursued through four fundamental objectives: adding value to products, creating means for industrialization, developing local economy with added-value products and empower communities. Among the sustainable-development alternatives, the following were highlighted: local bio-industries, competitive, differentiated, and certified products, disruptive technologies in logistics and marketing, and educational partnerships.

Keywords: SOFT OPERATIONAL RESEARCH - AMAZON FOREST - BIOECONOMY - VALUE-FOCUSED THINKING (VFT) - VALUE-FOCUSED BRAINSTORMING (VFB).

1. INTRODUCTION

The Amazon has an indispensable role in regulating natural cycles that transcends its regional limits, reaching global importance. However, despite such importance, it has been suffering pressures that threaten and compromise the existing dynamics, potentially reaching a no return breaking point, with permanent adverse consequences (Nobre, Sampaio, & Salazar, 2007). In a context of climate change and high pressure on planetary boundaries (Steffen et al., 2015; Rockström et al., 2009), the use of tropical forest resources linked to their conservation becomes a fundamental step towards building a sustainable future. Given this reality, it is important to understand and structure the challenges and barriers for the construction and implementation of sustainable actions in the Amazon.

With weak governance, the Amazon suffers from ambiguities over property rights that culminate in an unplanned expansion of grazing and agriculture (Margulis, 2003). Nobre and Nobre (2020) point out that the "Amazon sustainability" policy currently applied, despite appearing to be aligned with global trends, has not detached itself from the old vision of extraction, exploitation, and occupation, promoted by the military government in the 1960s (Peixoto, 2009).

A new possibility of economic development, socially inclusive and compatible with ecosystem conservation emerges through innovative and disruptive technologies. Bencke et al. (2018) addresses that developing countries have great potential for innovation in disruptive technologies. This scenario allows promoting simple and accessible solutions, causing a rupture in the models and patterns already established. In agreement, Nobre and Nobre (2020) defend an economic development path for Brazil, through the bioeconomy linked to the principles of the fourth industrial revolution. The



bioeconomy proposes an economic model based on harnessing biological resources with advanced technologies (EMBRAPA, 2021); and the fourth industrial revolution, or industry 4.0, is based on the development of a set of digital-based technologies (Vermulm, 2019). As result, they offer opportunities for developing high value-added products generated by automated bioindustries.

However, planning, and structuring production chains in the Amazon region, using the concepts of bioeconomy and Industry 4.0, is not trivial. Since it involves the integration of environmental, social, and economic spheres, together with technological innovation, the problem's boundaries are not clear. The context includes multiple actors with different interests and perspectives, on top of the Amazon's cultural diversity. Furthermore, the region presents logistical challenges in the outflow of raw materials and products, as well as a lack of electricity and internet connection. The situation constitutes a so-called wicked problem (Rittel and Webber, 1973) – an unstructured problem (Mingers and Rosenhead, 2004). PSMs (Problem Structuring Methods) provide tools to approach and structure problem-situations such as the one described.

In this context, this work aims to apply PSMs to identify viable alternatives to reach a sustainable economic model with high added value products in the Amazon. To this end, the Amazon 4.0 Project was adopted as a case study. The project, conceived by Ismael Nobre and Carlos Nobre, proposes a new development paradigm for the Amazon. It aims to explore the potentialities of the Amazon with solutions that emerge from the fourth industrial revolution. The project has as its main pillar the use of standing forest, through local and diversified industries (Nobre & Nobre, 2020). Among the range of innovations proposed by the project are the Creative Lab and the Rainforest Business School. This initiative will enable social development with improved living conditions for forest populations, including indigenous people, caboclos and riverbank dwellers.

The PSM's adopted for the analysis are Value-Focused Thinking (VFT) and Value-Focused Brainstorming (VFB) (Keeney, 1996; Keeney, 2012). These methods allow a systematic process to structure wicked problems, maintaining high quality standards during the problem structuring work (Ackermann et al., 2014). Decision-making challenges regarding sustainable development goals were previously addressed through the application of these methods (Chavez-Cortés and Maya, 2010; Manninem and Huiskonen, 2019).

2. METHODOLOGY

In this work the Value-Focused Thinking (VFT) and Value-Focused Brainstorming (VFB) methods (Keeney, 1996; Keeney, 2012) were applied as PSM for the structuring of objectives and identification of alternatives in the scope of the Amazon 4.0 Project. Project coordinators were invited to take part in the interviews, and some authors of this article acted as the facilitating team.

2.1. Preparation

The VFT and VFB methods require knowledge of the problem to be structured and its context. With this in mind, the first stage of the methodology consisted of bibliographic research on the Amazon 4.0 Project and interviews to understand the context of the transformation chains of extractive products in the Amazon. The first interview was conducted with the representative of a bank in Rota do Cacau (Cocoa Route). The role of the Cocoa Route is to support and drive actions to enable and organize agricultural production that generates employment and income. The second interview was held with a professional who has experience in facilitating projects for productive activities in communities in the Amazon. The interviews collected information about the values and objectives of the interviewees, as well as their perception of the challenges, difficulties, uncertainties, and alternatives for the various links in the Amazon production chains.



2.2. VFT and VFB

VFT is a method for the structuring of decision-making problems based on the identification of the stakeholders' values and goals. This approach is opposed to AFT Alternative-Focused Thinking, which is a standard decision-making process that considers alternatives first, and then objectives and criteria for evaluating the alternatives (Keeney, 1996). VFT procedures assist in goal structuring, creating alternatives, and identifying decision opportunities. The goal structuring, or objective structuring, aims to distinguish fundamental (final) and means (instrumental) objectives, constraints, and alternatives. In the adoption of VFT as a PSM method, the resolution of problematic situations can be approached by the definition of values, the identification of objectives, the elaboration of the objective hierarchy, the construction of the objectives network, and finally by the action planning. In the action planning stage, the VFB approach (Keeney, 2012) can be integrated with VFT to generate better alternatives.

The VFT and VFB methods were applied in four steps, with four recorded virtual sessions with the Amazon 4.0 project coordinators and virtual meetings between the facilitators. In Step 1, we sought to identify the project's values and objectives. To this end, a semi-structured interview was carried out, divided in two parts. In the first one, the interviewees were asked to make an explanation about their roles in the project, specifically about the experience with Industry 4.0 technologies for sustainability issues. In the second part, the purpose was to distinguish values, objectives, goals, constraints, alternatives, and challenges. To this end, questions were asked based on the table "Techniques to use in identifying objectives" by Keeney (1996, p. 543). After the session, using the top-down approach described by Franco and Montibeller (2010), the facilitators identified the Amazonia 4.0 objectives and categorized them into fundamental and means objectives in the yEd Graph Editor tool.

In Step 2, a first objective validation was sought. For this, initially, some aspects of the WITI (Why is that important?) technique, proposed by Keeney (1996), were introduced to the interviewees. This technique was to serve as a base for the analysis of fundamental and means objectives. After the introduction, the interviewees went through the objective categories in a non-systematic way, presenting inclusions, changes, re-elaborations and exclusions of objectives and the relations between them. The updates were made simultaneously during the meeting with support from the yEd. After the session, the facilitators organized the objectives network, to integrate the interviewees' perspectives.

In Step 3, the objectives-validation process and the brainstorm of alternatives were sought. For this, a third meeting was carried out. The alternatives were unsystematically generated during the interview with the application of the VFB. In Step 4, the final validation of the alternatives was sought. For this, the facilitators organized the objectives with the respective alternatives elicited in previous meetings. In other words, the means objectives were put side by side with the generated alternatives and used as a guide for the brainstorm and elicitation of new potential alternatives. With this, at the fourth meeting, following the procedures of Keeney (2012), more alternatives were generated, and validation was carried out with the interviewee.

3. RESULTS

In this session the results are presented, with the identification of values and objectives and the alternatives visualized for the Amazonia 4.0 Project.

3.1. Values identified

The main guiding values of the Amazon 4.0 project identified throughout the four steps of interviews are: Protection of nature; Protection of the Amazon as one of the most important biomes in the world; Valuing the standing forest; Social inclusion of



riverine/traditional/indigenous/quilombo communities; Fostering a sense of belonging to/from the land.

3.2. Objectives identified

The strategic objective identified for the Amazônia 4.0 project was "Promote the valorization of the standing forest". The other objectives expressed in the interview were classified into fundamental objectives and means objectives. The network of objectives (Figure 1) presents the means (1.1 – 4.3, including 3.1.1 – 3.1.3, 3.2.1, 4.1.1, 4.1.2, 4.2.1, 4.3.1), fundamental (1, 2, 3, and 4) and strategic (green box) objectives.

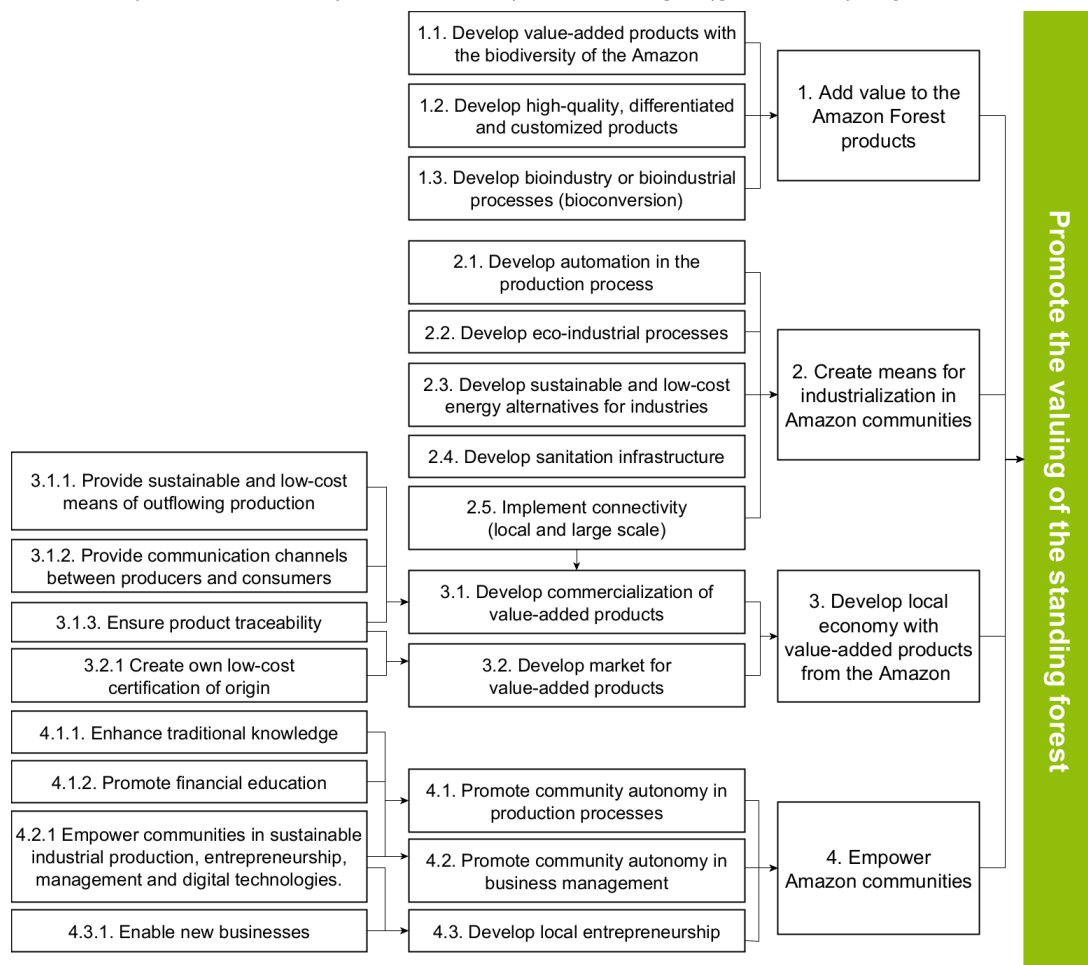
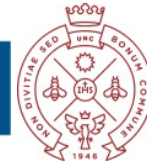


Figure 1 - Network of objectives of the Amazônia 4.0 project

3.3. Alternatives identified and validated

The alternatives elicited by the Amazônia 4.0 coordinators are presented in Table 1. The alternatives are related to the means objectives from Figure 1 that they each address.

ALTERNATIVES	MEANS OBJECTIVES
Establish partnerships with local producers/experts.	1.1; 1.2
Establish partnerships with innovation centers for the development of products (food, cosmetics, pharmaceuticals, among others) derived from Amazonian extractivism (or from Amazonian biodiversity)	1.1; 1.2
Implement mobile creative labs in Amazonian communities.	1.2; 4.2.1
Automated production with final product quality assurance.	1.1; 1.2.



Develop self-sufficient mobile mini bio-factories based on Industry 4.0 principles.	1.3; 2.1
Establish partnerships with innovation centers and centers of excellence in technologies.	1.3; 2.1; 2.2
Partnering with startups to create eco industries based on circular economy principles.	2.2
Developing solar-powered mini plants.	1.3; 2.3
Implementing satellite and radio connection systems.	2.4.
Developing water treatment for productive processes.	1.3; 2.4
Applying sewage collection and treatment.	1.3; 2.4
Apply solid waste collection and treatment.	1.3; 2.4
Developing new air (such as drones) and water (such as hydrogen cell and solar powered boats) modes for transporting products.	3.1.1
Providing e-commerce platforms and applications.	3.1.2
Apply product identification technologies with automatic readers and anti-fraud assurance (such as blockchain technology).	3.1.3
Establishing partnerships with centers of excellence in genomes.	3.1.3
Develop hardware for certification using GPS technologies, biometrics, artificial intelligence, image processing, codes generated in the moment.	3.2.1
Identify the trades of knowledge and disseminate good practices	4.1.1
Establish partnerships with universities and other institutions for the training of managers and operators.	4.2.1
Establish partnerships with universities and other institutions to train entrepreneurs.	4.2.1; 4.3.1
Implement basic technology courses	4.2.1
Implement courses on digital technologies.	4.2.1
Establish partnerships with incubators.	4.3.1
Establish partnerships with universities and other institutions for teaching finance.	4.1.2; 4.2.1

Table 1 - Alternatives envisioned in the Amazônia 4.0 project

4. FINAL CONSIDERATIONS

In the Amazônia 4.0 project, the means for implementing the various links of the production chain with the Amazon communities under the concept of Industry 4.0 and bioeconomy are not considered conventional. For its viability, innovative and/or disruptive alternatives are proposed for new energy sources, greater connectivity, faster and more sustainable means of production outflow, and for access channels between the producer and the consumer. The development of autonomous mobile mini bio-factories emerges as an alternative to enable the transformation 'in loco' of the products of local extractivism.

This is an approach that allows the social and economic inclusion of small communities. The project aims to enable access to a higher income, resulting from the community participation in various links of the production chain. Adding value to the products is placed as a goal that goes beyond industrialization, challenging the creation of new products, with quality, differentiation, certification, and traceability.

The empowerment of the communities goes through the need for training, such as education on digital technologies, industrial processes, entrepreneurship, and financial education. It also considers the preservation and enhancement of traditional knowledge. These aspects contribute to promote the financial autonomy of the communities and reduce their vulnerabilities.

The application of the VFT and VFB methods allowed contributions to the structuring of the problematic situation addressed in the Amazon 4.0 Project, as well as



to the understanding of the existing dynamics between the objectives and the generation of alternatives for the sustainable development of the Amazon.

5. REFERENCES

BENCKE F. F., GILIOLI R. M. & ROYER A. (2017): Inovação disruptiva: uma análise das pesquisas empíricas publicadas no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 5(2), pp. 159-180.

EMBRAPA. Bioeconomia: Sobre o tema. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-bioeconomia/sobre-o-tema>. Acesso em 04/08/2021.

FRANCO L. A. & MONTIBELLER G. (2010): Facilitated modelling in operational research. *European Journal of Operational Research*, 205(3), pp.489-500.

KEENEY R. L. (1996): Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of operational research*, 92(3), pp.537-549.

KEENEY R. L. (2012): Value-focused brainstorming. *Decision Analysis*, 9(4), pp. 303-313.

MARGULIS S. (2003): Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. Banco Mundial, Brasília.

MINGERS J. & ROSENHEAD J. (2004): Problem structuring methods in action. *European journal of operational research*, 152(3), pp.530-554.

NOBRE C. A. & NOBRE I. (2020): The Need of a novel sustainable development paradigm for the Amazon. *Boletim regional, urbano e ambiental*, pp.159-170. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10395/1/brua_22_opinioao_artigo_12.pdf.

NOBRE C. A., SAMPAIO G. & SALAZAR L. (2007): Mudanças climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura*, 59(3), pp.22-27.

PEIXOTO F. (2009): Linha do tempo: Entenda como ocorreu a ocupação da Amazônia. In: BBC Brasil. Acesso em 04/08/2021. https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2009/07/090722_amazonia_timeline_fbdt.

RITTEL H. W. & WEBBER M. M. (1973): Dilemmas in a general theory of planning. *Policy sciences*, 4(2), pp.155-169.

ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON Å., CHAPIN F. S., LAMBIN E. F. & FOLEY J. A. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), pp.472-475.

STEFFEN W., RICHARDSON K., ROCKSTRÖM J., CORNELL S. E., FETZER I., BENNETT E. M. & SÖRLIN S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

VERMULM R. (2019): "Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil". In: ALMEIDA J. S. G. & CAGNIN R. F. (Ed.). *A Indústria do Futuro no Brasil e no Mundo*. São Paulo: IEDI.

CHÁVEZ-CORTÉS M. & MAYA J. A. A. (2010): Identifying and Structuring Values to Guide the Choice of Sustainability Indicators for Tourism Development. *Sustainability*, 2(9), pp. 3074–3099. doi:10.3390/su2093074

MANNINEN K. & HUISKONEN J. (2018): Sustainability Goal Setting with a Value-Focused Thinking Approach. *Sustainable Business Models*, pp.89–118. doi:10.1007/978-3-319-93275-0_4

ACKERMANN F., FRANCO L. A., ROUWETTE E. & WHITE L. (2014): Special issue on problem structuring research and practice. *EURO Journal on Decision Processes*, 2(3-4), pp.165–172. doi:10.1007/s40070-014-0037-6



APORTES DEL ENFOQUE MULTIMETODOLÓGICO A LA GESTIÓN DE PROBLEMÁTICAS DERIVADAS DEL COVID-19. AVANCES PARA UNA INTERVENCIÓN SISTÉMICA EN EL SECTOR TURISMO AÉREO

MELANY SEGARRA - MARINETTI HERNÁN VAN STRAATEN - MARÍA ALEJANDRA CASTELLINI
Universidad de Belgrano, Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática
melany.segarr@comunidad.ub.edu.ar - hernan.vanstraaten@comunidad.ub.edu.ar
alejandra.castellini@comunidad.ub.edu.ar

RESUMEN

En este artículo se reporta el avance de una propuesta de uso combinado de métodos de Investigación Operativa (IO) clásica y Métodos de Estructuración de Problemas (IO *Soft*) en un marco multimetodológico (MM), sobre el esquema de Mingers y Brocklesby (MyB), a fin de estudiar algunos aspectos de la complejidad operativa del sector de turismo aéreo, fuertemente afectado por el contexto de la pandemia COVID-19. Como resultados preliminares, Soft System Methodology (SSM), permitió identificar, participativamente, las principales problemáticas de los involucrados del sector y a partir del modelo de programación lineal mixta, se desarrolló un software que permite tomar decisiones a fin de maximizar la rentabilidad de las agencias de viajes.

Palabras claves: INVESTIGACIÓN OPERATIVA *SOFT* - MULTIMETODOLOGÍAS - OPTIMIZACIÓN - PROGRAMACIÓN LINEAL MIXTA - COVID-19

ABSTRACT

This article reports the progress of a proposal for the combined use of classic Operational Research (IO) methods and Problem Structuring Methods (IO *Soft*) in a multimethodological (MM) framework, on the Mingers and Brocklesby (MyB) scheme, in order to study some aspects of the operational complexity of the air tourism sector, strongly affected by the context of the COVID-19 pandemic. As preliminary results, Soft System Methodology (SSM), allowed to identify, in a participatory manner, the main problems of those involved in the sector and based on the mixed linear programming model, a software was developed that allows decisions to be made in order to maximize the profitability of the agencies travel.

Keywords: *SOFT* OPERATIONAL RESEARCH - MULTIMETHODOLOGIES - OPTIMIZATION - MIXED LINEAR PROGRAMMING - COVID-19

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad se enfrenta cada día a una creciente complejidad y a una constante incertidumbre, ahora incrementada por el Covid-19. Las ciencias organizacionales pueden ayudar a abordar esta situación atendiendo la continua variedad de problemas que se presentan.

En particular, la IO puede contribuir a esta tarea ofreciendo una gama de métodos y técnicas para la ayuda en la toma de decisiones.

En las últimas dos décadas, se han empezado a combinar métodos, metodologías y técnicas provenientes no solo de un paradigma sino de varios. A esta modalidad de IO se la llama práctica multimetodológica en un contexto multi paradigmático (MM). Estas han sido aplicadas en varios contextos organizacionales, (Mingers, 1997), (Mingers y Munro, 2002). Es interesante notar que esta práctica se circunscribe a todo



tipo de organizaciones, incluyendo pequeñas y medianas empresas (PYME) en Latinoamérica, como se observa en Castellini y Paucar-Caceres (2019), Castellini et al (2017), Pontelli et al (2014), Silva Barros et al (2013).

Dentro de IO en modo multi metodológico se destaca el trabajo de Mingers y Brocklesby (MyB) (1997), en el que se desarrolla una matriz en la cual los distintos mundos están ubicados en las filas y las cuatro fases de una intervención: **Apreciación; Análisis; Evaluación y Acción**, están ubicadas en las columnas. Tomando este marco es que se presenta un avance de una intervención sistémica en el sector turismo aéreo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IO *soft* se caracteriza por: estructurar problemas complejos, incorporar modelos conceptuales, considerar la subjetividad y trabajar con activa participación de los involucrados en una situación problemática, como se indica en Rosenhead (2006 y 1989) y en Vidal (2006). En los últimos años, se han desarrollado aplicaciones con combinaciones entre ellas, dando paso a la práctica de MM, en la cual IO *soft* y *hard* son aplicadas en conjunción, como puede verse en Franco y Lord (2011) y Georgiou (2012). Se focaliza en la posibilidad de combinar diferentes métodos o parte de ellos, dentro de una intervención social particular, caracterizada por su complejidad, como puede verse en Henao y Franco (2016).

Esta combinación se fundamenta en que: (a) Las situaciones problemáticas reales son multidimensionales, (b) Una intervención es un proceso llevado a cabo en etapas que tienen diferentes tareas y dificultades, que pueden ser mejor abordadas por diferentes métodos, (c) La combinación de métodos puede brindar nuevos puntos de vista y hacer más confiables los resultados.

3. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN MULTI METODOLÓGICA EN EL SECTOR TURISMO AÉREO AFECTADO POR LA PANDEMIA

El objetivo de esta investigación-acción es enfrentar situaciones problemáticas de gestión planteados por los *stakeholders de agencias de turismo aéreo*, generadas por la pandemia. Para ello se prioriza el trabajo interactivo. Se propuso combinar metodologías, de las áreas de IO *Soft* y *Hard*, considerando su potencialidad para proveer mejoras en los diferentes aspectos requeridos por las organizaciones.

En la Tabla 1 se indican sobre la tabla original (no negrita) de Mingers y Brocklesby (MyB) algunas de las diferentes herramientas y metodologías propuestas (en negrita) aplicadas o propuestas en cada dimensión y fase de la intervención multi metodológica.

Fases de la intervención multi metodológica (AAEA)				
Dimensión del problema	1.Apreciación de características del problema en cuanto a:	2.Análisis de estructuras y restricciones en:	3.Evaluación de:	4.Acciones para:
Social	Prácticas sociales, relaciones de poder	Distorsiones, conflictos, intereses	Vías para cambiar las estructuras existentes	Generar empoderamiento y alineamiento
	Workshop virtual	Visita de campo virtual /presencial		



Personal	Creencias individuales, percepciones	Diferencias entre las percepciones y las posturas racionales	Conceptualizaciones y construcciones alternativas	Generar predisposición y consenso
	Entrevistas virtuales y presenciales	SSM (figura rica)		
Material	Evidencias físicas	Estructuras causales	Alternativas físicas y estructurales	Seleccionar e implementar alternativas adecuadas
		SSM (definición raíz)	Programación Lineal	Software Programación Lineal

Tabla 1. Algunas metodologías propuestas en la práctica MM (MyB 1997)

3.1. Fase 1: Apreciación de las Características del Problema

En las 3 dimensiones: social, personal y material. Se propuso un workshop virtual a una agencia de viajes mayorista y a una minorista a fin de hacer un diagnóstico general que permita definir las situaciones problemáticas de gestión a ser abordadas, promoviendo la participación de los actores claves involucrados. Es un sector fuertemente afectado por la pandemia, con caídas interanuales acumuladas en el transporte de pasajeros de -77,4% en 2020 y -40,1% en 2021, tomando como referencia los datos disponibles hasta agosto en A.N.A.C (2021).

3.2. Fase 2: Análisis de Estructuras y Restricciones

En esta segunda etapa, a través de visitas de campo virtuales y presenciales se estructuró la/s situación/es problemática/s, a partir de la cual se elaboró en conjunto una figura rica (parte del método SSM) de la situación considerada problemática, Fig. 1.

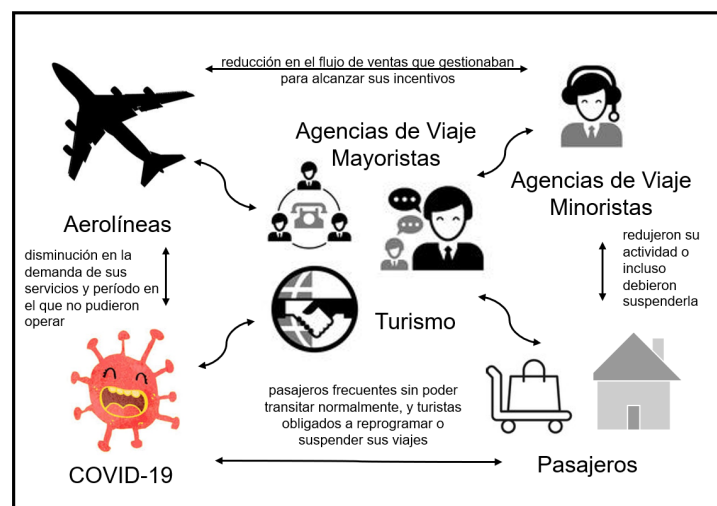


Fig. 1. Figura Rica de la Situación Problemática en el Sector Turismo aéreo.

En ella se observa la vinculación entre las aerolíneas, afectadas por una fuerte disminución en la demanda de sus servicios, períodos en los que no pudieron operar o tuvieron restringidas sus actividades. Al mismo tiempo las agencias de viaje mayoristas, también afectadas por la caída en la demanda, están afectadas por una reducción en el



flujo de ventas que gestionan para alcanzar sus incentivos. En cuento a las agencias minoristas, por los mismos motivos y siendo en muchos casos empresas de menor tamaño o freelance, ven reducida su actividad o incluso debieron suspenderla por no poder afrontar gastos.

La pandemia por COVID-19 es lo que engloba toda esta situación, no permitiendo a los pasajeros frecuentes poder transitar normalmente, y a los turistas reprogramar o suspender sus viajes.

3.3. Fase 3: Evaluación

En esta etapa se priorizaron y analizaron las situaciones problemáticas. Se diseñó Segarra Marinetti M (2018), en la dimensión Material, un modelo de Programación Lineal Mixta para la orientación del plan de ventas de agencias mayoristas (una vez superado el contexto de pandemia), que se resume a continuación.

Considerando el caso de estudio como un problema de toma de decisiones, las variables son, para la agencia de viajes, el volumen de ventas estimadas móviles a distribuir en cada una de las aerolíneas, con el objetivo de maximizar la rentabilidad del negocio, teniendo en cuenta restricciones económicas. El modelo es mixto, ya que las variables toman valores continuos (unidades monetarias y porcentajes) y el sistema de metas o kicker requiere utilizar la programación lineal binaria con restricciones del tipo contingentes, Hillier y Lieberman (2010). Definiendo como:

GKi= ganancia obtenida por alcanzar el premio kicker de la aerolínea i.

GCij= ganancia por comisión por la venta de pasajes en aerolínea i del área j.

Glij= ganancia por incentivo alcanzado de la aerolínea i en el área j.

VTij= venta de pasajes total dentro del período de la aerolínea i en el área j.

PCij= porcentaje de comisión correspondiente a la aerolínea i en el área j.

VVij= venta volada (pasajes emitidos en el período previo) de la aerolínea i en el área j

Plij= porcentaje obtenido por incentivo de la aerolínea i en el área j.

VAij= venta actual de pasajes en la aerolínea i en el área j.

VEij= venta estimada de pasajes de la aerolínea i en el área j.

PMij = porcentaje de pasajes posible de redireccionar de la aerolínea i en el área j

VEFij= venta estimada fija de pasajes de la aerolínea i en el área j.

VEMij= venta estimada móvil de pasajes de la aerolínea i en el área j.

XRij= venta redireccionada de pasajes a la aerolínea i en el área j.

Mijp= meta ofrecida por aerolínea i en el área j con posición p.

PKi= porcentaje de premio kicker correspondiente a la aerolínea i.

Yijp= variable binaria correspondiente a la meta p de la aerolínea i en el área j.

YKi= variable binaria correspondiente a el premio kicker de la aerolínea i.

M = valor positivo suficientemente grande

Considerando que todas las variables son positivas, con $i = [1, n]$ (la cantidad de n aerolíneas), $j = \{C, I\}$ (área C cabotaje e I internacional), p de 1 a 4 (ordinalidad de la meta). Se define un período temporal trimestral.

$$\text{Max } \sum GCiC + \sum GLiC + \sum GCiI + \sum GLiI + \sum GK_i = \text{Max } \sum PCiC * (VAiC + VEFiC + XRCi) + \sum VViC * (\sum \sum Plip * Yip) + \sum PCiI * (VAiI + VEFiI + XRIi) + \sum VViI * (\sum \sum Plip * Yip) + \sum (PK_i * VViI * YKi)$$

Sujeto a:

$$XRiC \leq \sum VEMiC \quad (1) \quad XRiI \leq \sum VEMiI \quad (2)$$

$$VTij \leq Mij1 + M * (1 - Yij1) \quad (3)$$

$$Mij1 - M * (1 - Yij2) \leq VTij \leq Mij2 + M * (1 - Yij2)$$



$$M_{ij2} - M * (1 - Y_{ij3}) \leq VT_{ij} \leq M_{ij3} + M * (1 - Y_{ij3})$$
$$M_{ij3} - M * (1 - Y_{ij4}) \leq VT_{ij}$$

$$\sum \sum Y_{iCp} = 1 \quad (4) \qquad \sum \sum Y_{iIp} = 1 \quad (5)$$

$$2 * Y_{Ki} - Y_{iCp} - Y_{iIp} \leq 0 \quad (6)$$

La función objetivo maximiza la ganancia total de la agencia de viajes, teniendo en cuenta comisiones e incentivos recibidos por área, y premios kicker alcanzados. Las ventas actuales corresponden a los pasajes que ya fueron emitidos y las ventas estimadas corresponden al volumen de pasajes que se calcula emitir en el período, y se dividen en ventas estimadas fijas y ventas estimadas móviles. El porcentaje móvil indica que los pasajes podrían ser redireccionados hacia otras aerolíneas: $VEM_{ij} = VE_{ij} * PM_{ij}$. Las ventas estimadas móviles indican el volumen que se estima vender en el período, pudiendo éstas ser redireccionadas hacia otras aerolíneas, el término fijas indica la imposibilidad de hacerlo. Las ventas redireccionadas, indican una nueva decisión de distribución de las ventas estimadas móviles en cada aerolínea.

El porcentaje de comisión indica lo que se estima cobrar sobre las ventas totales, mientras que el porcentaje de incentivo indica la cifra que se estima cobrar, aplicado sobre las ventas voladas, según la ganancia, por incentivo. El porcentaje de premio kicker indica el monto a cobrar sobre las ventas voladas de internacional de la aerolínea correspondiente, si alcanza la meta. Las restricciones (1) y (2) tienen en cuenta que el volumen total de ventas redireccionadas en cada área no puede ser mayor a la suma de las ventas estimadas móviles de cada una de las aerolíneas. Las restricciones (3) activan el incentivo si las ventas totales alcanzan la meta. Las restricciones (4) y (5) garantizan que sólo una meta por aerolínea y por área esté activa. Aplicando las restricciones (3), satisfaciendo la condición de M lo bastante grande se garantiza la unicidad. La restricción (6), activa la variable binaria correspondiente a un determinado premio kicker, si se cumplen las condiciones en el área cabotaje e internacional.

Para aplicar el modelo, la información de pasajes emitidos se trabaja a través del GDS (sistema de distribución global), el cual mantiene la base de datos de las agencias de viajes actualizada, englobando la comunicación entre entidades, siendo los más importantes: Amadeus-Iran (2010), Sabre y Travelport (2015).

3.4. Fase 4: Definición de Acciones - Resultados

Para mejorar la situación problemática se puede trabajar a diferentes niveles de las organizaciones. Para definir las acciones, en la dimensión material una empresa de sistemas desarrolló un software en base al modelo lineal diseñado, que se aplicó en el contexto previo a la pandemia, y se está retomando actualmente. En las dimensiones social y personal la figura rica aportó a la especificación de los problemas de las agencias de viaje y las aerolíneas

4. DISCUSIÓN Y FUTURAS INVESTIGACIONES

En este artículo se presenta el avance de un enfoque MM, tendencia en la actualidad en el campo de la IO, usando como base el esquema de MyB. El artículo reporta las propuestas iniciales de una intervención sistémica propuesta en el sector turismo aéreo.

Es interesante destacar la potencialidad del enfoque sistémico, pudiendo detectarse diferentes situaciones a mejorar, así como las causas que las ocasionan. Al momento se presenta la estructura de referencia en el marco de la matriz de MyB y los



avances en el uso de partes de la metodología SSM y la modelización de la PL Mixta para optimizar el plan de ventas. El proyecto continúa en ejecución y el siguiente paso es avanzar de manera virtual o presencial en el trabajo de campo, ajustando el modelo continuamente al contexto dinámico de la pandemia.

5. REFERENCIAS

- AMADEUS-IRAN (2010): *Amadeus Air Reservation*. Amadeus.
- ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL (2021): "Informe Mensual 2021 agosto". ANAC Estadísticas.
- CASTELLINI M.A. Y PAUCAR-CACERES A. (2019): "A Conceptual Framework for Integrating Methodologies in Management: Partial Results of a Systemic Intervention in a Textile SME in Argentina". *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 36(1), pp. 20-35.
- CASTELLINI M.A., ZANAZZI J.L., CABRERA G.P. (2017): "Selecting Working Teams for Information Technology Outsourcing Projects Through a Combination of Methodologies". *Pesquisa Operacional*, vol. 37(1), pp. 67-92.
- GEORGIU I. (2012): "Messing About In Transformations: Structured Systemic Planning For Systemic Solutions To Systemic Problems". *European Journal Of Operational Research*, vol. 223, pp. 392–406.
- HENAO F. Y FRANCO A. (2016): "Unpacking multimethodology: Impacts of a community development intervention". *European Journal of Operational Research*, Vol. 253, pp. 681-696.
- HILLIER F.S. y LIEBERMAN G.J. (2010): *Introducción a la investigación de operaciones*. Mc Graw Hill. New York, Estados Unidos.
- MINGERS J. (1997): *Multi-paradigm Multimethodology: Towards Theory and Practice and Mixing and Matching Methodologies in Multimethodology*. Wiley. Chichester, Inglaterra.
- MINGERS J. Y BROCKLESBY J. (1997): "Multimethodology: for Mixing Towards a Framework Methodologies". *Omega, Int. J. Mgmt Sci*, Vol. 25, No. 5, pp. 489-509.
- MINGERS J. Y MUNRO I. (2002): "The Use of Multimethodology in Practice - Results of a Survey of Practitioners". *Journal of Operational Research Society*, vol. 53 (4). pp. 369-378.
- PONTELLI D., CONFORTE J., ZANAZZI J.L., CASTELLINI M.A., DIMITROFF M., MASSARI P. (2014): "Aplicación de Multimethodologías para la gestión y evaluación de sistemas socio-técnicos". *Editorial Asociación Facultad de Ciencias Económicas (FCE)*, vol. 2, pp. 260-288.
- ROSENHEAD J. (1989): *Rational Analysis for a Problematic world*. Wiley. Chichester, Inglaterra.
- ROSENHEAD J. (2006): "Past, present and future of problem structuring methods". *Journal of Operational Research Society*, vol. 57, pp. 759-765.
- SABRE (2011). "Shortcuts". *Student Guide*. URL <https://www.sabre.com/>.
- SEGARRA MARINETTI M. (2018): Tesis de grado "Optimización del control de incentivos para la industria turística". Facultad de Ingeniería, Universidad de Belgrano.
- SILVA BARROS P., CASTELLINI M.A., BELDERRAIN C. (2013): "Aplicación de Multimethodologías para la gestión y evaluación de sistemas socio-técnicos". Ed. Asoc. FCE de la UNC, vol. 2, pp. 145-160.
- TRAVELPORT (2015): "Galileo for Travel Professionals". Travelport. URL <https://www.travelport.com/>.
- VIDAL R.V.V. (2006): "Operational Research: A Multidisciplinary Field". *Pesquisa Operacional*, Vol. 26, pp.69-90.



THE USE OF RICH PICTURES AS A MEDIATING ELEMENT AMONG STAKEHOLDERS IN COMPLEX HEALTH PROBLEMS A CASE STUDY IN THE MEDICAL CLINIC OF A BRAZILIAN HOSPITAL

SAMUEL MARTINS DREI – ELIEZER GUIMARÃES MIRANDA – TAINÁ DA SILVA ROCHA PAZ – VICTOR
ROSEMBERG REIS MOTA – NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE
Postgraduate Program in Production Engineering – Federal Fluminense University

*samueldrei@id.uff.br - eliezermiranda@id.uff.br - tainapaz@id.uff.br - victorrrm@gmail.com -
nissiabergiante@id.uff.br*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue explicar el uso de Rich Picture como elemento mediador entre los actores en problemas de salud complejos, utilizando un estudio de caso en una clínica médica de un hospital brasileño de tamaño mediano, a través de la Metodología Soft System. La metodología siguió el despliegue estándar del SSM, obteniendo un resultado del rol de cada uno de los elementos para la situación problemática, así como alineando cada uno de sus intereses con la construcción de Rich Picture, concluyendo que dicha herramienta se puede tomar en cuenta para la alineación de intereses en problemas de salud complejos, a través de la presentación de CATWOE.

Palabras Clave: INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT – SOFT SYSTEM METHODOLOGY (SSM) – FIGURA RICA – SALUD PÚBLICA BRASILEÑA

ABSTRACT

The aim of this study was to explain the use of Rich Picture as a mediating element among stakeholders in complex health problems, using a case study in a medical clinic of a medium-sized Brazilian hospital, through the Soft System Methodology (SSM). The methodology followed the standard initial deployment of the SSM, obtaining as a result the role of each of the elements for the problematic situation, as well as aligning each of their interests with the construction of Rich Picture, concluding that said tool can be taken into account for the alignment of interests in complex health problems, through the presentation of CATWOE.

Keywords: SOFT OPERATIONAL RESEARCH - SOFT SYSTEM METHODOLOGY (SSM) - RICH PICTURE - BRAZILIAN PUBLIC HEALTH

1. INTRODUCTION

The Brazilian health system is formed by the coexistence of direct contracting of services with insurance, complementary health and the Unified Health System (SILVA et al., 2011), a universal system of public funds based on rights (CORNWALL; SHANKLAND, 2008).

Although the Ministry of Health received a budget of approximately R\$ 138 billion in 2019, the 3rd largest budget among Brazilian ministries (COMPARATIVO ENTRE ORGÃOS SUPERIORES, 2021), hospitals tend to have insufficient resources, requiring greater competence in their processes so that the quality of services provided is not reduced (EIRO; TORRES-JUNIOR, 2015).

In addition to budget constraints, the modern health system is complex (WARBURTON, 2005), as are hospitals, due to the great heterogeneity of their



professionals, their networks made up of different fields of knowledge and their decision-making processes (KARAMITRI et al., 2017).

Problems of this nature, characterized by the existence of multiple actors and perspectives, conflicts of interest, intangible importance and key uncertainties, are called unstructured problems. For the representation and understanding of problems of this nature, Problem Structuring Methods (PSMs) are used.

PSMs are methods of representing the studied situation to allow participants to clarify the situation, converge on a mutual problem, or issues within it, and agree on commitments that solve the problem at least in part (MINGERS, 2011). For Wicked Problems, problem structuring methods are more suitable when compared to traditional Operational Research (OR) methods (ROSENHEAD, 1996).

According to Hanafizadeh et al. (2021), Mingers and Rosenhead (2004) and Forrester (1961), there are several methods of structuring problems, such as: Strategic Options Development and Analysis (SODA), Soft System Methodology (SSM), Strategic Choice Approach (SCA), Value-Focused Thinking (VFT) and System Dynamics (SD), among others.

Even with this range of PSMs, the use of SSM stands out, however, in situations where an interaction among the analysts who are carrying out the application and the employees involved in the processes is necessary, since this PSM has the construction of Rich Pictures, which help in synergy and trust between stakeholders (CHECKLAND, 1976).

In healthcare, some PSM applications have been identified using SSM in hospitals. In a notable case, a research that initially aimed to combine quantitative and qualitative OR methods for the representation and understanding of the problem studied, replaced the approach by applying the PSM, and observed the effectiveness of the SSM, using a Rich Picture produced in a consultation by the National Health Service of England on congenital heart disease (CROWE et al., 2017).

Given this scenario, this study aims to explain the use of Rich Pictures as a mediating element among stakeholders in complex health problems. Therefore, it was used a case study that took place in the medical clinic of a medium-sized hospital, located in the interior of a Brazilian state named Minas Gerais, in which the SSM was applied, using the Rich Picture as an initial contact element, resulting in the proposal of a conceptual model that balances the workload of nurses in this ward.

In this study, it is expected to show that the joint construction of Rich Pictures, involving all or part of the stakeholders, proves to be a main point in the development of the SSM, so that the Rich Picture can be used individually, with the purpose to improve interaction and trust among stakeholders.

2. THEORETICAL REFERENCE

Since the 1960s, analysts have debated the limitations of traditional OR methods, restricted to well-structured problems, which would have previously established and consensual factors, restrictions and objectives (ROSENHEAD, 1996).

To deal with these problems, “soft” OR methods were created - or PSMs, developed by professionals and academics to meet the demands of real problems (MINGERS, 2011). Therefore, the “soft” methodology was developed from the observation that the “hard” methodologies, which deal with clear problems, had limitations to solve them (WANG et al., 2015).

Among the various types of PSMs proposed so far, the SSM stands out, which, according to Checkland (1976) and Lamé et al. (2020), is based on the fact that reality is constructed by different views of people, thus offering a systemic approach to investigate these different views and perceptions of events. This methodology was developed by Checkland (1976) and aims to create a consensus based on a common



understanding of the complex problem (VAN DE WATER et al., 2007).

In this sense, the SSM prioritizes the understanding of the problem, rather than directly seeking the solution to the complex problem (LUNARDI; HENRIQUE, 2002). Therefore, there are no solutions for the issues found, but directs the difficult approach to this goal (BELLINI et al., 2004). The best known and most used configuration of the SSM methodology is the seven-step one, which consists of a set of tools, such as: Rich Pictures, which are figures that represent the complex problem; the relevant systems, for understanding the context and points of view, in addition to understanding the cultural and political context, together with conceptual models (e.g. BELLINI et al., 2004, GEORGIU, 2015, LAMÉ et al., 2015).

It is important to note that the SSM, using Rich Pictures, has already proved to be quite efficient in the health context, obtaining satisfactory results, as is the case with Kotiadis and Mingers (2006) where a multidisciplinary team of care for colorectal cancer, which applied the SSM with greater emphasis on performance measures, it had the final product as a proposal to involve stakeholders in the application of a performance measurement model.

Furthermore, with the COVID-19 pandemic, other SSM applications using Rich Pictures were also shown to be efficient, as in Mchunu et al. (2021) which highlighted some important decisions implemented in South Africa and events that emerged in response to the COVID-19 pandemic. The SSM model addresses the challenges faced by policy makers in policy communication and stakeholder engagement, and addresses the root cause of problematic issues in policy implementation, proposing an ideal conceptual model.

Finally, Mulyaqin (2021) used a systems approach based on the SSM, with the results of the study having the acceleration of planting as an indicator of the optimization of wetlands in the Lebak Regency and in the city of Serang was reached as a target during the pandemic of COVID-19.

3. METHODOLOGY

The methodology of this research unfolded, basically, in the seven steps of application of the SSM Checkland (1976) being adapted to the environment of the medical clinic. Furthermore, to better show the gains with Rich Picture, the method was divided into three main points: (i) Initial step, (ii) Rich Picture and (iii) Participation of Stakeholders. Therefore, in the initial stage: (a) The processes that make up the hospital's medical clinic were outlined, as well as the people involved and responsible for decision-making, through observation, for three months, of the operation of the ward based on the works by Drei and Ignacio (2020), Drei and Ignacio (2021a) and Drei and Ignacio (2021b).

In Rich Picture, the following was developed: (a) After this survey, the situation of the treated location was explained, using Rich Picture, since it is possible to extend its applicability in any operational research work (CHECKLAND, 1976). To express Rich Picture, meetings were held among analysts, of approximately one hour a day, for a period of two weeks.

Finally, Stakeholder Participation was accounted for, in order to: (a) Build succinct definitions of the relevant systems: For this, it was used from the point of view of employees involved in the processes of the medical clinic - who had contact with Rich Picture, through unstructured meetings and (b) Establish the Clients, Actors, Transformation, World View, Owners and Environmental Restrictions (CATWOE): Determine each role of those involved, after the construction of the Rich Picture, to delineate who they are and, mainly, how their interests were effectively established through the Rich Picture's construction.

4. DEVELOPMENT

4.1 Initial Stage

In view of the initial assessment, it is possible to conclude that the main stakeholders involved in the processes are the employees of the medical clinic, that is, the nurses on duty, together with the hospital stretchers and, finally, the physicians responsible for the direct and indirect care actions. of hospitalized patients.

Much of the movement required for the functions of the medical clinic sector to be performed required displacements that take place by ramps, to access the lower floors.

In addition to the waits generated throughout the process, its complexity often requires more than one employee - usually the stretcher and the nurse on duty - to perform them, while other activities take place simultaneously. In addition, because it is a hospital, in a ward as sensitive as the medical clinic, several unexpected situations occur, such as a large number of patients in serious condition, difficulty in communication between the wards, among others, often causing the Workload falls unevenly among nurses.

4.2 Rich Picture

Given the problematic situation raised, it was possible to build a Rich Picture, as shown in Figure 01, which visually describes the critical points of the clinical processes, as well as those involved.

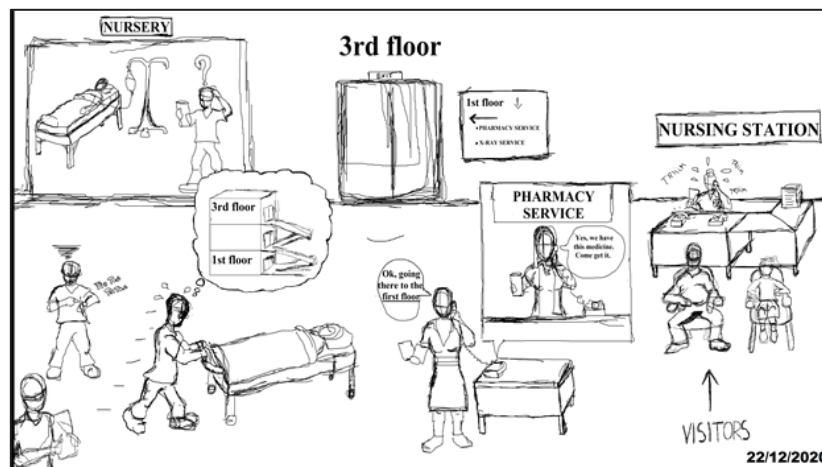


Figure 1 – Rich Picture structured for the medical clinic

The construction of the Rich Picture was the key point to determine the relevant system of the problem in the medical clinic, which was to “Balance the activities of responsibility of the medical clinic employees, especially nurses, with actions aimed at differentiating between the tasks that they happen in the medical clinic itself and those that require displacement, as they contain interaction with other wards”.

4.3 Stakeholders participation

Thus, after establishing the modeling objective, it was possible to propose the system definitions, associating each function to those involved, called CATWOE, within the SSM. The presentation of CATWOE in this study has the primarily intention to present the stakeholders of this complex problem and, moreover, to show that the Rich Picture, individually, managed to mediate its interests efficiently. In this way: (i) Clients (C): Patients and Family – Although they are not directly involved with the creation of the Rich Picture, their interests are expressed in it, as they form the flow within the medical clinic and, through its improvement, there is an alignment with their interests;



(ii) Actors (A): Employees – Hospital employees proved to be key to the creation of the Rich Picture, as they are directly linked to its flows. Furthermore, their interests were taken into account, with a view to improving processes and proposing the balance of their functions; (iii) Transformation (T): The transformation was precisely to propose a method that balances the workers' load, considering activities with and without displacement, encompassing Clients and Actors; (iv) World View (W): It was established that balancing should be efficient for different time horizons and not onerous for the hospital, aligning the interests of employees, hospital managers and analysts (authors); (v) Owners (O): Analysts and Directors – Having their interests encompassed, primarily, in the worldview, but also in the transformation; (vii) Environmental Restrictions (E): Respect the health and hygiene standards in force in hospitals, as well as the well-being of patients and families involved, in order to mediate the interest, not only of those internally involved, but of the entire community that surrounds the study hospital.

5. CONCLUSIONS

The present study managed to achieve its objective, which was to explain the use of Rich Pictures as a mediating element among stakeholders in complex health problems. Furthermore, by building the Rich Picture and, sequentially, the CATWOE of the complex problem, it was possible to observe that the interests of each stakeholder were effectively fulfilled, through the key points within the process of the medical clinic.

Thus, the importance of interaction between analysts who are proposing the application of PSMs and the employees involved is highlighted, especially in the health environment, where processes are complex and interact with each other in a variety of ways.

This study had time limitations for the meetings with the employees, although the primary limitation was the contact between analysts and hospital staff, due to the Covid-19 pandemic, which reinforces the study's aims of highlighting the application of Rich Pictures (and/or other tools) that are shorter in different applications.

As future research, it is recommended the unfolding of this study, as well as the application of the proposed conceptual model.

6. REFERENCES

- BELLINI C. G. P., I. RECH & D. BORENSTEIN (2004): Soft systems methodology: uma aplicação no pão dos pobres" de porto alegre. *RAE eletrônica* 3.
- CHECKLAND P. (1976): Systems thinking, *systems practice*. Comparativo entre Órgãos superiores. portaltransparencia.gov.br/orgaosuperiores?ano=2019. Accessed: 2021-10-08.
- CORNWALL, A., & SHANKLAND, A. (2008): "Engaging citizens: lessons from building Brazil's national health system". *Social science & medicine*, 66(10), pp. 2173-2184.
- CROWE S., K. BROWN, J. TREGAY, J. WRAY, R. KNOWLES, D. A. RIDOUT, C. BULL & M. UTLEY (2017): "Combining qualitative and quantitative operational research methods to inform quality improvement in pathways that span multiple settings". *BMJ quality & safety* 26 (8), pp. 641-652.
- DREI S. M. & P. S. D. A. IGNACIO (2020): Aplicação do lean healthcare na atividade de colocar a pulseira da clínica médica de um hospital de medio porte. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- DREI S. M. & P. S. D. A. IGNACIO (2021A): Lean healthcare na atividade de aplicação de medicamentos na clínica médica de um hospital de medio porte. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.



DREI S. M. & P. S. D. A. IGNACIO (2021B): Lean healthcare applied in medicines' preparation in medical clinic at a medium-sized hospital. *International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.

EIRO N. Y. & TORRES-JUNIOR A. S. (2015): "Estudo comparativo das formas de apropriação dos modelos da qualidade total e lean production nos serviços de saúde". *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 23, pp. 846-854.

FORRESTER J. (1961): *Industry dynamics. Massachusetts: MIT Press*.

GEORGIU I. (2015): "Unravelling soft systems methodology". *International Journal of Economics and Business Research* 9 (4), pp. 415-436.

HANAZADEH P., M. MEHRABIOUN & A. MOSTASHARIRAD (2021): "The necessary and sufficient conditions for the solution of soft systems methodology". *Philosophy of Management* 20 (2), pp.135-166.

KARAMITRI I., TALIAS M. A., & BELLALI T. (2017): "Knowledge management practices in healthcare settings: a systematic review". *The International journal of health planning and management*, 32(1), pp.4-18.

KOTIADIS K. & J. MINGERS (2006): "Combining psms with hard or methods: the philosophical and practical challenges". *Journal of the Operational Research Society* 57 (7), pp.856-867.

LAMÉ G., O. JOUINI & J. STAL-LE CARDINAL (2020): "Combining soft systems methodology, ethnographic observation, and discrete-event simulation: A case study in cancer care". *Journal of the Operational Research Society* 71 (10), pp. 1545-1562.

LUNARDI G. L. & J. HENRIQUE (2002): "Aplicação da "soft systems methodology" na avaliação de um programa de pós-graduação em administração: perspectiva do corpo discente". *Revista Eletrônica de Administração* 8 (4).

MCHUNU B. S., NGCOBO A. Z. & BHENGU T. T. (2021): Managing the Impact of COVID-19 on the Education Plans and Activities of South African Schools. In *COVID-19: Paving the Way for a More Sustainable World* (pp. 371-388). *Springer, Cham*.

MINGERS J. (2011): "Soft or comes of age|but not everywhere!" *Omega* 39 (6), pp.729-741.

MINGERS J. & J. ROSENHEAD (2004): "Problem structuring methods in action". *European journal of operational research* 152 (3), pp. 530-554.

MULYAQIN T., SUSILAWATI P. N., HARYANI D., SETYOWATI I., & ISMATUL H. (2021, March). A Model for Accelerating Rice Planting in Paddy Fields to Provide Food in Banten Province during the Covid-19 Pandemic. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 715, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.

QUINQUIOLO J. M. (2002): Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva. *Taubate/ SP: Universidade de Taubate*.

ROSENHEAD J. (1996): "What's the problem? an introduction to problema structuring methods". *Interfaces* 26 (6), pp. 117-131.

SILVA Z. P. D., RIBEIRO M. C. S. D. A., BARATA R. B. & ALMEIDA, M. F. D. (2011): "Perfil sociodemográfico e padrão de utilização dos serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS), 2003-2008". *Ciência & Saúde Coletiva*, 16, pp. 3807-3816.

VAN DE WATER, H., M. SCHINKEL & R. ROZIER (2007): Fields of application of ssm: a categorization of publications.

WANG W., W. LIU & J. MINGERS (2015): "A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using soft systems methodology (SSM)". *European Journal of Operational Research* 246 (2), pp. 562-574.

WARBURTON R. N. (2005): "Patient safety—how much is enough?". *Health policy*, 71(2), pp. 223-232.



DEFINIÇÃO DE VALORES PARA O PROCESSO DE SOCORRO EM ÁREA DE RISCO: UMA ABORDAGEM DO VALUE-FOCUSED THINKING (VFT)

MARYELE VIEIRA DE ARRUDA BENITES – ISABELA CHAVES ALVES– NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE
Universidade Federal Fluminense

mбенites@id.uff.br - isabelaca@id.uff.br - nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

O crescimento das organizações criminosas tem ampliado o cenário de conflitos urbanos existentes não somente nas grandes metrópoles, como também nas áreas situadas nas regiões mais afastadas dos pontos centrais. Esse cenário impacta diretamente a tomada de decisão dos órgãos de segurança pública, como Policiais e Bombeiros Militares. Nesse sentido, o presente estudo tem o objetivo de analisar o processo decisório do Corpo de Bombeiros do município de São Gonçalo, situado no estado do Rio de Janeiro, no Brasil, baseando-se nos valores dos decisores. Para isso, foi utilizado o *Value-Focused Thinking* (VFT), a fim de extrair esses valores por meio de entrevistas semiestruturadas. Como resultado, este estudo levantou Liderança Forte, Segurança e Prática Operacional como principais valores, dentre outros.

Palabras Clave: PESQUISA OPERACIONAL SOFT – TOMADA DE DECISÃO – ÁREA DE RISCO – VFT

ABSTRACT

The growth of criminal associations has expanded the scenario of urban conflicts that exist not only in large metropolises, but also in areas located in regions farther from the central points. This scenario directly impacts the decision-making of public security agencies, such as Police and Military Firefighters. In this sense, this study aims to analyze the decision-making process of the Fire Department in the city of São Gonçalo, located in the state of Rio de Janeiro, Brazil, based on the values of decision makers. For this, Value-Focused Thinking (VFT) was used, in order to extract these values through semi-structured alterations. As a result, this study raises Strong Leadership, Safety and Operational Practice as main values, among others.

Keywords: SOFT OPERATIONAL RESARCH – DECISION MAKING – RISK AREAS – VFT

1. INTRODUÇÃO

A eficácia de um processo decisório em situações e processos de alta complexidade e incertezas depende, em grande parte, da capacidade do time de adquirir, integrar e dar sentido às informações disponíveis. Ou seja, depende da qualidade do processo de decisão, que não garante, mas aumenta a probabilidade de resultados positivos (SCHIPPERS; RUS, 2021).

Embora algumas escolhas tomadas rotineiramente possuam poucas consequências no meio em que se inserem, como o que comer ou vestir, existem certas escolhas que exigem muito mais das pessoas no processo de tomada de decisão (BAYOUTH et al., 2013), como as que envolvem risco e incerteza.

Entretanto, o grau de percepção de risco e a incerteza variam conforme a variação do perfil da comunidade, experiências pessoais e acesso à informação. É inegável,



portanto, a complexidade que existe entre percepção de risco e a capacidade de se fazer uma escolha com confiança em um determinado contexto. Sendo assim, o objetivo da análise de decisão é estruturar processos que ajudem o decisor a pensar de forma mais sistemática sobre problemas, com a finalidade de melhorar a qualidade da decisão (DARCY DA SILVA-JUNIOR; MEZZOMO LUCIANO, 2016).

No contexto dos servidores da segurança pública, como policiais e bombeiros militares, os mesmos precisam lidar com processos decisórios que não consideram apenas as variáveis locais de risco inerentes à profissão e, dessa maneira, estão diante à outras variáveis que todo o seu treinamento não forneceu material para decidir sob tais circunstâncias.

O presente estudo tem como foco identificar os principais valores relacionados ao processo de decisão para socorro em área de risco à vida do Corpo de Bombeiros no município de São Gonçalo, situado no Rio de Janeiro, no Brasil. Para isso, foi utilizado o método *Value Focused-Thinking* (VFT), que consiste em uma abordagem que não se concentra em resolver o problema, mas em estruturar a tomada de decisão de maneira criativa. Assim, é focado em extrair os valores dos decisores para melhorar a compreensão do cenário do contexto de decisão e apoiar a proposição de alternativas de solução.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Tomada de Decisão e o contexto da Segurança Pública

A preocupação com a questão da segurança é intrínseca à existência humana, sendo reforçada pela lógica causa-efeito surgido a partir da Segunda Revolução Industrial. Nessa época, os efeitos causados pelos acidentes passaram a ter maior relevância, o que despertou a necessidade de controlar suas probabilidades e efeitos (DA CUNHA, 2016). Contudo, tanto o crescimento populacional quanto o de centros urbanos tem influenciado os conflitos da atualidade, estimulando a transição do combate do campo para as áreas urbanas (BEZERRA MAGASSY, 2020) e dificultando a necessidade de controlar tais questões.

Os problemas de segurança pública se agravam no Brasil, sendo evidenciados pelo crescimento exponencial de facções do crime organizado. Esse quadro específico é bem demonstrado no Rio de Janeiro/Brasil, onde cenas com o trânsito livre de grupos fortemente armados nas comunidades se tornaram comuns, sendo, inclusive, temas de documentários e reportagens internacionais (CARVALHO MONTEIRO, 2017). Nesse sentido, os servidores da segurança pública, destacando os bombeiros, precisam lidar com processos decisórios que consideram não somente os riscos inerentes à profissão, como combater um incêndio, mas também outras variáveis que todo o seu treinamento não ofereceu material para decidir sob tais circunstâncias, como o contexto de uma ocorrência destinada à uma zona de conflito urbano.

2.2. Métodos para Estruturação de Problemas (*Problem Structuring Methods-PSMs*) e o *Value-Focused Thinking* (VFT)

Os Métodos de Estruturação de Problemas (MEP ou do inglês *Problem Structuring Methods* – PSM) são métodos que compõe o campo teórico da Pesquisa Operacional (PO) *Soft*, que surgiu no final dos anos 70 e início dos anos 80 buscando responder à algumas das restrições e limitações experimentadas tanto por gerentes quanto por pesquisadores que utilizavam os métodos quantitativos da Pesquisa Operacional tradicional (ACKERMANN, 2011), também conhecido como PO *Hard*. Tais métodos de estruturação são um amplo grupo de abordagens de tratamento de problemas, com o



objetivo de auxiliar em sua estruturação em vez de resolvê-los diretamente (ROSENHEAD, 1996).

O PSM adotado neste trabalho é o *Value-focused Thinking* (VFT), que considera o papel do valor na tomada de decisão. Com uma abordagem prescritiva, trata de como usar os valores para melhorar a tomada de decisão partindo da premissa de que focar, prioritariamente, sobre valores ao se deparar com problemas difíceis pode direcionar o decisor para a consequência mais desejável (KEENEY, 1992).

O processo do VFT pode ser dividido em quatro etapas básicas: (1) Definir os valores, (2) Identificar os objetivos meio e fins, (3) Estruturar a rede de objetivos e (4) Criar e selecionar as alternativas (KEENEY, 1996). Entretanto, estas três últimas etapas não serão objeto deste trabalho, uma vez que neste momento não se pretende definir os objetivos e gerar alternativas sobre o processo decisório, mas sim identificar os valores dos decisores envolvidos.

Para a identificação de valores, são realizadas entrevistas semiestruturadas com os *stakeholders* envolvidos no processo decisório, com a finalidade de elaborar uma lista de desejos que contribua nessa identificação. Entretanto, a tarefa de identificar os valores e transformá-los em objetivos claros não é trivial. Nesse sentido, com a finalidade de cumprir as duas primeiras etapas, de definição e identificação dos objetivos, existem várias técnicas, elencadas na Tabela 1 (KEENEY, 1996).

Tópico	Descrição
1. Desenvolver uma Wish List - Lista de desejos	O que você quer? O que você valoriza? O que você deveria querer?
2. Identificar alternativas	Qual é a alternativa perfeita, a terrível e a razoável? O que é bom ou ruim em cada uma delas?
3. Considerar os problemas e fraquezas	O que é certo ou errado na sua organização? O que precisa ser consertado?
4. Prever consequências	O que ocorreu que foi bom ou ruim? O que pode ocorrer que interessa à você?
5. Identificar metas, restrições e guias	Quais são suas aspirações? Que limitações você tem?
6. Considerar diferentes perspectivas	Com o que seu competidor se preocupa? Em algum tempo no futuro, o que preocuparia você?
7. Determinar objetivos estratégicos	Quais são seus objetivos finais? Quais são os seus valores absolutamente fundamentais?
8. Determinar objetivos gerais	Qual objetivo você tem para clientes, empregados, acionistas e para você mesmo? Que objetivos ambientais, sociais, econômicos ou de saúde e segurança são importantes?
9. Estruturar objetivos	Por que esse objetivo é importante? Como você pode alcançá-lo? Seja específico: O que você quer dizer com esse objetivo
10. Quantificar objetivos	Como você mensuraria que determinado objetivo foi atingido? Por que o objetivo A é mais importante do que o objetivo B?

Tabela 1: Técnicas para identificar objetivos

Com o auxílio de tais técnicas, a tarefa de extrair os valores se torna mais factível, facilitando a aplicação do modelo de valor.

3. METODOLOGIA

O estudo passou por quatro grandes etapas: (1) Revisão da Literatura, (2) Entendimento do contexto do problema da pesquisa, (3) Aplicação do modelo de valor e (4) Conclusão do estudo.

Primeiramente, a revisão bibliográfica foi feita considerando tanto os desafios dos processos de tomada de decisão da instituição pública explorada no presente estudo, quanto sobre o modelo VFT. A primeira divisão teve por objetivo expor o contexto do problema, além dos principais desafios da segurança pública, que é foco da instituição



onde o estudo foi aplicado. A segunda divisão, por sua vez, exibiu dois conceitos, o primeiro teve o objetivo de evidenciar a origem dos PSMs, explicitando suas definições e conceitos. Já o segundo, foi focado no VFT e, nesse sentido, apresentou não só sua origem e conceituação, como também a construção do passo-a-passo do modelo.

O próximo momento da pesquisa consistiu no desenvolvimento de um estudo de caso, em que foi aplicado o modelo de valor. Tal aplicação se deu por meio da identificação dos *stakeholders* e posterior entrevista com os mesmos, com a finalidade de identificar seus valores e mapear os problemas enfrentados no processo de tomada de decisão, baseado nas relações existentes entre os diferentes objetivos de cada *stakeholder*. Sendo assim, para a aplicação deste trabalho, foram entrevistados quatro membros da equipe dos bombeiros: Comunicante, Oficial de Dia, Chefe de Guarnição e Oficial Médico.

Para isso, foram utilizadas técnicas de como listar os desejos, as alternativas ótimas, médias e péssimas, considerar os problemas e fraquezas do contexto decisório, assim como suas consequências, objetivos estratégicos e genéricos, explicitadas na seção 2.2 do presente trabalho. Tais técnicas foram propostas por Keneey (1992), autor que elaborou a metodologia do VFT.

Após essa etapa, foi feita uma análise do processo e a identificação de 5 valores essenciais aos tomadores de decisão.

Por fim, a última etapa do estudo foi a conclusão de todo o desenvolvimento do trabalho, em que foram feitas reflexões em relação aos resultados obtidos, além de explicitadas as limitações do trabalho e as possíveis frentes futuras de aplicação.

4. RESULTADOS

A partir da metodologia descrita e da aplicação do modelo de um método de estruturação de problema, como explicitado na seção 2.2, foi possível estruturar o problema e extrair os valores dos decisores.

Essa seção será dedicada a expor tais resultados, que se iniciaram a partir do mapeamento do fluxo de decisão apresentado na **Figura 1**.

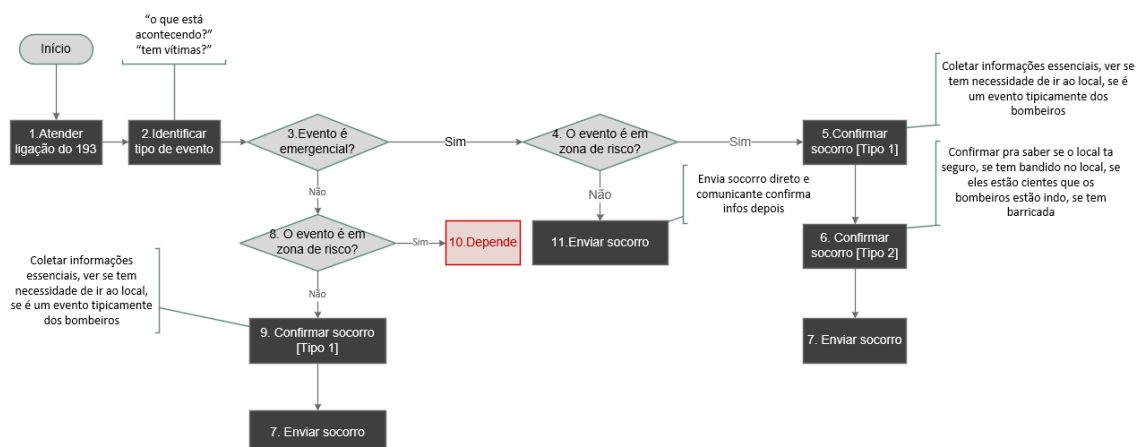
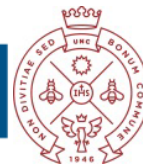


Figura 1: Fluxo de decisão

O fluxo se inicia com a chegada da ocorrência ao 20º Grupamento Militar, seguido pela atividade (2), de identificar o tipo de evento. Nesse momento, todos os entrevistados ressaltaram a importância de se extrair informações relevantes e verdadeiras do solicitante do evento, pois isso facilita a tomada das próximas decisões



presentes no fluxo. Entretanto, aparece aqui, logo no início do fluxo, a primeira grande dificuldade, visto que, muitas vezes, o solicitante omite informações por medo do domínio do tráfico na zona do incidente. Ao seguir o fluxo, ocorre na atividade (3) a primeira decisão, de identificar o evento como emergencial, seguida de outra decisão (8), de identificar evento em zona de risco. Caso a resposta seja não para ambas, ocorre uma confirmação de socorro do Tipo 1, onde há coleta de informações essenciais. Após essa confirmação, há liberação para envio do socorro.

Analisando o caso de o evento ser emergencial e não ser em área de risco – sim para a decisão (3) e não para a decisão (4) – o socorro é enviado imediatamente. É válido, nesse momento, apontar o fato de que o evento não ser em área de risco acarreta em um fluxo decisório menos complexo e com menos variáveis a se considerar.

Ao realizar a análise para o caso de o evento ser emergencial e ser em área de risco – sim para ambas as decisões (3) e (4) – é possível observar o aumento da complexidade, uma vez que, além da confirmação do Tipo 1 já mencionada anteriormente, é necessário fazer uma segunda confirmação, do tipo 2, referente à triar o evento em relação à segurança do local. Nesse momento, todos os entrevistados enfatizaram a importância dessa confirmação, pois mencionaram que manter a segurança da equipe é um de seus objetivos essenciais. Além disso, mencionaram também que assegurar a vida da vítima é uma prioridade e que, essa etapa de confirmação, os ajudava com essa prioridade.

Por fim, ao analisar o cenário em que o evento não é emergencial, porém se encontra em uma área de risco – não para a decisão (3) e sim para a decisão (8) – encontra-se a atividade (10) Depende, de maior complexidade do fluxo. Isso ocorre pois, dentro dessa atividade, existem outras variáveis e processos decisórios mais curtos e não estruturados que precisam ser considerados. Nesse sentido, o Oficial de Dia, que é o responsável pelo socorro, se sujeita à alguns questionamentos do tipo:

- É realmente necessária a ida ao local?
- A ocorrência é de baixa prioridade?
- Caso a ocorrência tenha chegado no período noturno, pode aguardar o amanhecer?
- Consigo resolver pelo telefone?

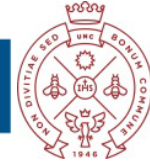
Tais questionamentos são necessários pois, uma vez sendo o evento não emergencial, o responsável pelo socorro e tomador de decisão precisa considerar todas as variáveis possíveis para decidir se irá ou não expor a guarnição sob seu comando ao risco de entrar em uma zona de conflito. Com isso, é possível observar que, tanto para o fluxo do sim quanto para o fluxo do não, quando se trata de área de risco, o processo decisório passa a ser menos fluido e também a necessitar de mais variáveis para a tomada de decisão.

Sendo assim, com a análise do fluxo de decisão e com as informações obtidas nas entrevistas, foi possível extrair os seguintes valores:

1. Segurança da guarnição
2. Segurança da vítima
3. Informações verdadeiras
4. Liderança Forte
5. Prática Operacional
6. Serviço de excelência

5. CONCLUSÃO

O presente estudo foi capaz de extrair uma série de valores que estão inseridos em um contexto de decisão com variáveis complexas e repleto de incertezas. Conhecê-



los é de extrema importância, pois a partir deles o é possível realizar um julgamento não focado em probabilidades e fatos, muito incertos no contexto do estudo, mas um julgamento de valor, possibilitado a partir da aplicação do modelo descrito.

Apesar da temática importante, ainda são poucos os estudos que refletem tal contexto de tomada de decisão nas instituições de segurança pública, o que foi um fator limitante para a revisão de literatura do presente estudo.

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se a utilização da metodologia aqui descrita para traduzir os valores em objetivos e construir a rede de objetivos meio-fim. Essa rede possibilita a criação de alternativas viáveis ao contexto decisório. Além disso, seria também possível sugerir um novo fluxo de decisão, a partir dos valores extraídos com a aplicação do modelo VFT.

6. REFERÊNCIAS

ACKERMANN F. (2011): "Getting Messy with Problems: The Challenges of Teaching Soft" OR". *INFORMS Transactions on Education*, v. 12, pp. 55–64.

BAYOUTH S., KEREN N., FRANKE, W. e GODBY K. (2013): "Examining Firefighter Decision-Making: How Experience Influences Speed in Process and Choice". *International Fire Service Journal of Leadership and Management*, v. 7, pp. 51

BEZERRA M.T. C.. (2020): "OS REFLEXOS DO CRESCIMENTO URBANO NAS TÁTICAS , NAS TÉCNICAS E NOS PROCEDIMENTOS DA FORÇA TERRESTRE". pp. 64–69

CARVALHO MONTEIRO D. V. C. (2017): "Aspectos Legais das operações de garantia da lei e da ordem quando empregadas em áreas de influência do crime organizado na cidade do Rio de Janeiro: Uma análise da necessidade de evolução do arcabouço jurídico e das regras de engajamento"

DA CUNHA D. A. (2016): "Qualidade Regulatória: Análise de Impacto com Gerenciamento de Risco para a Exigência de Serviços de Combate a Incêndio e Salvamento em Aeroportos Cíveis Brasileiros". *Cep*

DARCY DA SILVA-JUNIOR S. e MEZZOMO LUCIANO E. (2016): "Teoria da Perspectiva e os Riscos Envolvidos no Processo de Tomada de Decisão: Análise de Conteúdo em Artigos do ProQuest". *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, v. 8, pp. 60–89

KEENEY, R. L. (1992): *Value Focused Thinking: A Path to creative decisionmaking*. London: Harvard University Press.

KEENEY R. L. (1996): "Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives". *European Journal of Operational Research*, v. 92, pp. 537–549

ROSENHEAD J. (1996). "What's the problem? An introduction to problem structuring methods". *Interfaces*, v. 26, pp. 117–131

SCHIPPERS M. C. e RUS D. C. (2021): "Optimizing Decision-Making Processes in Times of COVID-19: Using Reflexivity to Counteract Information-Processing Failures". *Frontiers in Psychology*, v. 12, pp. 1–14

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq, pelo apoio para a realização deste trabalho.



DINÂMICA DE SISTEMAS NA PREVISÃO DE VENDAS: UMA CONTRIBUIÇÃO DA LITERATURA PARA A MODELAGEM

BEATRIZ AYA NAKAYAMA – LUMA MOURA DA SILVA LOPES – NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE
Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal Fluminense

beatrizaya@jd.uff.br - lumamoura@id.uff.br – nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

O planejamento é a primeira entrada de informações da cadeia de suprimentos e é responsável por conectar a operação à estratégia do negócio, sendo parte fundamental do crescimento da empresa. No entanto, prever a demanda é uma tarefa que pode ser complexa por depender de diversos fatores que estão dentro do mesmo sistema. Portanto, o presente trabalho possui como objetivo identificar na literatura, através da pesquisa na base Scopus, aplicações do método de Dinâmica de Sistemas para previsão de vendas com o intuito de mapear as variáveis que influenciam a tomada de decisão. Dos artigos selecionados, foi possível entender quais variáveis eles possuem em comum e são relevantes para os modelos do tema, tais como custos, vendas, faturamento e consumidores.

Palabras Clave: PESQUISA OPERACIONAL SOFT - DINÂMICA DE SISTEMAS – PREVISÃO DE VENDAS – CADEIA DE SUPRIMENTOS

ABSTRACT

Demand planning is a supply chain's first input which connects the operation to the business strategy, representing a fundamental element of the company's growth. However, sales forecasting is a task that can be complex due to the elements which are in the same system. Therefore, the present work has the purpose of identifying in the literature, through research in the Scopus database, use cases of System Dynamics on sales forecasting to map the variables that influence the decision-making. From the chosen articles, it was possible to understand which variables they had in common and were relevant to the forecasting models such as costs, sales, revenue and consumers.

Keywords: SOFT OPERATIONAL RESEARCH - SYSTEM DYNAMICS – SALES FORECAST – SUPPLY CHAIN

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Vereecke *et al* (2018), alinhar oferta e demanda é uma das tarefas mais importantes de qualquer gerente de uma cadeia de suprimentos. Nesse sentido, o planejamento de demanda é um processo chave para o crescimento sustentável de um negócio ao providenciar disponibilidade de produtos ou serviços, minimizando custos extras para a empresa. O balanceamento entre demanda e a oferta evita outros riscos na cadeia como falta de estoque, produtos de rotação lenta e limitações de espaço e custo do estoque (SWIERCZEK; SZOZDA, 2019). Além de impactar o relacionamento com os clientes, caso apresente um baixo nível de serviço. No entanto, existem diversos fatores que podem afetar a previsão de vendas, tornando complexo atingir esse equilíbrio.

Nesse sentido, a abordagem de Dinâmica de Sistemas tem como objetivo modelar problemas complexos através da relação de causa e efeito entre as variáveis, de forma a se ter um entendimento mais claro e não linear do sistema. Além disso, o



método propõe a existência de *loops de feedback*, de forma que as ações tomadas terão uma reação no futuro, influenciando o comportamento do sistema como um todo. De acordo com Sterman (2002), isso acontece porque sistemas reais reagem às nossas intervenções.

Dado o contexto de diversidade de fatores que influenciam a previsão de vendas, pode-se considerar o processo como um sistema real e complexo que pode ser analisado através da Dinâmica de Sistemas. Assim, o presente trabalho possui como objetivo identificar na literatura, aplicações do método em previsão de vendas de forma a auxiliar o entendimento das variáveis que podem influenciar o planejamento de demanda para melhorar o processo de tomada de decisão. Com o mapeamento das variáveis, é possível em seguida criar o diagrama causal e o diagrama de estoque e fluxo em estudos futuros, de forma a auxiliar na simulação e teste de cenários para melhorar a acurácia da previsão de vendas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PREVISÃO DE VENDAS

A previsão de vendas pode ser definida como a tradução do planejamento estratégico de uma empresa em unidades, estimando uma necessidade de demanda de acordo com tendências do mercado. É importante avaliar se essas tendências acompanham as ambições de crescimento do planejamento. Dependendo do tipo de negócio, essa tarefa se torna mais complexa, necessitando de análises além do método mais tradicional que é a utilização de uma série histórica de dados considerando sua periodicidade, tendência, sazonalidade, ruído, instabilidade, quantidade de históricos e de previsões necessárias (WEBBY; O'CONNOR, 1996). No entanto, este método pode ser limitado por depender de um histórico de dados consistente e ser baseado em dados passados, que pode gerar uma atitude reativa às mudanças do mercado e das empresas.

Para complementar de forma qualitativa a previsão estatística, pode ser implementado o Ciclo S&OP (*Sales & Operations Planning*). Ele consiste em um processo chave do negócio usado para balancear demanda com a capacidade da cadeia de suprimentos (TUOMIKANGAS; KAIPPIA, 2014). O objetivo é criar um alinhamento maior da parte operacional da cadeia aos objetivos estratégicos da empresa através de reuniões colaborativas mensais para definir planos de ação com as áreas diversas como Comercial, *Marketing*, *Supply Chain* e Finanças (PEDROSO; DA SILVA; TATE, 2016). Com as diferentes perspectivas e informações que cada uma dessas áreas consegue agregar a previsão de vendas, é possível criar um planejamento mais alinhado com o negócio para que em seguida o comitê Executivo da empresa possa tomar a decisão sobre o número final que irá compor a previsão.

2.2. DINÂMICA DE SISTEMAS

O método de Dinâmica de Sistemas (DS) foi desenvolvido por Jay W. Forrester, um professor no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em 1961. Seu primeiro modelo de DS explicava oscilações persistentes da produção e das vendas em uma cadeia de suprimentos de manufatura (STERMAN, JOHN *et al.*, 2015). No entanto, sua ambição foi para além da área de operações ao criar uma abordagem de modelagem dinâmica para qualquer tipo de sistema, envolvendo *softwares* e ferramentas que desenvolvem, testam e melhoram sistemas humanos (STERMAN, JOHN *et al.*, 2015).

Essa representação do sistema é feita através de *loops de feedback*, acúmulos de processos e *delays* entre causa e efeito (GRÖSSLER; THUN; MILLING, 2008).



Explicando brevemente cada concepto, os *loops* de *feedback* são os resultados, antecipados ou não, de qualquer ação ou decisão tomada, podendo representar uma relação de reforço ou de equilíbrio dentro do sistema. Já os acúmulos de processo são variáveis representadas por estoques que se acumulam ou reduzem ao longo do tempo. Por fim, os *delays* significam a diferença de tempo entre a tomada de decisão e as consequências no estado do sistema que podem impactá-lo.

Com esses elementos, é possível criar o diagrama causal (*causal loop diagram*) para modelar as relações positivas e negativas entre as variáveis e os *loops* de feedback dentro do sistema. Dentro do método de dinâmica de sistemas também pode ser desenvolvido o diagrama de estoque e fluxo (*stock and flow diagram*), no qual se realizam simulações e análises do sistema através de *softwares* de modelagem.

3. METODOLOGIA

Para a pesquisa dos artigos foi utilizada a base Scopus no Portal Periódico CAPES. Na primeira busca foram utilizados os termos “*system dynamics*” e “*sales forecast*” ou “*sales forecasting*” para o título, resumo ou palavras-chave, sem utilizar qualquer filtro em relação ao período, autoria ou tipo de publicação. No entanto, foi encontrado apenas um artigo que atendia o critério da busca (SHAO; LI; WU, 2020).

Em seguida, buscou-se ampliar a busca para temas similares. Foram utilizados os termos “*system dynamics*” e “*supply chain*” para o título, resumo ou palavras-chave, sem utilizar qualquer filtro em relação ao período, autoria ou tipo de publicação. Ao ampliar a busca, foram encontrados outros artigos de aplicação de Dinâmica de Sistemas não diretamente na previsão de vendas, mas em relação a operações dentro da cadeia de suprimentos.

Para a seleção das publicações que foram escolhidas para análise, foram definidos alguns critérios. Primeiramente, foram selecionados apenas os trabalhos que possuíam a permissão de leitura completa. Em seguida, os resumos e palavras-chave foram analisados para checar se os artigos eram relacionados ao tema proposto e possuíam ao longo do seu desenvolvimento um modelo de dinâmica de sistemas, seja o mapa causal ou o diagrama de estoque e fluxo. Dentro de oito trabalhos restantes, foram selecionados apenas os que possuíam a variável de previsão de vendas ou planejamento de demanda, variando a nomenclatura dependendo da publicação. Por fim, quatro trabalhos foram selecionados para compreender quais são as variáveis que podem influenciar a previsão de vendas. Para comparação, as variáveis similares foram destacadas na **Tabela 2**, além da discussão delas na seção de Resultados.

4. RESULTADOS

Dentre os artigos selecionados, três propõem a aplicação de dinâmica de sistemas (DS), sendo um deles em uma cadeia de suprimentos de *fast fashion* (LIDIA et al., 2012), outro em uma cadeia de alimentos (KUMAR; NIGMATULLIN, 2011), além da aplicação na previsão de vendas para veículos de combustível de hidrogênio (SHAO; LI; WU, 2020). O quarto artigo ressalta a relevância da dinâmica de sistemas na identificação de tendências de mercado através de um estudo de caso de uma indústria de aviação comercial (LYNEIS, 2000). Os aspectos gerais de cada trabalho escolhido estão dispostos na **Tabela 1**, ressaltando as ferramentas de análise que foram utilizadas em cada artigo.



	Lidia <i>et al</i> (2012)	Lyneis (2000)	Shao <i>et al</i> (2020)	Kumar <i>et al</i> (2011)
País	Indonésia	-	China	Estados Unidos
Aplicação	Cadeia de suprimentos de indústria de <i>fast fashion</i>	Indústria de aviação comercial	Previsão de Vendas de veículos de combustível de hidrogênio	Cadeia de suprimentos de alimentos não perecíveis
Diagrama Causal	x	x	x	x
Diagrama de Estoque e Fluxo	x	x		x
Apresentação dos Parâmetros	x			x
Apresentação das Equações do Modelo			x	
Simulação com dados reais		x	x	x
Propostas/cenários	x	x	x	x

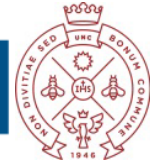
Tabela 1 - Aspectos Gerais dos Trabalhos Selecionados

Lidia *et al* (2012) ressalta a importância de saber o comportamento, perfil e dados sobre o consumidor para o planejamento da demanda. As variáveis de *New Customer* e *Frequent Customer* indicam consumidores atuais e clientes em potencial para serem considerados na previsão de vendas. Ao mesmo tempo, estas variáveis são influenciadas com uma relação positiva pelas variáveis de *Total Population* e *Income per Capita*. Outra relação relevante para a previsão de vendas é a sua influência nas variáveis de produção, que eventualmente afetam a disponibilidade nas lojas, evidenciando os efeitos que a decisão da previsão de vendas pode acarretar na falta de produtos e oportunidades de venda. Uma das conclusões que se complementam a essa análise é que o cliente médio vai a loja 1 a 2 vezes por mês, por isso a reposição e disposição de novas tendências também é um fator relevante para a retenção dos consumidores.

Para Kumar *et al* (2011), uma integração e comunicação maior da cadeia de suprimentos, reduziria a variabilidade da demanda, que em seguida melhora a previsão de vendas e reduziria o estoque. O autor também ressalta a importância da manutenção de um nível de estoque saudável para reduzir custos e aumentar o lucro. Essa relação também pode ser observada na publicação de Lidia *et al* (2012) mencionado neste trabalho.

Shao *et al* (2020) reforça a necessidade de levar em consideração na previsão de demanda os comportamentos e tendências do consumidor. Além disso, demonstra como usar o modelo de simulação para gerar cenários e criar políticas para a definição da demanda. Ao entender o sistema, é possível identificar quais políticas públicas influenciam na demanda dos veículos, como por exemplo a falta de incentivo do governo no investimento de empresas de combustível de hidrogênio e construção de postos de abastecimento adaptados para esta modalidade.

A abordagem de Lyneis (2000) é diferente dos demais trabalhos ao utilizar um estudo de caso para ressaltar a importância da dinâmica de sistemas para melhorar as premissas utilizadas no planejamento de demanda. A comparação gráfica entre os dados históricos e a previsão feita levando em consideração os *inputs* da dinâmica de sistemas, mostra que o método de modelagem apresentou resultados de acurácia



melhores comparados à previsão estatística. Isso acontece porque a previsão estatística pode não ter uma visão qualitativa dos fatores que irão influenciar a demanda como a dinâmica de sistemas propõe.

De forma geral em relação as variáveis, é possível notar que algumas são comuns aos modelos, tais como Custos, Vendas, Faturamento e Consumidores. Isso significa que são variáveis relevantes para a construção de demanda já que as consequências de erros na previsão podem resultar em custos extras como produtos de rotação lenta ou obsoletos, perda de *Market Share*, redução da receita da empresa, aumento do custos operacionais, relacionamento com acionistas, entre outros.

	Lidia et al (2012)	Lyneis (2000)	Shao et al (2020)	Kumar et al (2011)
Previsão de Demanda	<i>Demand Forecasting</i>	<i>Projected Demand</i>	<i>Potencial demand</i>	<i>Forecast</i>
Lead Time		<i>Delivery Lead Time</i>		<i>Lead Time</i>
Estoque	<i>Availability in Stores</i>			<i>Finished Goods Inventory</i>
Vendas	<i>Sales</i>	<i>Aircraft Orders</i>	<i>Sales of HFCV</i>	<i>Sales</i>
Preço	<i>Price of Product</i>	<i>Fare</i>	<i>Total price</i>	
Custos	<i>Total Cost</i>	<i>Total Costs</i>	<i>Costs</i>	<i>Costs</i>
Faturamento	<i>Revenue</i>	<i>Total Revenues</i>		<i>Revenue</i>
Lucro	<i>Profit</i>	<i>Operating Margin</i>		<i>Profit</i>
População	<i>Total Population</i>	<i>Population</i>		
Incerteza da Demanda				<i>Demand Uncertainty</i>
Consumidores	<i>Frequent Cosumer/New Consumer</i>		<i>Attraction of tradicional/FCEV passenger vehicle</i>	<i>Consumer Demand</i>
Tempo de produção	<i>Production Processing Time</i>			<i>Manufacturing Production</i>

Tabela 2 - Comparação de variáveis dos modelos

5. CONCLUSÃO

É possível observar que devido a aplicabilidade e importância do método, ainda existem oportunidades de desenvolvimento de outros trabalhos sobre a aplicação de dinâmica de sistemas na área de previsão de vendas. Nesse sentido, os trabalhos analisados mostram a contribuição que o método de modelagem pode trazer ao auxiliar na compreensão das variáveis e relações de influência dentro do sistema para melhorar a construção do planejamento de demanda, já que pode ser considerado um problema sistêmico. Além disso, também pode ser utilizada para a definição de cenários, avaliação de políticas e premissas na previsão de vendas como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Dessa forma, existem oportunidades para trabalhos futuros. É recomendada a utilização desta base teórica para a aplicação de mais modelos relacionados a previsão de vendas dado a sua importância estratégica dentro das empresas e contribuição para redução de custos. A utilização do método pode ser mais um passo para o atingimento



de uma excelência operacional dentro da cadeia de suprimentos.

6. REFERÊNCIAS

GRÖSSLER A., THUN J. H. e MILLING P. M. (2008): "System dynamics as a structural theory in operations management". *Production and Operations Management* v. 17, n. 3, pp. 373–384 ,

KUMAR S. e NIGMATULLIN A. (2011): "A system dynamics analysis of food supply chains - Case study with non-perishable products". *Simulation Modelling Practice and Theory* v. 19, n. 10, pp. 2151–2168. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2011.06.006>>.

LIDIA M. W., ARAI T., ISHIGAKI A. e YUDOKO G. (2012): "Applying System Dynamics Approach to the Fast Fashion Supply Chain: Case Study of an SME in Indonesia". *The Asian Journal of Technology Management* v. 5, n. 1, pp. 42–52.

LYNEIS J. M. (2000): "System dynamics for market forecasting and structural analysis". *System Dynamics Review* v. 16, n. 1, pp. 3–25 ,

PEDROSO C. B., DA SILVA A. L. e TATE W. L. (2016): "Sales and Operations Planning (S&OP): Insights from a multi-case study of Brazilian Organizations". *International Journal of Production Economics* v. 182, pp. 213–229. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.035>.

SHAO L. LI, X. e WU S. (2020): "Medium and Long-term Sales Forecast of Hydrogen Fuel Cell Vehicles (HFCV) Based on System Dynamics and Discrete Selection Model". *E3S Web of Conferences* v. 218, pp. 4–6.

STERMAN J. *et al.* (2015): "System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management". *Journal of Operations Management* v. 39–40, pp. 1–5 ,

STERMAN J. D. (2002): "System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World". *MIT Sloan School of Management* v. 147, n. 3, pp. 248–249.

SWIERCZEK A. e SZOZDA N. (2019): "Demand planning as a tamer and trigger of operational risk disruptions: evidence from the European supply chains". *Supply Chain Management* v. 24, n. 6, pp. 748–766.

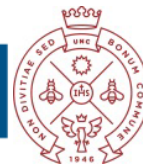
TUOMIKANGAS N. e KAIPIA R. (2014): "A coordination framework for sales and operations planning (S&OP): Synthesis from the literature". *International Journal of Production Economics* v. 154, pp. 243–262. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.04.026>.

VEREECKE A. *et al.* (2018): "Mind the gap – Assessing maturity of demand planning, a cornerstone of S&OP". *International Journal of Operations and Production Management* v. 38, n. 8, pp. 1618-1639.

WEBBY R. e O'CONNOR, M. (1996): "Judgemental and statistical time series forecasting: A review of the literature". *International Journal of Forecasting* v. 12, n. 1, pp. 91–118.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq, pelo apoio para a realização deste trabalho.



APLICAÇÕES DA DINÂMICA DE SISTEMAS NO ESTUDO DA SATISFAÇÃO DO CLIENTE: ANÁLISE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS

LOPES L. M. S - NAKAYAMA B.A - BERGIANTE N. C. R
Universidade Federal Fluminense

lumamoura@id.uff.br - beatrizaya@id.uff.br - nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é compreender como a dinâmica de sistemas pode auxiliar à melhor compreensão do fenômeno de satisfação do cliente acerca de uma organização com a qual se estabeleça algum relacionamento comercial. Para tanto se propôs a realizar uma revisão de literatura considerando trabalhos que exploraram as aplicações de dinâmica de sistemas explorando a satisfação do cliente, buscando entender suas interdependências e impactos nos negócios. Com os textos refinados, pôs-se a avaliação dos modelos propostos pelos autores. Foi possível visualizar algumas das variáveis mais importantes, tais como satisfação do cliente e lucro da empresa, e alguns loops fundamentais a saber, loop de reforço entre lucratividade através da satisfação e loop do retorno de investimentos sobre a satisfação, concluindo a contribuição da ferramenta de dinâmica de sistemas nesse tipo de estudo.

Palavras-Chave: DINÂMICA DE SISTEMAS – SATISFAÇÃO DO CLIENTE – LUCRATIVIDADE

ABSTRACT

The purpose of this article is to understand how system dynamics can help to better understand the phenomenon of customer satisfaction about an organization with which it establishes a commercial relationship. Therefore, it was proposed a literature review considering articles that explored the system dynamics applications with customer satisfaction, seeking to understand their interdependencies and impacts on business. With the texts refined, the evaluation of the proposed models began. It was possible to visualize some of the most important variables, such as customer satisfaction and company profit and some fundamental loops, namely, the reinforcement loop between profitability through satisfaction and the return on investment loop on satisfaction, concluding the contribution of system dynamics tool in this type of study.

Keywords: SYSTEM DYNAMICS - CUSTOMER SATISFACTION - CUSTOMER PROFITABILITY

1. INTRODUÇÃO

No contexto contemporâneo, mostra-se cada vez mais evidente a importância da satisfação do cliente, sendo esse um pré-requisito competitivo. Kotler e Keller (2006) afirmaram que a satisfação pode ser reconhecida como uma ferramenta de *marketing*, pois com a *internet* e suas mídias, as reclamações dos clientes podem estar publicamente disponíveis e facilmente acessíveis. Sendo assim, essa métrica tem sido cada vez mais usada pelas empresas, uma vez que ter clientes satisfeitos pode ter impacto sobre a reputação e a imagem corporativa da empresa (ÖZKAN *et al.*, 2020). Apesar da relação entre a satisfação e lealdade não ser exata, empresas com clientes leais tem mais chances de serem lucrativas das que as que negligenciam esse aspecto (PENNINGTON, 2016). Além da lealdade, a alta satisfação também é capaz de



impulsionar diretamente as intenções de compra dos consumidores (DASH; KIEFER; PAUL, 2020). Buscando compreender o impacto dessa variável no sucesso das empresas, o presente trabalho tem o objetivo de investigar pesquisas anteriores que usaram dinâmica de sistemas para compreender os impactos da satisfação dos clientes sobre os negócios. Primeiramente, foi explorada a origem da ferramenta de dinâmica de sistemas e seus principais conceitos. No segundo momento, foram explorados artigos que abordassem a variável satisfação do cliente usando esse campo teórico.

2. METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico sobre dinâmica de sistemas e satisfação do cliente foi realizado através da busca por artigos disponibilizados no Periódicos Capes (que é um portal brasileiro, gratuito para muitas universidades, que permite acesso à diversas bases de dados nacionais e internacionais) e no *Google Scholar*. Foram usados os termos de pesquisa “*system dynamics*” e “*customer satisfaction*”, separados e combinados, encontrando-se artigos relacionados aos temas. Por fim, foram escolhidos quatro trabalhos que continham a variáveis “*customer satisfaction*” em seus modelos de dinâmica de sistemas, formando a base da exploração do presente estudo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Dinâmica de sistemas

Segundo Meadows (2008, p. 11), um sistema é um conjunto de elementos interconectados que propicia o atingimento de um objetivo em comum. A colaboração e sincronia entre as partes transforma o conjunto em algo maior que o todo, por isso é possível notar uma infinidade de sistemas presentes no universo e suas inúmeras camadas. Em síntese, a autora afirma que um sistema é composto de elementos, interconexões e um propósito.

De acordo com Sterman (2000, p. 4) a dinâmica de sistemas pode ser interpretada como “método para facilitar o entendimento de sistemas complexos”. Indo além, Morecroft (2015, p. 6) afirma que o propósito da criação de modelos dinâmicos para simulações é estabelecer bases para novos futuros, tanto para organizações como indivíduos. Para a compreensão da dinâmica de forma holística, Sterman (2000, p. 11) afirma que é preciso identificar quais são os efeitos desencadeados por cada uma das decisões sobre as variáveis do sistema, também conhecida como visão de mundo orientada a *feedbacks*. Os *feedbacks* são as respostas que o sistema dá a cada interação, que não necessariamente ocorrem no mesmo momento da ação realizada.

Amaral (2012) explica que as variáveis de um sistema podem ser exógenas (externas ao sistema) ou endógenas (internas ao sistema). Ainda segundo Amaral (2012, p. 76), “uma relação de causalidade positiva indica um relacionamento diretamente proporcional” entre as variáveis e a relação de causalidade negativa “mostra um relacionamento inversamente proporcional”. No entanto, Morecroft (2015, p. 56) afirma que o efeito sobre uma variável não é somente causado pela outra variável pertencente à relação causal, mas por uma soma de outros fatores cumulativos associados. Devido à complexidade do mundo, não é fácil isolar as variáveis e identificar as respostas do sistema, pois muitas delas permanecem invisíveis aos olhos e somente observadores treinados conseguem notar a sua sutileza (MORECROFT, 2015, p. 38).

Além das relações causais e suas polaridades, também podem existir ciclos de *feedback* entre as variáveis, que ocorrem quando dois fatores são mutuamente dependentes. Um ciclo de *feedback* pode ser de realimentação (positivo) ou de balanceamento (negativo) (MORECROFT, 2015, p. 40). Segundo Amaral (2012, p. 85) quando existe um ciclo positivo, acabam sendo formados um ou mais ciclos negativos

que combatem o seu crescimento. Os ciclos de balanceamento podem ser de equilíbrio ou voltados ao atingimento de uma meta, já os ciclos de reforço podem levar ao crescimento exponencial ou ao colapso do sistema (MEADOWS, 2008). Os ciclos de feedback também são responsáveis por gerar atrasos nas respostas entre as variáveis, dificultando a identificação das relações de causa e efeito para criação de uma política efetiva. Os atrasos, como visto, são gerados pela inércia dos sistemas, que resistem à mudança uma vez que tem estoques de recursos disponíveis (AMARAL, 2012).

Uma vez definidas as variáveis, relações de causalidade, estruturas de feedback e de atraso, é possível construir diagramas causais, que são ferramentas de visualização das respostas dos sistemas e capazes de revelar as suas interconexões (MORECROFT, 2015). Nesses diagramas, todas as variáveis definidas como parte do sistema são retratadas, assim como os seus relacionamentos e ciclos de balanceamento ou reforço, caso existam. É recomendado que esse diagrama, ou mapa, seja construído gradualmente, permitindo a iteração do modelo e a aperfeiçoamento da técnica de modelagem (STERMAN, 2000).

3.2. Satisfação do cliente

Conforme proposto pelo Índice Americano de Satisfação do Cliente (FORNELL *et al.*, 1996), presente na

Figura 1, a satisfação do cliente é um produto do valor percebido em função das expectativas e da qualidade percebida pelo cliente sobre um produto ou serviço, sendo uma medida intrinsecamente subjetiva. Além disso, essa métrica tem impacto direto na quantidade de reclamações e na lealdade do cliente. Com esse constructo, é possível ter em mente os fatores antecedentes e as consequências diretamente relacionadas a essa variável.

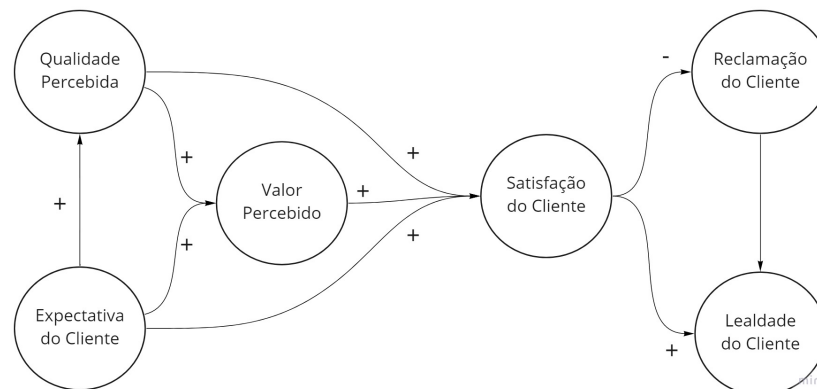
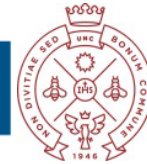


Figura 1: Estrutura metodológica do modelo do Índice Americano de Satisfação do Cliente – Fonte: Adaptado de Fornell *et al.* (1996)

4.RESULTADOS

Para este artigo, de todos os trabalhos encontrados (alguns tratavam marginalmente o assunto enquanto outros o abordam em profundidade) foram separados quatro, por sua aplicabilidade direta. O trabalho de Waren *et al.* (1997) investigou os impactos de decisões de negócio sobre as taxas de crescimento de empresas. Foi realizado um estudo de caso em uma rede de restaurantes europeia que passou por uma década de grande expansão. O objetivo do modelo foi guiar gerentes no processo de lidar com os conflitos entre qualidade do serviço e os custos operacionais em fases de crescimento nos negócios.

O ciclo de balanceamento proposto pelos autores evidencia que o crescimento da base de clientes (*customer base*) gera o aumento do tempo de espera (*waiting time*) e



a diminuição da satisfação do cliente (*customer satisfaction*) após um período (atraso). Essa variável, por sua vez, é diretamente proporcional ao crescimento da base de cliente, fechando o ciclo. Em síntese, a base de clientes é regulada pela sua dinâmica com tempo de espera e a satisfação dos clientes.

Paralelamente, há um ciclo de reforço no sistema, quando o crescimento da base de clientes implica no aumento da lucratividade (*profitability*), que permite investimentos de manutenção das instalações (*maintenance expenditure*), aumentando a atratividade (*attractiveness*) do restaurante. Quanto mais atrativo o restaurante for para os seus potenciais fregueses, maior será a sua base de clientes. Esse ciclo tem um comportamento exponencial e regula a base de clientes juntamente com o ciclo balanceamento envolvendo tempo de espera e satisfação.

Conclui-se que o estudo de Waren et al (1997) foi interessante para ilustrar de forma simplificada os limites de crescimento de uma empresa, levando em conta a satisfação do cliente e as limitações impostas pelos custos operacionais. O levantamento desse trabalho é relevante pois evidencia uma dinâmica comum a empresas de diversos segmentos, abrindo a possibilidade de generalização desse modelo mental.

O estudo de King (2001) fez uma compilação dos fatores disponíveis na literatura sobre a relação entre a satisfação do cliente e a lucratividade de uma empresa de bens duráveis. O autor ressaltou que estudos anteriores sobre o tema consideraram uma relação linear entre a satisfação, retenção do cliente e lucratividade, e que essa visão limitou as análises, no entanto elas continuaram válidas como base para a evolução dessa abordagem para o pensamento sistêmico proposto por ele no artigo.

O autor retratou a variável de satisfação do cliente (*customer satisfaction*) afetando de forma diretamente proporcional a retenção (*customer retention*) e, conseqüentemente, o número total de clientes (*total customers*). O modelo assume que o aumento do número total de clientes gera o crescimento da lucratividade (*profitability*), que permite investimentos de marketing (*customer satisfaction marketing*) e assim aumentando a satisfação do cliente, fechando o loop de reforço desse fenômeno. Paralelamente ao crescimento da base de clientes, existe um ciclo de balanceamento que considera uma queda na importância relativa dos clientes para a própria empresa (*internal value relating to customers*), uma vez que a base está maior, gerando a diminuição na necessidade de satisfazer todos os clientes (*ability to satisfy*), afetando negativamente a satisfação total.

King (2001) ainda indica que há atrasos entre o aumento da satisfação e a retenção dos clientes, assim como entre a queda na necessidade que a empresa tem de satisfazer os clientes e o seu impacto efetivo na satisfação. No mesmo estudo, um segundo modelo é proposto pelo autor, incluindo variáveis como receita (*revenue*), qualidade (*quality expenditure*, *actual quality* e *perceived quality*), preço (*average price per unit*) e valor (*value*), justificando de forma mais abrangente a não-linearidade da relação entre satisfação do cliente e receita da empresa. O autor concluiu que o modelo conseguiu abordar de forma satisfatória a relação entre satisfação do cliente e lucratividade, mas que ainda deveria ser investigado em outros sistemas.

O trabalho de Hsieh e Yuan (2010) aborda o gerenciamento da expectativa dos clientes e sugere como os provedores de serviços devem administrá-la para que possam alcançar seus objetivos de negócios. Os autores propuseram um mapa causal para auxiliar a criação de experiências de serviços que assume uma relação diretamente proporcional entre a satisfação do cliente (*customer satisfaction*) e o lucro da empresa (*profit*). Com o maior lucro, é possível realizar investimentos (*investment*) em tecnologia (*information technology*), qualidade dos trabalhadores (*employee quality*) e melhoria do ambiente de prestação de serviço (*environment setting*), aumentando a capacidade do provedor (*provider capability*) e, conseqüentemente, afetando a percepção (*customer*



perception) e expectativas dos clientes (*customer expectation*), formando a retroalimentação do sistema.

Por fim, há atrasos nos impactos de investimentos na qualidade dos funcionários, tecnologia e melhoria do ambiente de serviço. Com base nesses atrasos observados, as variáveis capacidade do provedor (*provider capability*), lucros da empresa (*profit*) e satisfação do cliente (*customer satisfaction*) foram consideradas do tipo estoque. Através desse trabalho, os autores concluíram que considerar as expectativas do cliente durante a criação de experiências de serviço eleva a qualidade da prestação da empresa e a sua competitividade, uma vez que o aumento da satisfação do cliente com o provedor impacta no aumento de receita e essa dinâmica de retroalimentação causa a diferenciação dos serviços da empresa em questão, frente a outros prestadores.

O trabalho de Hosseinzadeh et al (2021) utilizou dinâmica de sistemas para analisar os aspectos que afetavam a satisfação do cliente em uma operação de distribuição omnicanal. Após revisão da literatura e entrevistas com especialistas, foram elencadas 42 variáveis que fizeram parte do diagrama de estoque e fluxo construído, entre elas a atratividade da marca (*brand attractiveness*), preço de venda do produto (*product selling price*), a criação de valor (*value creation*) e margem de lucro bruta (*gross profit*). Os autores assumiram o tempo de entrega (*delivery time*), custo (*cost*) e satisfação dos clientes (*customer satisfaction*) como variáveis do tipo estoque.

Os fatores que influenciam diretamente o estoque de satisfação são a criação de valor e atratividade da marca. O modelo assume que existem relações entre satisfação do cliente e margem bruta da empresa, através do relacionamento com o cliente e da quantidade de mercadorias vendidas. Um dos desdobramentos da margem bruta está no aumento da confiabilidade do sistema, sendo essa refletida sobre a atratividade da marca e, conseqüentemente, sobre a satisfação do cliente, que se encadeia sobre o relacionamento com o cliente e a experiência do usuário. Essa variável, conforme citado anteriormente, tem uma relação diretamente proporcional com a margem bruta, caracterizando um notável ciclo de reforço entre margem bruta e satisfação do cliente.

Por fim, o trabalho de Hosseinzadeh et al (2021) realizou uma otimização através da construção de cenários com 11 das variáveis do modelo, e um desses cenários apresentou crescimento da satisfação através da diminuição do tempo de entrega, tendo o menor custo possível. Sendo assim, o estudo serve como base para construção estratégias de vendas que garantam eficiência financeira e satisfação do cliente.

Com base nesses quatro estudos observados, foi possível construir a tabela 1 com as principais variáveis presentes nos mesmos, buscando evidenciar as similaridades e percepções dos autores em seus modelos propostos. As variáveis são satisfação do cliente, lucro, qualidade, atratividade, investimento, receita e preço.

Autoria	Satisfação do Cliente	Lucro	Qualidade	Atratividade	Investimento	Receita	Preço
Waren et al (1997)	✓	✓		✓	✓		
King (2001)	✓	✓	✓			✓	✓
Hsieh e Yuan (2010)	✓	✓	✓		✓		
Hosseinzadeh et al (2021)	✓	✓	✓	✓			✓

Tabela 1: Resumo sobre as principais variáveis presentes nos estudos selecionados



5. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu a visualização da complexidade da satisfação do cliente nas empresas, evidenciando a aplicabilidade da dinâmica de sistemas para proposição de soluções para problemas relacionados a esse tema. As várias interdependências fazem com essa ferramenta seja adequada para a elaboração de estudos de caso abordando esse fenômeno em diversos segmentos. Com essa perspectiva, será possível simular e otimizar cenários de relacionamento com o consumidor através de políticas que busquem a lucratividade das empresas.

6. REFERÊNCIAS

AMARAL J. A. A. (2012): *Desvendando Sistemas*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2012. 253 p. .9788591158010.

DASH G., KIEFER K. e PAUL J. (2020): "Marketing-to-Millennials: Marketing 4.0, customer satisfaction and purchase intention". *Journal of Business Research* pp. 608–620.

FORNELL C. *et al.* (1996): "The American Customer Satisfaction Index: Nature, Purpose, and Findings". *Journal of Marketing* v. 60, n. 4, pp. 7–18.

HOSSEINZADEH A., ESMAILI, H. e SOLTANI R. (2021): "Providing a system dynamics model to evaluate time, cost, and customer satisfaction in omni-channel distribution: A case study". *Iranian journal of Management Studies* v. 14, n. 2, pp. 291–310.

HSIEH Y. e YUAN S. (2010): "Modeling service experience design processes with customer expectation management". *Kybernetes* v. 39, n. 7, pp. 1128–1144. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/03684921011062746>>.

KING G. (2001): A system dynamics view of the role of customer satisfaction in increasing company profits. *Systems in Management 7th Annual ANZSYS Conference 2001* pp. 220–228.

<https://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=7894&context=ecuworks&httpsredir=1&referer=#page=229>>.0-7298-0500-X.

KOTLER, P. e KELLER, K. L. (2006): *Administração de Marketing*. 12. ed. [S.l.: s.n.], 2006. 750 p. .9788576050018.

MEADOWS D. H. (2008): *Thinking in Systems*. 1. ed. London: Earthscan, 218 p. .978-1-84407-726-7.

MORECROFT J. D W. (2015): *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach*. 2. ed. [S.l.: s.n.], 466 p. .9781118844687.

ÖZKAN P. *et al.* (2020): "The effect of service quality and customer satisfaction on customer loyalty: The mediation of perceived value of services, corporate image, and corporate reputation". *International Journal of Bank Marketing* v. 38, n. 2, pp. 384–405.

PENNINGTON A. (2016): *The Customer Experience Book*. [S.l.: s.n.], 211 p. 1 v. .978-1-292-14847-2.

STERMAN J. D. (2000): *Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. [S.l.]: McGraw-Hill Companies, .0-07-231135-5.

WARREN K. D, VAN ACKERE A. e LARSEN E. R. (1997): "The Growth of Service and the Service of Growth". *Decision Support Systems* v. 19, pp. 271–287.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio para a realização deste trabalho.



ANÁLISE DA COMPLEXIDADE DA LOGÍSTICA DO TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS ATRAVÉS DA DINÂMICA DE SISTEMAS

ISABELA CHAVES ALVES – MARYELE VIEIRA DE ARRUDA BENITES - NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE
Universidade Federal Fluminense

isabelaca@id.uff.br - mbenites@id.uff.br - nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

A logística do transplante de órgãos é complexa e sistêmica, englobando prazos curtos, alta perecibilidade, exigência de multimodalidade e questões culturais. Com o objetivo de modelar a logística do processo de transplante no Brasil, o presente trabalho apresenta a etapa inicial da pesquisa, que identificou aplicações de dinâmica de sistemas em transplantes. Embora muitos trabalhos abordassem o tema, poucos apresentavam diagrama causal e/ou o estoque-fluxo. Após análises, 17 grupos de variáveis foram definidos, considerando aspectos que vão desde a características dos doadores, taxa de sucesso da operação e a capacidade das mais diversas partes do sistema. Todos os estudos, porém, apontaram a importância da organização logística e o seu impacto tanto no volume quanto na qualidade das cirurgias realizadas.

Palavras-Chave: DINÂMICA DE SISTEMAS – TRANSPLANTES – LOGÍSTICA

ABSTRACT

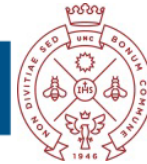
The organ transplantation logistics are complex and systemic, encompassing short deadlines, high perishability, multimodality requirement and cultural issues. In order to model the logistics of the transplant process in Brazil, this paper presents the initial stage of the research, which identified studies applying system dynamics to transplants. Although many works addressed the topic, few presented a causal diagram and/or stock-flow. After analysis, 17 groups of variables were defined, considering aspects ranging from the characteristics of the donors, the success rate of the operation and the capacity of the most diverse parts of the system. All studies, however, pointed out the importance of logistical organization and its impact on both the volume and quality of surgeries performed.

Keywords: SYSTEM DYNAMICS – TRANSPLANTS – LOGISTIC

1. INTRODUÇÃO

Os aspectos logísticos do processo de transplante envolvem as tarefas de acondicionamento, armazenagem e transporte dos órgãos em períodos determinados pelo seu respectivo tempo de isquemia - tempo que o órgão fica sem vascularização (LIRA; REIS; SANTOS, 2016). Nesse sentido, a logística do transplante de órgãos almeja garantir o melhor aproveitamento dos órgãos disponíveis, através da otimização das condições técnicas de preservação, transporte e distribuição (GARCIA; PEREIRA; GARCIA, 2015).

Como a logística do transplante de órgãos se trata de um problema sistêmico, é necessário utilizar ferramentas e métodos sistêmicos que permitam a modelagem de problemas reais complexos (PULLEN, 2019; STERMAN, 2000). A proposta da dinâmica de sistemas (do inglês *System Dynamics*) permite o entendimento e a modelagem da estrutura e das dinâmicas de sistemas complexos, como o caso em questão. O foco da



abordagem é entender o sistema de forma geral e completa, com ênfase nas relações entre as variáveis e sua influência no comportamento do sistema.

O presente trabalho tem por objetivo identificar na literatura aplicações de dinâmica de sistemas para a logística do transplante de órgãos, de forma a melhor compreender as variáveis que o compõem e com isso, em estudos futuros, ser capaz de desenhar o complexo sistema brasileiro, permitindo a simulação e teste de políticas públicas de melhoria.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. TRANSPLANTE DE ÓRGÃOS

O tempo de isquemia (TI) do órgão é definido como o intervalo de tempo desde a remoção de um órgão até o término da operação de transplante no receptor, sendo composto pelo tempo de isquemia quente inicial, tempo de isquemia fria e tempo de isquemia quente final ou de anastomose (GARCIA; PEREIRA; GARCIA, 2015; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). O tempo de isquemia fria inicia-se com a infusão da solução de preservação e estende-se até a retirada do órgão de sua embalagem de preservação para o implante. Cada órgão apresenta um tempo de isquemia fria aceitável, que determina o tempo limite para o transporte do órgão desde o seu doador até o receptor final (ABTO, 2009).

O processo de transplante de órgãos, sob o ponto de vista logístico, engloba o acondicionamento, a armazenagem e o transporte dos órgãos, considerando os seus respectivos tempos de isquemia fria e as distâncias entre doador e receptor. Além disso, considerações sobre o agendamento de salas cirúrgicas, alocação de equipes especializadas e suprimento de materiais e equipamentos são importantes para a logística. O fluxo logístico pressupõe flexibilidade, rapidez e precisão, com o objetivo de possibilitar a chegada do órgão em estado ideal do doador ao receptor (GUSSEN, 2014; RATZ, 2006). Um ponto crucial é que o planejamento logístico deve ser precedido pela definição da alocação do órgão, por meio da análise dos potenciais receptores registrados na lista de espera e das informações do doador, de forma a definir a melhor combinação para o órgão doado, segundo os critérios definidos (FUZZATI, 2005).

2.2. DINÂMICA DE SISTEMAS

A dinâmica de sistemas surgiu do trabalho do professor Jay Forrester na década de 1950, como uma ferramenta de modelagem e simulação para sistemas complexos e dinâmicos. O desenvolvimento da metodologia teve como base a teoria de sistemas de informação-*feedback*, o conhecimento dos processos de tomada de decisão, a abordagem de modelo experimental para sistemas complexos e a simulação computacional (FORRESTER, 1958; STERMAN, 2000).

O *feedback*, isto é, a constatação de que o resultado das ações afeta o ambiente e define as situações enfrentadas mais adiante, o que, por sua vez altera a abordagem para o problema e influencia futuras decisões, constitui a base para o entendimento da estrutura fundamental de integração das diferentes facetas do sistema. Os comportamentos mais complexos dos sistemas não ocorrem devido aos próprios componentes, mas por conta da interação e dos *feedbacks* entre os mesmos (FORRESTER, 1961; STERMAN, 2000).

A metodologia de dinâmica de sistemas apresenta como principais elementos os diagramas causais (*causal loop diagram*) e os diagramas de estoque e fluxo (*stock and flow diagram*). O diagrama causal tem o objetivo de prover uma visão qualitativa do sistema, através da representação das interações existentes, relações de causa e efeito



entre variáveis e ciclos de *feedback*. Já o diagrama de estoque e fluxo, normalmente construído a partir do diagrama causal, permite análises quantitativas do comportamento do sistema (STRAUSS; BORENSTEIN, 2015).

3. METODOLOGIA

A base Scopus do Portal Periódico CAPES foi utilizada para a pesquisa dos trabalhos. Primeiramente, foram pesquisados materiais relacionados aos três temas explorados (dinâmica de sistemas, transplante e logística), utilizando os termos “*system dynamics*”, “*logistic*” e “*transplant*” para o título, resumo ou palavras-chave, sem filtros quanto ao tipo, período ou autoria das publicações. No entanto, não foram encontrados resultados com estas especificações.

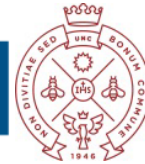
Em seguida, dois desses temas foram pesquisados em combinação, consultando os termos “*system dynamics*” e “*transplant*”, também no título, resumo ou palavras-chave, sem filtros quanto ao tipo, período ou autoria das publicações. O objetivo desta busca foi selecionar trabalhos que apresentassem um modelo geral do transplante de órgãos, para a melhor compreensão e entendimento do processo e variáveis analisadas, assim como identificação das considerações sobre a logística do sistema. No total, foram retornados cinco resultados para esta pesquisa.

Para a definição dos artigos selecionados para análise, foram definidos os seguintes critérios. Primeiramente, foi verificada a disponibilidade do trabalho completo, porém todos os cinco trabalhos encontrados na busca estavam disponíveis na íntegra. Por conseguinte, foi realizada uma análise inicial, com a leitura do resumo e das palavras-chaves, apenas para o entendimento do contexto, sem qualquer filtro de trabalhos nesta etapa. Em seguida, era preciso verificar se o trabalho possuía um modelo de dinâmica de sistemas (SD), como um mapa conceitual e/ou diagrama de estoque e fluxo para análise. Apenas um dos cinco trabalhos não apresentava modelo e foi excluído nesta etapa. Por fim, foi realizada uma análise mais detalhada do conteúdo dos trabalhos selecionados até o momento, entendendo o escopo dos modelos construídos e as informações abordadas relacionadas à logística do transplante de órgãos. Os artigos que não apresentassem variáveis que pudessem ser adaptadas para o modelo a ser construído neste trabalho foram descartados. Nesse caso, mais dois artigos foram descartados: um por tratar de um modelo cujo objetivo era utilizar dinâmica de sistemas para prever a população com doença renal em estágio terminal, atuando na doença que gera a necessidade do transplante, mas sem entrar em detalhes sobre o transplante em si; e o segundo por se tratar de um exemplo abordado em um capítulo de livro. Após esta etapa, os dois artigos restantes foram selecionados. Por fim, também foi implementada uma busca auxiliar nas referências dos trabalhos selecionados e no Google Scholar, adicionando outros dois trabalhos à seleção, totalizando quatro artigos para análise, que será apresentada na próxima seção.

4. RESULTADOS

Os quatro artigos selecionados são discutidos a seguir (CRUZ *et al.*, 2019; DEVI *et al.*, 2010; HIRSCH *et al.*, 2012; PARICIO; FIGAL, 2015).

Em relação aos aspectos gerais destes artigos, dois deles têm como foco o contexto estado unidense, enquanto os outros dois se concentram na Colômbia e na Índia. Três dentre os quatro artigos analisados estudam o transplante de rins, que é o órgão com maior atividade e demanda de transplante. Todos os artigos apresentam diagrama causal, porém alguns com o modelo completo, ou seja, todas as variáveis em um único diagrama e outros de forma incompleta, com vários diagramas segmentados, mas sem uma visão geral com todas as variáveis. Apenas Devi et al (2010) não



apresenta diagrama de estoque e fluxo e divisão de subsistemas no modelo. Todos os trabalhos utilizaram simulações com dados reais e apresentam propostas de políticas.

Devi *et al* (2010) apontam a falta de recursos como uma das razões da demanda de transplantes não atendida. Além disso, também destacam como outros motivos a inexistência de *tracking* de órgãos e organizações de procura, que geram como consequência desperdícios e/ou infecções de órgãos doados e delays, dada a necessidade de agendamento de salas de cirurgia e a coordenação imprópria entre os recursos humanos envolvidos no processo.

Hirsch *et al* (2012) também abordam a importância da qualidade dos órgãos, que apresenta grande influência no sucesso do transplante, assim como na tolerância de risco dos cirurgiões e na disposição de pacientes de ingressarem na lista de espera de transplantes. O processo de alocação do órgão e *matchmaking* são abordados, principalmente considerando que os critérios de aceitação adotados afetam diretamente o número de órgãos recuperados e por sua vez permitem que matches entre doadores e receptores sejam mais rápidos. Com isso, a maior agilidade na retirada e implante do órgão também ajuda a garantir maior qualidade do enxerto. Ainda sobre a alocação, os autores destacam que um maior número de pessoas na lista de espera acaba por aumentar a probabilidade de compatibilidade para os órgãos ofertados, resultando em menos descartes de enxertos. Além disso, ainda afirmam que a taxa de transplantes e o tempo de espera dependem não apenas da disponibilidade dos doadores e receptores, mas também da capacidade dos programas de transplante.

Assim como nos dois artigos anteriores, Paricio and Figal (2015) mencionam o desafio relacionado à perda de órgãos. Em seu modelo, assumem que apenas 85% dos rins disponíveis são de fato utilizados para fins de transplante, enquanto os 15% restantes são perdidos, de acordo com dados da OPTN. Tais perdas são resultado, por exemplo, das dificuldades em encontrar receptores compatíveis dentro de uma área limitada.

Por fim, Cruz *et al* (2010) aponta que na realidade, existem outras variáveis que afetam o número de doadores cadáver no subsistema de doação de rins. Dentre elas, a subdetecção de potenciais doadores, problemas no diagnóstico de morte cerebral, falhas na manutenção da estabilidade hemodinâmica ou barreiras administrativas e/ou legais, como a indisponibilidade de recursos para retirada de órgãos que é frequente na Colômbia, concentrando aproximadamente 9.7% dos casos.

Dentre as variáveis da logística de transplantes, algumas estiveram relacionadas ao ponto de partida do número de doadores, como doadores potenciais, presente em todos os artigos, percentual de doação e doações realizadas. Três variáveis importantes também presentes em todos os artigos dizem respeito ao resultado, de transplantes bem-sucedidos, transplantes malsucedidos e possível impacto na lista de espera. Ademais, alguns trabalhos também abordaram variáveis relacionadas às campanhas de doação e conscientização da população. Além de variáveis nos limites de início e término do processo, também foi possível a identificação de variáveis intermediárias, que envolvem a logística da doação de órgãos, como o processo de alocação (*crossmatch* e taxa de sucesso, taxa de aceitação alocação para casos urgentes), transporte, qualidade do enxerto (taxa de dano do órgão e qualidade do órgão) e capacidades do sistema (capacidade do hospital, capacidade necessária por transplante e recursos das organizações de procura). Apesar de não apresentarem com muitos detalhes ou terem como foco o aspecto logístico do processo, as variáveis consolidadas na Tabela 1 são primordiais para a logística do processo de transplante.



	Devi et al (2010)	Hirsch et al (2012)	Paricio e Figal (2015)	Cruz et al (2019)
Número de variáveis total	25	~180	+160	22
Doadores potenciais	<i>Potential donors</i>	<i>Medically suitable donos</i>	<i>Potential available kidneys (teenagers, adults and elderly)</i>	<i>Potential donors</i>
Percentual de doação	<i>Donation fraction</i>	<i>Donation rate</i>		
Campanhas de doação	<i>Campaign effectiveness</i>			<i>Awareness campaigns</i>
Conscientização da população			<i>Awareness due to close friends/family transplants</i> <i>Awareness due to media campaign</i>	
Doações	<i>Donations</i>	<i>Organs for transplant</i>	<i>Total available kidneys</i>	
Transplantes bem-sucedidos	<i>Successful transplants</i>	<i>Successful transplants</i>	<i>Successful transplants</i>	<i>Transplanted patients</i>
Transplantes mal-sucedidos	<i>Unsuccessful transplants</i>	<i>Graft failure</i>	<i>Bad acceptance of the organ</i>	<i>Patients rejecting kidney transplanted</i>
Lista de espera	<i>Waiting list</i>	<i>Active waiting list</i>	<i>Waiting list for a kidney transplant</i>	<i>Transplant Waiting List</i>
Crossmatch e taxa de sucesso	<i>crossmatching and sucess rate</i>			
Transporte	<i>Sent to other hospitals</i>			
Taxa de dano do órgão	<i>Rate of outdation</i>			
Qualidade do órgão	<i>Outdated cornea</i>	<i>Organ quality</i>		
Taxa de aceitação do órgão		<i>Acceptance rate</i>		
Capacidade do hospital		<i>Transplant center capacity</i>		
Capacidade necessária por transplante		<i>Capacity needed per transplant</i>		
Recursos das organizações de procura		<i>OPO staff, OPO financial resources</i>		
Alocação para casos urgentes			<i>Kidneys from allocations priority policy goind to transplantation</i>	

Tabela 1 - Detalhe Variáveis Úteis SD + Transplante

5. CONCLUSÃO

Considerando a realidade da falta de equilíbrio entre a demanda e a oferta de órgãos, tanto no contexto nacional como internacional, além da importância de aumentar o número de doadores efetivos, é também crucial assegurar que os órgãos já doados sejam efetivamente transplantados. Nesse sentido, a organização logística deste processo impacta tanto no volume quanto na qualidade das cirurgias realizadas. Por se tratar de um problema sistêmico, a metodologia da dinâmica de sistemas auxilia na compreensão das variáveis e influências dentro do sistema.

Apesar de sua extrema importância, ainda são poucos os trabalhos sobre a logística do transplante de órgãos e ainda é limitada a aplicação da dinâmica de sistemas. Os artigos analisados apresentaram considerações logísticas relevantes e permitiram o mapeamento de variáveis para a formulação de um modelo de dinâmica de sistemas específico para a logística do transplante de órgãos no Brasil em estudos futuros.



6. REFERÊNCIAS

ABTO (2009): Diretrizes básicas para captação e retirada de múltiplos órgãos e tecidos da Associação Brasileira de Transplante de Órgãos. São Paulo.

CRUZ J. P., GUERRERO W. J., PÉREZ E. R., LIZARAZO D. L., RICO P. C., CASTILLO A. M. e TORRES L. N. (2019): "Kidney Procurement System in Colombia: A System Dynamics Approach". *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, vol. 18, n. 36.

DEVI S. P., RAO K. S., KRISHNASWAMY S. e WANG S. (2010): "System dynamics model for simulation of the dynamics of corneal transplants". *Opsearch*, vol. 47, n. 4, pp. 284–292.

FORRESTER J. W. (1958): "Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*". *Harvard Business Review* vol. 36, n. 4, pp. 37–66.

FORRESTER J. W. (1961): *Industrial Dynamics*. Massachusetts Institute of Technology, 480 p. .

FUZZATI R. (2005): *Organ Transplantation Management*. Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL).

GARCIA C. D., PEREIRA J. D. e GARCIA V. D. (2015): *Doação e Transplante de Órgãos e Tecidos*. São Paulo: Segmento Farma, 560 p.

GUSSEN C. T. G. (2014): *Gestão dos Processos de Doação e de Transplante de Órgãos sob a Ótica Lean*. Rio de Janeiro: UFRJ, 274p. Dissertação (mestrado) - UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração.

HIRSCH G. B., SAEED, K., MCCLEARY K. J. e MYER K. A. (2012): *Deceased Donor Potential for Organ Transplantation: A System Dynamics Framework*. Proceedings of the 30th International Conference of the System Dynamics Society, St. Gallen Switzerland, July .

LIRA A. R., REIS E. L. e SANTOS M. V. O. (2016): "Processo de Transporte de Órgãos para Transplante na Cidade de São Paulo". *REFAS - Revista FATEC Zona Sul*, vol. 2, n. 3.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2020): *Doação de Órgãos: transplantes, lista de espera e como ser doador*. Disponível em: <<http://saude.gov.br/saude-de-a-z/doacao-de-orgaos#:~:text=Os principais passos para doar,feita após a autorização familiar.>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

PARICIO I e FIGAL J. (2015): *A System Dynamics Model of the Kidney Transplants in the U.S.* In 33rd International Conference of the System Dynamics Society, Massachusetts.

PULLEN L. C. (2019): "Tackling the Growing Problem of Transporting Organs". *American Journal of Transplantation* vol. 19, n. 6, pp. 1603–1604.

RATZ W. (2006): *Indicadores de Desempenho na Logística do Sistema Nacional de Transplantes: Um estudo de caso*. São Carlos: USP, 172p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Produção.

STERMAN J. (2000): *Business Dynamics*. 1008 p.

STRAUSS L. M. e BORENSTEIN D. (2015): "A system dynamics model for long-term planning of the undergraduate education in Brazil". *Higher Education* vol. 69, n. 3, pp. 375–397.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq, pelo apoio para a realização deste trabalho.



ESTRUCTURA DE PROBLEMAS DE DECISIÓN EN LA SELECCIÓN DE HOSPITALES EN FUSIONES Y ADQUISICIONES CON PENSAMIENTO CENTRADO EN EL VALOR (VFT)

LANA PRISCILA CAVADAS DA SILVA¹ - CARLOS FRANCISCO SIMÕES GOMES¹ - MARCOS DOS SANTOS²
NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE¹

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF

² Instituto Militar de Engenharia - IME

*lanapriscola@id.uff.br - cfsg1@bol.com.br - marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br -
nissiabergiante@id.uff.br*

RESUMEN

Las técnicas de Investigación Operativa Soft son útiles para apoyar la toma de decisiones al ayudar a obtener los principales valores de los tomadores de decisiones involucrados. El proceso de elección de un objeto para fusiones y adquisiciones es siempre un problema complejo porque implica el cumplimiento de varios objetivos que, en ocasiones, no son bien conocidos por todas las partes interesadas en el proceso. En este contexto, se utilizó la herramienta VFT - Value Focused Thinking para estructurar el problema de selección de hospitales para procesos de fusiones y adquisiciones en una red privada de salud brasileña, junto con el análisis bibliográfico y el análisis documental de los datos públicos de la empresa, dando como resultado un conjunto de cuatro criterios.

Palabras Clave: INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT, FUSIONES Y ADQUISICIONES, HOSPITALES, VFT.

ABSTRACT

Soft operations research techniques are useful in supporting decision making by helping to elicit the main values from the decision makers involved. The process of choosing an object for mergers and acquisitions is always a complex problem because it implies the fulfillment of several objectives that, sometimes, are not well known by all the parties interested in the process. In this context, the VFT - Value Focused Thinking tool was used to structure the problem of selecting hospitals for mergers and acquisitions processes in a private Brazilian health network, together with the bibliographic analysis and documentary analysis of the public data of the company, resulting in a set of four criteria.

Keywords: SOFT OPERATIONAL RESEARCH, MERGERS AND ACQUISITIONS, HOSPITALS, VFT.

1. INTRODUCCIÓN

La concentración de hospitales en grandes grupos es una tendencia empresarial que se observa en todo el mundo. Uno de los motivos destacables de este evento es la búsqueda de la eficiencia orientada a la sostenibilidad de las organizaciones. Con ello, si bien los pacientes, aseguradoras y planes de salud se ven sometidos a una reducción del entorno competitivo, también se benefician de un aumento de la eficiencia operativa, menos errores en los procesos asistenciales y una mayor calidad en los servicios prestados (MIGOWSKI, 2020). El fenómeno de concentración de



empresas proveedoras de servicios hospitalarios en grandes grupos puede estar asociado a factores estratégicos como los avances tecnológicos, el deseo de mayor poder de negociación y la obtención de recursos financieros con el objetivo de ampliar las instalaciones (WEIL, 2010); economía de escala, calificación y uso más eficiente de las inversiones en tecnología, menor poder de negociación de los demandantes debido a un menor número de opciones para elegir (KURAMOTO, 2014); deterioro del flujo de caja y búsqueda de asociaciones (FINK, BURNS, 2014).

Un caso de estudio para comparar las compras hospitalarias puede incrementar la competitividad en esta área de negocio y, en esta situación, los gestores hospitalarios son los profesionales que definen los criterios para evaluar la calidad del servicio. Por tanto, se sabe que tener en cuenta criterios inadecuados o irrelevantes no conducirá a la excelencia organizacional (TORKZAD, 2019). Una de las formas de obtener los beneficios de estas situaciones a la hora de resolverlas se compone de dos actividades triviales: decidir qué se quiere y luego averiguar cómo lograrlo, y con esta propuesta, VFT - Value Focused Thinking, proporciona una estructura más adecuada forma de pensar sobre las decisiones, desarrollando y apoyando juicios subjetivos que son fundamentales para decisiones eficientes (KEENEY, 1994).

Inicialmente, VFT aparece como una metodología enfocada en apoyar la toma de decisiones multicriterio, sin embargo, ha ganado popularidad (FRANÇOZO et al, 2019). La multidisciplinariedad es una de las principales características de la Investigación Operativa que, con el objetivo de resolver problemas reales, utiliza varios modelos lógico-matemáticos (DOS SANTOS et al, 2015). Los métodos multicriterio se caracterizan por ser capaces de brindar un soporte claro a la decisión en los que las alternativas son evaluadas por múltiples criterios, apoyando al tomador de decisiones para tomar decisiones sobre problemas complejos, evaluando, ordenando o seleccionando alternativas desde diferentes puntos de vista y de criterios definidos (GOMES; GOMES, 2019).

La elección de este método permite a los tomadores de decisiones identificar, organizar y medir los aspectos (criterios) que considera más relevantes, desde la perspectiva del VFT en la evaluación de adquisiciones hospitalarias recientes.

La estructura de este artículo está organizada en 7 secciones: Introducción, seguida de la contextualización del Problema de Investigación, luego una sesión de Revisión de Literatura enfocada en VFT - Value Focused Thinking, la cuarta contiene la Metodología, la quinta el Estudio de Caso, la sexta son Conclusiones y el séptimo es la sección de Referencias.

2. PROBLEMA

Este artículo tiene como objetivo evaluar las últimas adquisiciones hospitalarias de una empresa del área de salud brasileña, con aproximadamente 45.000 empleados en todo Brasil, atravesando la reciente transición de una sociedad limitada a una empresa que cotiza en bolsa. El tema central de este trabajo será discutido con base en material de dominio público (en inglés) puesto a disposición por esta empresa hospitalaria brasileña en su sitio web y los resultados de la investigación bibliométrica en contraste con los hallazgos a través de la elaboración de VFT con gerentes / especialistas de esta empresa. De esta concatenación de ideas, se destaca que los principales intereses de la empresa objeto de este artículo fueron: "EBITDA", "Brasil", "Hospital", "beds" - camas, "margin" - margen, "sources" - fuente, "market" - mercado y "growth" - crecimiento.



3. VFT – VALUE FOCUSED THINKING

Cuando el poder de toma de decisiones se centra en las alternativas disponibles para resolver problemas, a veces no identifican oportunidades potenciales. Elegir la mejor opción entre un conjunto de alternativas sin considerar la creación de nuevas opciones que involucran la toma de decisiones es un camino de acción limitado (KEENEY, 1992).

Poleto et al (2003) aportan a la propuesta un modelo de decisión para ayudar a los gerentes, en que se realizó un estudio de caso en el contexto de un hospital brasileño, a identificar e implementar políticas de seguridad de la información utilizando la metodología *Value Focused Thinking* (VFT). La implementación del concepto de atención médica basada en valores (VBHC) es una tendencia de gestión creciente en las organizaciones de atención médica suecas, observada por el estudio de NILSON et al (2017) cuyo objetivo era explorar cómo los representantes de cuatro equipos de proyectos piloto experimentaron la implementación de VBHC en un hospital universitario sueco. El trabajo de LONGARAY et al (2018) evalúa el desempeño de las principales actividades del proceso logístico interno de la cadena de suministro de un hospital docente brasileño, mediante un enfoque de análisis de decisiones multicriterio como instrumento de intervención. La investigación de ESCHENBRENNER (2019) propuso identificar estos factores fundamentales del análisis de *big data* en el cuidado de la salud mediante la utilización del pensamiento centrado en el valor (VFT).

4. METODOLOGÍA

El estudio realizado en este artículo incluyó un análisis bibliográfico centrado en las fusiones y adquisiciones, los métodos multicriterio y el ámbito hospitalario. Los documentos seleccionados para el análisis se limitaron únicamente a materiales académicos extraídos de la base de datos SCOPUS, al que se accede a través del portal Capes (www.capes.gov.br), en los meses de abril, mayo y junio de 2021. La elección de la base de datos SCOPUS fue seleccionados por la variedad de materiales y la facilidad de extracción y uso de datos, especialmente por la confiabilidad de la calidad en la base de datos académica.

Se utilizó la siguiente cadena de términos clave para obtener material bibliográfico: "TITLE-ABS-KEY (((("hospital" O "hospitals" O "healthcare systems" O "healthcare system" O "healthcare") Y ("acquisition" O "acquisitions" O "merge" O "M&A") Y ("AHP" O "analytic hierarchy process" O "MCDA" O "MCDM" O "decision making")))) Y PUBYEAR> 1999", devolviendo 775 fuentes bibliográficas para bases teóricas.

Con estos resultados allí, fue posible cumplir con los criterios planteados por el *brainstorming* con los responsables del objeto-empresa: gerentes corporativos y especialistas en el área de cadena de suministro, involucrados directamente en apoyar la toma de decisiones de la alta dirección organizacional en este sentido de los términos más frecuentes y deseables en común en ese momento.

5. ESTUDIO DE CASO

Al utilizar el VFT para estructurar el diseño del problema desde la perspectiva de los involucrados, cuando a diferencia de los resultados obtenidos por el análisis bibliométrico de la base de datos Scopus junto con el análisis de la documentación de dominio público de la empresa, fue posible lograr un conjunto de criterios más



adecuados para su uso en procesos de selección de hospitales para fusiones y adquisiciones, que se enumeran a continuación:

- **Número de camas:** maximización o beneficio (cuanto mayor sea el número, mejor);
- **Inversión** (en millones de reales): minimización o costo (cuanto menor, mejor);
- **Habitantes** de la ciudad del hospital candidato a la compra: maximización o beneficio (cuanto mayor sea el número, mejor);
- **EBITDA** (en millones de reales): “beneficios antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización”. Maximización o beneficio (cuanto mayor sea el número, mejor).

El proceso de toma de decisiones se desarrolla inicialmente en dos fases: divergente y convergente, según lo expuesto por Abuabara et al (2019). La concepción de la fase divergente se llevó a cabo mediante una lluvia de ideas con los responsables del área corporativa de la empresa objeto de este estudio, con el objetivo de comprender las características relevantes para la evaluación de las adquisiciones de nuevos hospitales. En la fase convergente se delimitaron los objetivos, criterios, alternativas de problemas, la elección del método de apoyo a la decisión multicriterio y, finalmente, con todos los resultados generados, los gestores pueden valorar prioridades en la adquisición de nuevos hospitales. Estas fases y sus componentes se representan en la Ilustración 1.

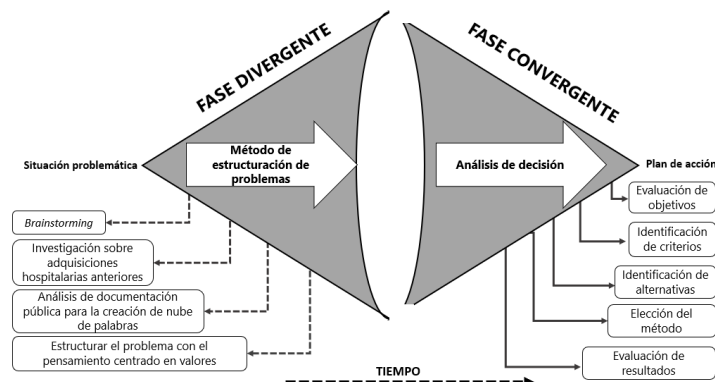


ILUSTRACIÓN 1 - Estructuración de problemas por VFT: fases divergentes y convergentes

La estructuración del problema surge de la metodología propuesta por Keeney (1994), en la que se elabora una red de objetivos y se desglosa en objetivos finales e intermedios, como se muestra en la Ilustración 2. Estos objetivos se obtuvieron a través de reuniones de *brainstorming* con gerentes corporativos y especialistas en el área de cadena de suministro de la empresa objeto de este estudio.



ILUSTRACIÓN 2 - Red de objetivos esenciales y objetivos significativos



Los valores se vuelven claros cuando provienen de una declaración explícita de objetivos específicos. Sin embargo, identificar y estructurar metas es una tarea difícil: los fines a menudo se confunden con medios y las metas con limitaciones o incluso alternativas; las relaciones entre los objetivos no siempre están claras; y el concepto de prioridades dentro de las metas puede malinterpretarse.

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

De toda la discusión que surgió, lo más destacado fue reconocer que se necesitan diferentes tipos de juicios para estructurar jerarquías objetivas. Decidir cómo alcanzar una meta de nivel superior requiere conocimiento fáctico. Esta diferencia muestra que para diferentes situaciones de decisión es apropiado tener diferentes individuos.

Se pudo comprobar cómo los altos directivos pueden mejorar sus estrategias, abordando la gestión de la interfaz entre las demandas de los diferentes *stakeholders* en relación con sus objetivos estratégicos.

Además, este artículo destaca que un proceso de ayuda a la decisión bien estructurado debe involucrar a los diferentes actores con un enfoque en la decisión, estableciendo una discusión entre hechos y valores para facilitar la deliberación y el análisis al comparar alternativas.

Como sugerencia para el trabajo futuro, se propone utilizar otros métodos de Investigación Operativa Suave, especialmente Mapas Cognitivos. Esta sugerencia se debe a que esta técnica permite retratar ideas, valores y sus interrelaciones, para posibilitar el análisis bajo la representación a través de Gráficos, estableciendo jerarquías y relaciones entre los constructos de medios y propósitos.

7. REFERENCIAS

ABUABARA, L., PAUCAR-CACERES A. y BURROWES-CROMWELL T. (2019): "Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: Promoting circular economy". *International Journal of Production Research*, v. 57, n. 23, pp. 7269-7288.

BURIK D. y DIXON T. (2013): "What's Really Happening with US Health Systems Consolidation". *Navigant Pulse*, Issue III:4.

DOS SANTOS M. *et al.* (2015): "Simulation of operation of an integrated information for emergency pre-hospital care in Rio de Janeiro municipality". *Procedia Computer Science*, v. 55, pp. 931-938.

DOS SANTOS M., DE ARAUJO COSTA, I. P. y GOMES, C. F. S. (2021): "Multicriteria Decision-Making in the selection of warships: A new approach to the AHP Method". *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, v. 13, n. 1.

ESCHENBRENNER B. (2019, July): Identifying essential factors for deriving value from big data analytics in healthcare. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 189-198). Springer, Cham.

FINK J.N. y BURNS S.F. (2014): *Combining Forces to Manage the Continuum of Care*. Healthcare Financial Management.



GOMES L. F. A. M. y GOMES, C. F. S. (2019): *Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério*, 6ª ed. São Paulo: Atlas.

KEENEY R. L. (1994): "Using Values in Operations Research". *Operations Research*, Vol. 42, No. 5, pp. 793-813.

KURAMOTO R.K. (2014): "Specialties: missing in our healthcare reform strategies?" *Journal of Healthcare Management*, 59:2.

LONGARAY A., ENSSLIN L., ENSSLIN S., ALVES G., DUTRA A. & MUNHOZ P. (2018): "Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital". *International Transactions in Operational Research*, 25(1), pp.133-156.

MOREIRA M. Â. L., SANTOS M. d. y GOMES C. F. S. (2021): *Gaussian AHP Software Web* (v.1).

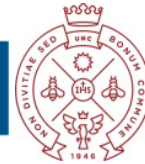
MUTTER R.L., ROMANO P.S. y WONG H.S. (2011): "The Effects of US Hospital Consolidations on Hospital Quality". *International Journal of the Economics of Business*, V 18, n 1, pp. 90- 126.

NILSSON K., BÅÅTHE F., ANDERSSON A. E., WIKSTRÖM E. y SANDOFF M. (2017): "Experiences from implementing value-based healthcare at a Swedish University Hospital—a longitudinal interview study". *BMC Health Services Research*, 17(1), pp. 1-12.

POLETO T., SILVA L., CARVALHO V., MOURA J. y COSTA A. (2003): "Modelo de decisão para identificação e priorização de políticas de segurança de informação em um hospital público". *Encontro Nacional de Engenharia de Produção-Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção*.

TORKZAD A. y BEHESHTINIA M. A. (2019): "Evaluating and prioritizing hospital service quality". *International journal of health care quality assurance*.

WEIL T. (2010): "Hospital mergers: a panacea?". *Journal of health services research & policy*, v. 15, n. 4, pp. 251-253.



UM MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO SOBRE FREQUENTAR A ESCOLA DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

LEILA ABUABARA^{1,2} – MISHEL CARMEN N. BELDERRAIN² – DANIELLE C. MORAIS³

¹ Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, São José dos Campos-SP, Brasil

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São José dos Campos-SP, Brasil

³ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil

leila.abuabara@unifesp.br - carmen@ita.br - dcmorais@cdsid.org.br

RESUMO

Durante a pandemia de Covid-19, muitas escolas brasileiras tiveram as aulas presenciais suspensas por um longo período. No retorno às atividades presenciais, ainda com a opção de continuar no ensino remoto ou híbrido, cada família recebeu a incumbência de avaliar as opções e decidir por uma ou outra forma de ensino. Neste trabalho apresenta-se um modelo de apoio à decisão multicritério para esta problemática. Foi utilizado o *Value Focused Thinking* para explorar os objetivos da família e *FITradeoff* para avaliar as alternativas. Uma aplicação foi apresentada para ilustrar a utilização do modelo. Ressalta-se que o resultado é individual e particular de cada família dentro de seu contexto decisório.

Palavras-Chave: APOIO MULTICRITERIO A DECISÃO – FITRADE-OFF – VALUE FOCUSED THINKING – PANDEMIA - ESCOLA

ABSTRACT

During the Covid-19 pandemic, many Brazilian schools had face-to-face classes suspended for a long period. Upon returning to in-person activities, still with the option to continue in online education, each family was given the task of evaluating the options and deciding on one or another form of education. In this work we present a multicriteria decision model for this decision context. We combined *Value Focused Thinking* to explore family values and *FITrade-off* as a multi-criteria decision method. We presented an application. We emphasize that this result is individual and particular to each family within its decision-making context.

Keywords: MULTICRITERIA DECISION SUPPORT – FITRADE-OFF – VALUE FOCUSED THINKING – PANDEMIC - SCHOOL

1. INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, o Decreto N.64.864 de 16 de março de 2020 (Decreto No 64.864, 2020) suspendeu as atividades escolares presenciais como medida preventiva frente à pandemia de Covid-19. O mesmo ocorreu em outros Estados no Brasil. Férias foram antecipadas e aulas remotas foram estabelecidas. No último trimestre do ano, dentro de regras sociais de distanciamento e protocolos sanitários, algumas atividades começaram a serem retomadas, especialmente na rede privada de ensino.

Um ano se passou, o novo ano letivo começou e as expectativas se renovaram. Neste período, alguns estudos científicos comprovaram que as escolas não eram os principais pontos de disseminação da doença, especialmente entre crianças (Ismail *et al.*, 2021) e que a educação deveria ser priorizada. O novo ano letivo começou prevendo o retorno dos estudantes de forma escalonada dentro de certas restrições, porém logo começamos a viver uma fase ainda mais trágica da pandemia, com números diários de vítimas fatais ultrapassando 2 mil pessoas no país. A obrigatoriedade ficou de lado e a decisão ficou a cargo de cada família em enviar ou não o filho(a)(os) à escola.



O fechamento das escolas, e conseqüentemente a mudança da rotina das crianças, teve alguns impactos sobre o estilo de vida, como as formas de lazer, o aumento considerável do tempo em dispositivos com telas, no padrão do sono que piorou (Ranjbar *et al.*, 2021), no comportamento e práticas alimentares mais permissivas e em excesso (Philippe *et al.*, 2021). A escola é um espaço de sociabilização, em alguns casos de segurança e de alimentação, além de aprendizado. Privar a criança do convívio social com os colegas, manter as regras de distanciamento especialmente com o inconveniente uso de máscara, além de ter que dividir a aula com um “ente” tecnológico, afinal a professora ora se direciona aos alunos presentes, ora se direciona a uma câmera para os alunos que estão em casa, não é uma tarefa fácil.

Este é um problema amplo que merece um olhar holístico, que diz respeito a toda a família que está envolvida na questão de decisão, pois uma vez frequentando a escola, a criança deve tomar mais cuidado ao se relacionar com avós ou parentes que fazem parte do grupo de risco, entre outras medidas. Por outro lado, preservá-la em ensino remoto durante todo o tempo, privando-a de convívio social e outras atividades proporcionadas pela escola, pode no médio a longo prazo prejudicar seu aprendizado como já preveem alguns estudos sobre perda de aprendizagem devido à pandemia (Barros *et al.*, 2021; Liu, Lee e Gershenson, 2021). Esta questão não deve ser subestimada nem tratada com um único critério.

O **objetivo** deste trabalho é desenvolver um modelo multicritério de apoio a decisão de pais ou responsáveis por crianças que devem decidir qual caminho tomar em relação ao ensino em tempos de pandemia de Covid-19. Uma aplicação será apresentada como ilustração da aplicação do modelo. Porém, ressaltamos que adaptações no modelo devem ser feitas a fim de atender outros contextos familiares e educacionais.

2. METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra a estrutura metodológica usada na construção do modelo multicritério de decisão, onde foram seguidas as doze etapas sugeridas por De Almeida *et al.* (2015). Foi utilizada uma multimetodologia, uma vez que houve a combinação de duas metodologias: *Value Focused Thinking* (VFT) (Keeney, 1996) para definir os objetivos e posteriormente os critérios do modelo de decisão e *FiTradeoff* (De Almeida *et al.*, 2015) para avaliação das alternativas .

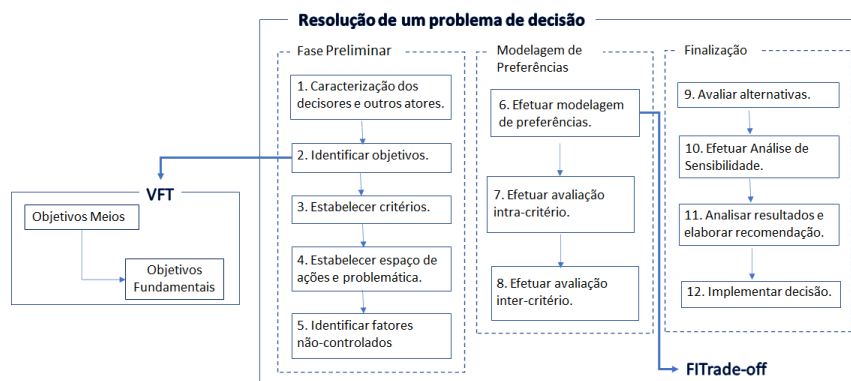


Figura 1. Estrutura multi-metodológica

3. APLICAÇÃO E DISCUSSÃO

A primeira etapa (1) foi caracterizar os decisores e demais atores no processo decisório. No centro encontram-se os decisores, representados pelos pais ou responsáveis pela criança. Vale ressaltar que pai/mãe ou responsável atuam em conjunto como um decisor único. Ou seja, as preferências destes, uma vez tomadas em



conjunto, convergem, não havendo, portanto, nenhum processo de decisão em grupo. A seguir, os demais atores são identificados:

- **Criança:** o ator central no processo decisório, já que sofrerá as consequências diretas, tendo que se adaptar a um ou outro método educacional. Apesar de ter certas preferências, deverá acatar a decisão dos pais (decisores).
- **Médico** da criança e de confiança dos pais (ou responsáveis), o qual pode ser consultado e sua opinião será seriamente levada em conta (legitimidade).
- **Família** da criança, a qual deve ser levada em conta ao se avaliar os riscos dentro de seu contexto e rotina, bem como as condições de estudos.
- **Educadores** que poderão ter ou não boas condições de oferecer um aprendizado de qualidade. Afinal, professores e equipe pedagógica foram todos pegos de surpresa e de repente tiveram que se adaptar ao ensino com parte da turma em casa e outra parte em sala de aula.
- **Escola** (administração), fornecendo condições (procedimentos, materiais e treinamento) e respeitando os protocolos de segurança sanitária.
- **Governo**, através do Ministério da Educação, em estabelecer políticas e permitir certas flexibilidades. Além disso, através do Ministério da Saúde, em fornecer protocolos sanitários aos estabelecimentos de ensino, fiscalizar e subsidiar.
- **Grupo de pais**, em geral, em redes sociais, em que há discussões, as vezes calorosas, compartilhamento de informações (podendo ou não serem notícias falsas) e opiniões das famílias, o que pode influenciar a decisão dos pais.
- **Mídia**, através de reportagens, informações e opiniões de especialistas que são frequentemente entrevistados.

Próxima etapa (2) é identificar os múltiplos objetivos do problema de decisão. A fim de se identificar os objetivos fundamentais e meios, aplicou-se *Value-Focused Thinking* (VFT). A Figura 2 mostra os objetivos levantados para o problema, elaborado a partir de conversas com alguns pais de crianças em idade escolar.

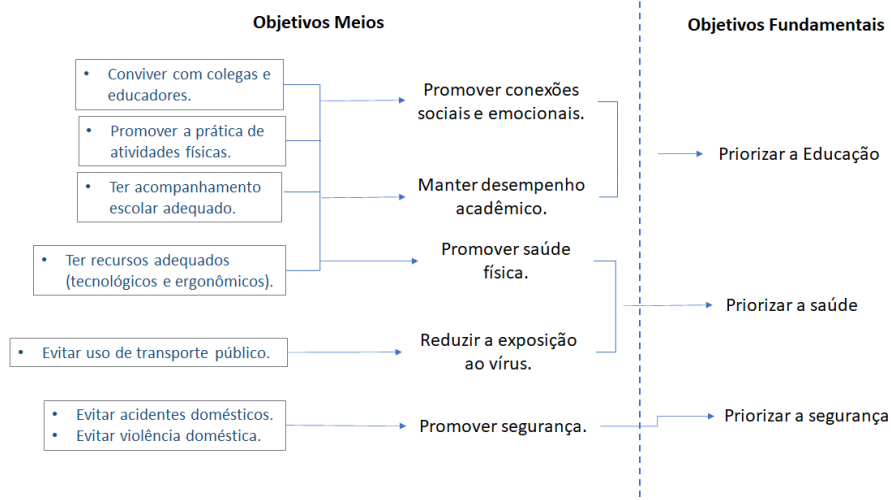


Figura 2. Rede de objetivos

Na etapa seguinte (3), utilizou-se os objetivos-meios para estabelecer os 6 critérios do problema de decisão, que serão aplicados no modelo e estão detalhados na Tabela 1. O horizonte de planejamento considerado foi de uma semana.



	Objetivo	Critério	Unidade de medição
A escola como espaço de <u>convívio social</u> .	Proporcionar à criança a convivência com colegas e educadores.	Convívio (CONV).	Número de horas que a criança fica na escola, sendo o dia letivo equivalente a 5 horas.
A escola proporcionando infraestrutura para <u>exercícios e atividades físicas</u> .	Promover movimento e saúde física à criança.	Exercícios (EXER)	Número de horas que a criança brinca livremente na escola, além da aula de educação física, considerando que um dia letivo equivale a 1 hora de atividade física.
Acompanhamento escolar é necessário em qualquer idade. Pais tiveram que exercer este papel, inclusive o de suporte TI durante a pandemia.	Proporcionar acompanhamento pedagógico à criança.	Acompanhamento dos pais (ACOM)	Atribuído um nível, sendo zero (0) quando a criança vai presencialmente na escola e não precisa de acompanhamento dos pais durante o período de aula, e 2 quando esta assessoria é necessária.
Necessidade de um dispositivo eletrônico individual, boa conexão de internet, espaço físico e certa privacidade para um bom desempenho acadêmico.	Proporcionar à criança um espaço de estudo adequado.	Recursos (RECU)	Atribuído um nível, sendo zero (0) quando a criança vai presencialmente e 2 quando todos os recursos são necessários.
O trajeto casa-escola e escola-casa pode ser feito de carro, bicicleta, a pé, carona ou transporte público. Cada um tem seus riscos e expõe a criança a contaminação em graus diferentes.	Proporcionar à criança um trajeto casa-escola seguro.	Trajeto (TRAJ)	Número de viagens que a criança faz por dia letivo, considerando que um dia letivo equivale a 2 viagens-trajeto.
Crianças dentro do ambiente escolar estão muitas vezes mais seguras de possíveis acidentes domésticos, especialmente as menores com pais que estão em trabalho (remoto ou não).	Evitar qualquer tipo de acidente ou violência doméstica	Violência (VIOL)	Atribuído um nível, sendo zero (0) quando a criança vai presencialmente e está sob os cuidados desta, e 2 quando existem mais riscos de violência ou acidentes domésticos.

Tabela 1. Descrição dos critérios

Nesta etapa (4) estabelecemos o espaço de ações em que os pais devem tomar dentro da problemática de escolha. Desta forma, temos três alternativas possíveis:

- **Alternativa 1:** Aulas *presenciais*.
- **Alternativa 2:** Aulas *online*.
- **Alternativa 3:** Ensino *híbrido*.

Na Tabela 2, apresenta-se a matriz de consequências para o problema, onde cada alternativa tem associado um desempenho por critério:

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	CONV (hs/sem)	EXER (hs/sem)	ACOM (nível)	RECU (nível)	TRAJ (viagens/sem)	VIOL (nível)
A1 (PRES)	25	5	0	0	10	0
A2 (ONLN)	5	1	2	2	0	2
A3 (HIBR)	10	2	1	1	4	1

Tabela 2. Matriz de consequências do problema de decisão

Nesta próxima etapa (5), identificou-se alguns fatores não-controlados:

1. Algum funcionário/educador da escola que teve contato com as crianças da classe é diagnosticado com Covid-19 e as aulas presenciais são suspensas durante determinado período (10-15 dias, por exemplo).
2. A criança (ou familiar) é diagnosticada com Covid-19 e ela deve se ausentar da escola durante determinado período (10-15 dias, por exemplo). Neste caso, apenas o ensino *online* será uma alternativa.
3. A cidade ou Estado onde a escola se encontra entra em uma fase mais restrita, proibindo o funcionamento das escolas ou controlando a circulação de pessoas nas ruas. Neste caso, também, apenas o ensino *online* será uma alternativa.

Como se trata de uma problemática de escolha, onde se deseja selecionar a melhor alternativa, foi utilizado um modelo aditivo, no qual cada uma das alternativas



terá um peso conforme os critérios dentro da solução. Este tipo de modelo agrega critérios em um critério síntese, logo tem-se uma racionalidade compensatória. Neste tipo de abordagem, o pior desempenho em um critério é compensado e assim percebido por um melhor desempenho em outro critério. Por exemplo, um maior convívio escolar (desejado) é acompanhado por um maior risco de contaminação devido ao maior número de viagens-trajeto (indesejado). Desta forma, o método FITradeoff se faz útil neste caso, o qual, além do que foi anteriormente descrito, pode ser mais facilmente compreendido pelo decisor especialmente no que se refere aos pesos e avaliações das alternativas, além de ser útil em casos de inconsistências por parte do mesmo, por ter um processo de elicitación flexível, minimizando o esforço cognitivo do decisor. Adicionalmente, oferece uma perspectiva holística a situação.

Nesta etapa (7), a avaliação intra-critério foi intencionalmente omitida (devido ao limite no número de páginas), mas ela foi suficientemente detalhada nas etapas (3) e (4). Na etapa seguinte (8), apresentamos a avaliação inter-critério. A Tabela 3 sintetiza esta informação no que se refere à Minimização ou Maximização de cada objetivo.

Objetivo	Critério	Min/Max	Código
Conviver com colegas e educadores.	Convivência	Max	CONV
Promover a prática de atividades físicas.	Exercícios	Max	EXER
Ter acompanhamento escolar adequado.	Acompanhamento dos pais	Min	ACOM
Evitar acidentes domésticos.			
Ter recursos adequados (tecnológicos e ergonômicos).	Financeiro	Min	RECU
Evitar uso de transporte público.	Trajeto	Min	TRAJ
Evitar violência doméstica.	Violência	Min	VIOL

Tabela 3. Avaliação inter-critério (Minimização/Maximização)

Na próxima etapa (9), usamos o *software* SAD FITradeoff (disponível em: <http://www.cdsid.org.br/fitradeoff/>) para auxiliar na solução. A primeira atividade é cadastrar o problema. Algumas informações já são compiladas como espaço dos pesos dos critérios (avaliação inter-critério), conforme Figura 3.



Figura 3. Espaço de peso dos critérios

Na etapa (9) de avaliação das alternativas, temos que o modelo indubitavelmente, nos indica que a criança **deve frequentar a escola**, em ensino presencial, mesmo em período de pandemia. Na etapa (10), realizamos a análise de sensibilidade, variando o critério CONV em $\pm 20\%$. Ainda temos o mesmo resultado, o que mostra um modelo bastante consistente. A recomendação (etapa 11) é aderir à **alternativa A**.

Finalmente, na última etapa (12), só nos resta implementar a decisão imediatamente e mantê-la até que novos acontecimentos venham à tona. Entre estes, temos ações a serem tomadas pelo Governo, por exemplo a ampliação do número de alunos em sala de aula, ou o completo impedimento das aulas presenciais, ou a mudança da fase emergencial, ou a completa vacinação de professores e funcionários das escolas. Quaisquer que sejam, deverão ser consideradas num novo contexto de decisão. Desta forma, de tempos em tempos será necessária uma reavaliação e adaptação do modelo de forma que este reflita tal realidade.



4. CONCLUSÃO

Dentro do contexto da pandemia de Covid-19, onde as escolas de ensino infantil, fundamental e médio ficaram por quase um ano em ensino remoto, mais recentemente retomaram suas atividades presenciais. Algumas no fim de 2020, outras no início do ano letivo de 2021, dentro de certas restrições sociais, mas ainda oferecendo o ensino remoto para aqueles que se sentiam inseguros. Neste momento, as famílias tiveram que individualmente decidir se enviariam ou não seu(s) filho(s) à escola. Apesar de ser uma decisão individual de cada família, e relativo a cada criança (em caso de famílias com múltiplos filhos), foi proposto um modelo de decisão que fosse útil a todos. No entanto, caso outras famílias desejem usar este modelo de decisão, sugere-se que reavaliem os critérios e adaptem o modelo ao contexto de decisão individualmente.

5. REFERENCIAS

ACKERMANN, F., E.C. (2011). "Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice". Long Range Planning, vol. 44, pp. 179-196. doi:10.1016/j.lrp.2010.08.001

BARROS, R. P., MACHADO, L. M., FRANCO, S., ZANON, D. y ROCHA, G. (2021). *Perda de Aprendizagem na Pandemia*. Insper - Núcleo Ciência pela Gestão Educacional / Instituto Unibanco.

DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., DE ALMEIDA-FILHO, A.T. y GARCEZ, T.V. (2015). "Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis". International Series in Operations Research & Management Science. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-17969-8.

DECRETO Nº 64.864. (17/março/2020). "Diário Oficial". Estado de São Paulo, pp. 1.

ISMAIL, S. A., SALIBA, V., BERNAL, J. L., RAMSAY, M. E. y LADHANI, S. N. (2021). "SARS-CoV-2 infection and transmission in educational settings: a prospective, cross-sectional analysis of infection clusters and outbreaks in England". The Lancet Infectious Diseases, vol. 2 (3), pp. 344-353. doi:10.1016/S1473-3099(20)30882-3

KEENEY, R. L. (1996). "Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives". European Journal of Operational Research, vol. 92 (3), pp. 537-549. doi:https://doi.org/10.1016/0377-2217(96)00004-5

LIU, J., LEE, M., GERSHENSON, S. (2021). "The Short- and Long-Run Impacts of Secondary School Absences". EdWorkingPaper, vol. 19(125), pp. 1-46. doi:10.26300/xg6s-z169

PHILIPPE K., CHABANET C., ISSANCHOU S., MONNERY-PATRIS S. (2021). "Child eating behaviors, parental feeding practices and food shopping motivations during the COVID-19 lockdown in France: (How) did they change?". Appetite, vol. 161. pp.105-132. doi: 10.1016/j.appet.2021.105132

RANJBAR, K., HOSSEINPOUR, H., SHAHRIARIRAD, R. H. G., JAFARI K., RAHIMI T., HOSSEINPOUR, P. (2021). "Students' attitude and sleep pattern during school closure following COVID-19 pandemic quarantine: a web-based survey in south of Iran". Environmental Health and Preventive Medicine, vol. 33, pp. 1-10. doi:10.1186/s12199-021-00950-4

REYES, M. R., BRACKETT, M. A., RIVERS, S. E., WHITE, M. y SALOVEY P. (2012). "Classroom Emotional Climate, Student Engagement, and Academic Achievement". Journal of Educational Psychology, vol. 104 (3), pp. 700-712. doi: 10.1037/a0027268



IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO PARA LA OFERTA ÓPTIMA DE HORARIOS EN UN CENTRO DE CLASES PARTICULARES

FEDERICO PERUSSET – EMIR FEDERICO – XAVIER IGNACIO GONZÁLEZ – SILVIA ADRIANA RAMOS
Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ingeniería

fede.perusset@gmail.com - emirfederico@gmail.com - xavierign@gmail.com - saramos@fi.uba.ar

RESUMEN

Este trabajo aplica MCDM para la oferta óptima de horarios en un centro de clases particulares, donde, a diferencia de un problema de *timetabling*, el contexto es dinámico, por lo que para cada alumno que busca reservar una clase, se debe analizar cuál es el horario, compañero y profesor óptimo, teniendo en cuenta qué alumnos ya hay anotados, y qué alumnos pueden llegar a anotarse en un futuro.

El análisis multicriterio se realizó usando TOPSIS y TODIM y comparándolos posteriormente mediante una simulación, a cuya finalización se generará un calendario para cada uno de los algoritmos con los alumnos simulados anotados en distintos horarios, con determinados profesores y compañero de clase.

Palabras Clave: MULTICRITERIO – HORARIOS – TOPSIS – TODIM – SIMULACIÓN

ABSTRACT

This work applies MCDM for the optimal offer of schedules in a private lesson center, where, unlike a timetabling problem, the context is dynamic, so for each student who seeks to book a class, it must be analyzed which is the optimal schedule, teacher and classmate, which students are already enrolled, and which students may be enrolled in the future.

The MCDM analysis was carried out using TOPSIS and TODIM and subsequently comparing them through a simulation, which will generate a calendar for each of the algorithms with the simulated students assigned at different times, with certain teachers and classmates.

Keywords: MULTICRITERIA - SCHEDULES - TOPSIS - TODIM - SIMULATION

1. INTRODUCCIÓN

El negocio de clases particulares sufre de algunos inconvenientes, que lo han alejado históricamente de la economía formal, como las grandes variaciones en la demanda, el índice de ausentismo elevado, y, sobre todo, la falta de adaptación a las necesidades de cada alumno. Además, por ser las clases individuales y de mínimo 1 hora de duración generalmente, se requiere de un cuerpo docente muy numeroso para poder darle clases a unos pocos alumnos.

Este trabajo se aplica a un emprendimiento de clases particulares, que uno de los autores gestiona desde hace 4 años en el barrio de Belgrano, CABA. En el centro, las clases se dan máximo de dos alumnos por profesor, los cuales pueden asistir para materias y niveles distintos. Con eso se busca disminuir la probabilidad de que un profesor se quede sin alumnos por ausencias, aumentar el beneficio por hora de clase brindada, poder ofrecer precios más bajos a los alumnos y ser más competitivos y, sobre todo, tener una capacidad instalada mayor, para absorber mejor las variaciones de la demanda. Para solucionar este problema, era necesario encontrar una herramienta que permita readaptar la asignación de horarios, y llevar la relación Alumno-Profesor al



siguiente nivel, personalizando las experiencias de cada alumno en función de sus propias características y las del profesor, y así maximizar la calidad de clase que recibe. A su vez, esto implicaría una mejora en el sistema administrativo, simplificando los recursos y aumentando la rentabilidad.

La respuesta se encontró en los métodos de decisión multicriterio (en inglés MCDM). El objetivo será maximizar tres aspectos distintos: la calidad de clase recibida por el alumno, el beneficio y la satisfacción de los profesores.

El campo actual de aplicación de los MCDA en materia educativa se encuentra escasamente desarrollado. También así sucede con cualquier algoritmo o método de optimización de los parámetros educativos. Uno de los pocos métodos de largo alcance que sí se relaciona estrechamente al ámbito de la educación (pero que se restringe a un sistema acotado) es aquél que regula y ordena los horarios de profesores y cursos en un régimen de escuela, “Timetabling para Colegios” (Willemen, 2000; González y Yamil, 2014), siendo que las principales herramientas utilizadas constan de Modelos de Programación Lineal o heurísticos (Simulated Annealing, Tabu Search, etc.). Lo que tienen en común estos estudios es que carecen de carácter dinámico. Es decir, parten de una situación inicial, con cierta cantidad de profesores y cursos, y buscan optimizar el calendario semanal según distintas restricciones y objetivos. En nuestro caso, sin embargo, no sabemos de antemano cuántos alumnos se van a anotar, porque la demanda es variable, por lo que para cada alumno que busca reservar una clase, tenemos que analizar cuál es el horario óptimo, teniendo en cuenta qué alumnos ya hay anotados, y qué alumnos pueden llegar a anotarse en un futuro. Dentro de los varios métodos de MCDM se eligieron TOPSIS y TODIM. La manera de definir cuál es mejor, será por medio de simulación. Al finalizar la simulación, habrá un calendario para cada uno de los algoritmos con los alumnos simulados anotados en distintos horarios, con determinados profesores y compañero de clase.

2. METODOLOGÍA

2.1. Criterios

Los criterios utilizados son los siguientes:

Criterios de calidad de clase (cliente externo)

1) Velocidad de aprendizaje: tiempo que el alumno requiere para el entendimiento del tema explicado por el profesor. Surge de encuestas al finalizar las clases y se va actualizando a medida que el alumno sigue concurriendo. Se conjuga con la metodología del profesor, que es un valor que se actualiza con la evaluación que hacen los estudiantes de los profesores.

2) Independencia: Relaciona la independencia de los alumnos (capacidad que tiene un alumno de trabajar por cuenta propia) con la capacidad grupal del profesor (cómo se desempeña el profesor al dar clases con dos alumnos).

3) Similitud en asignatura y nivel: Aumenta el puntaje de las alternativas que incluyen una pareja de alumnos con similar materia y nivel.

4) Últimos profesores: se cuantifica el historial de profesores de cada alumno reducido a sus últimas 5 experiencias en el instituto.

Criterios de satisfacción de profesores (cliente interno):

5) Distribución de profesores: Contempla el malestar de un profesor al ver que otros están más ocupados que él.

6) Antigüedad del profesor en la institución: tiene un valor de 1 si la antigüedad es menor de 6 meses, 2 si está entre 6 y 18 meses y 3 si es superior a 18 meses.

Criterios de beneficio:

7) Beneficio: Depende del monto que paga cada uno de los alumnos anotados a la clase y del pago del profesor que da la clase.



8) Probabilidad de ocupación: Sirve para incentivar el otorgamiento de turnos que tienen menor probabilidad de ser captados por ser más próximos al día en que se solicita el turno.

9) Diversidad de materias: Da mayor puntaje a las alternativas que mantienen la distribución esperada entre materias, de cara a la demanda futura esperada.

Aplicando comparación por pares y simulación se llegó a los siguientes pesos: 1-15%, 2-6%, 3-3%, 4-26%, 5-7%, 6-2%, 7,8 y 9 en conjunto-40%

2.2. Aplicación del método TOPSIS

Se evaluaron 225 alternativas (corresponden a franjas de media hora), se agregaron los pesos asociados a los criterios y se volcaron los resultados cuantificados de cada uno de ellos a todas las alternativas. Se procedió, luego, a la normalización de la matriz y a continuación a la multiplicación por la ponderación otorgada de su criterio. De esa manera se llegó a obtener para cada alternativa el valor de la distancia al ideal, al anti-ideal y su ratio de comparación.

2.3. Aplicación del método TODIM

Al igual que TOPSIS, las alternativas corresponden a franjas de media hora. Para aplicar TODIM se ejecutan algunos aspectos equivalentes a TOPSIS pero se diferencia respecto a:

- Determinación de los Wrc. Se escoge un criterio de referencia, que estila ser el de mayor peso, y cada peso se lo divide por el de referencia.
- No se afecta el ponderador directamente por sobre los valores normalizados, sino que se involucran los pesos Wrc en la aplicación de fórmulas que relacionan las alternativas respecto del mismo criterio.
- Se calculan las dominancias normalizadas entre alternativas respecto a todos los criterios.

2.4. De TOPSIS y TODIM a la oferta horaria

Como producto de la aplicación de TOPSIS y TODIM se obtienen alternativas que presentan un rango horario de tan solo media hora. Por políticas del establecimiento, se incentiva ofrecer horarios de una o dos horas de clases. Por lo tanto, mediante un agrupamiento de las alternativas, debemos transformar las franjas horarias de media hora en un condensado de 1 o 2 horas. Para ello, hay que considerar los siguientes aspectos sobre los agrupamientos: Deben pertenecer al mismo profesor, las alternativas deben ser contiguas, deben estar vacías (sin alumnos anotados), el profesor debe estar capacitado para dictar la materia y el horario a ofrecer debe pertenecer a un día futuro.

Para cada consolidado de alternativas posibles, los valores de las columnas "Alum" (Alumno) surgen de la suma de los valores obtenidos de cada una de las alternativas simples de media hora que la forman. Todos los conglomerados que tienen como valor -1 son aquellos que no podrán ser ofertados como opción de clase debido a que no cumplen con algunos de los cinco postulados. Teniendo ahora todos los consolidados cuantificados, se procede a otorgar un orden de prioridad a cada uno de ellos. Por último, el alumno simulado se anotará en la opción de mayor puntaje. Como dicha opción puede variar según el algoritmo utilizado, TOPSIS o TODIM, habrá un calendario diferenciado para cada método en donde se van anotando los alumnos simulados.



Se llega a un arreglo matricial en donde se consolidan las alternativas nuevas, ya sea de 1 o 2 horas, de la siguiente forma:

1 hr	TOPSIS		TODIM		2 hr	TOPSIS		TODIM	
	Alternativas Pd	Alum 1	Alum 2	Alum 1		Alum 2	Alternativas Posibles	Alum 1	Alum 2
alt001-alt002	1,980922338	1,980922338	1,034336928	1,034336928	alt001-alt002-alt003-alt004	3,961844677	3,961844677	2,222540963	2,222540963
alt002-alt003	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt002-alt003-alt004-alt005	3,961844677	3,961844677	2,376408071	2,376408071
alt003-alt004	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt003-alt004-alt005-alt006	3,961844677	3,961844677	2,376408071	2,376408071
alt004-alt005	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt004-alt005-alt006-alt007	3,961844677	3,961844677	2,376408071	2,376408071
alt005-alt006	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt005-alt006-alt007-alt008	3,961844677	3,961844677	2,376408071	2,376408071
alt006-alt007	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt006-alt007-alt008-alt009	-1	-1	-1	-1
alt007-alt008	1,980922338	1,980922338	1,188204036	1,188204036	alt007-alt008-alt009-alt010	-1	-1	-1	-1
alt008-alt009	-1	-1	-1	-1	alt008-alt009-alt010-alt011	-1	-1	-1	-1
alt009-alt010	0,016929082	0,016929082	-1	-1	alt009-alt010-alt011-alt012	0,033858165	0,033858165	-1	-1
alt010-alt011	0,016929082	0,016929082	-1	-1	alt010-alt011-alt012-alt013	0,033858165	0,033858165	-1	-1
alt011-alt012	0,016929082	0,016929082	-1	-1	alt011-alt012-alt013-alt014	0,033858165	0,033858165	-1	-1
alt012-alt013	0,016929082	0,016929082	-1	-1	alt012-alt013-alt014-alt015	0,033858165	0,033858165	-1	-1
alt013-alt014	0,016929082	0,016929082	-1	-1	alt013-alt014-alt015-alt016	0,033858165	0,033858165	-1	-1

Tabla 1. Arreglo para consolidación de horarios de 1 y 2 horas

2.5. Aplicación de la simulación

Una vez obtenida la toma de horarios en base al consolidado de alternativas, se modelizó la simulación en Excel-VBA representando una cantidad de 90 alumnos, que buscan una clase particular, a lo largo de la semana más concurrida del año 2019. Van a ser necesarias un total de 28 corridas de este tipo, para lograr el “n” determinado según la teoría estadística, que arrojó un total de 2500 alumnos a simular. Se hicieron 30 corridas para garantizar aún mayor seguridad. Luego se verificó que para este número “n” el sistema entra en régimen. Los pedidos de turnos se realizarán del día domingo al jueves, buscando una clase entre los días lunes y viernes. Se procederá a simular los perfiles de cada uno de los alumnos, tales como su historial y conducta, la disponibilidad y características de los profesores, el funcionamiento y comportamiento de los algoritmos TOPSIS y TODIM, y los horarios que efectivamente son tomados por los alumnos simulados.

El tablero de simulación resultante (Figura 1) será visualmente análogo tanto para la corrida de TOPSIS como de TODIM. En la interfaz se resaltaron, con un recuadro negro en la parte inferior, una serie de indicadores de relevancia en donde reposan los tres principales parámetros que nos interesa investigar (Calidad de Clase, Ganancia y Satisfacción de Profesores). En cuanto a la diagramación del tablero, las filas engloban todas las alternativas posibles, producto de la combinación de día de la semana, franja horaria de 30 minutos y el profesor a cargo. En cada fila se podrá enmarcar la ocupación por parte de cada alumno (Simu x), para luego calcular los parámetros Q y Ganancia (Ingreso-Costo) para cada alternativa.

Aux	Alternativa	Día	Profe	Horario	Alum 1	Alum 2	Q clase	Ingreso	Costo	Ganancia
Lunes10:00 - 10:30	alt001	Lunes	Jhony	10:00 - 10:30	Simu17		0,457526	137,5	60,5	77
Lunes10:30 - 11:00	alt002	Lunes	Jhony	10:30 - 11:00	Simu17		0,457526	137,5	60,5	77
Lunes11:00 - 11:30	alt003	Lunes	Jhony	11:00 - 11:30	Simu17		0,457526	137,5	60,5	77
Lunes11:30 - 12:00	alt004	Lunes	Jhony	11:30 - 12:00	Simu17		0,457526	137,5	60,5	77
Lunes12:00 - 12:30	alt005	Lunes	Jhony	12:00 - 12:30			0	0	0	0
Lunes12:30 - 13:00	alt006	Lunes	Jhony	12:30 - 13:00			0	0	0	0
Lunes13:00 - 13:30	alt007	Lunes	Jhony	13:00 - 13:30			0	0	0	0
Lunes13:30 - 14:00	alt008	Lunes	Jhony	13:30 - 14:00			0	0	0	0
Lunes12:00 - 12:30	alt009	Lunes	Fede	12:00 - 12:30	Simu23	Simu28	0,526861	300	114	186
Lunes12:30 - 13:00	alt010	Lunes	Fede	12:30 - 13:00	Simu23	Simu28	0,526861	300	114	186
Lunes13:00 - 13:30	alt011	Lunes	Fede	13:00 - 13:30	Simu23	Simu28	0,526861	300	114	186
Lunes13:30 - 14:00	alt012	Lunes	Fede	13:30 - 14:00	Simu23	Simu28	0,526861	300	114	186
Lunes12:00 - 12:30	alt013	Lunes	Fede	12:00 - 12:30	Simu29		0,720173	150	72	78
Lunes12:30 - 13:00	alt014	Lunes	Fede	12:30 - 13:00	Simu29		0,720173	150	72	78
Lunes13:00 - 13:30	alt015	Lunes	Fede	13:00 - 13:30	Simu29		0,720173	150	72	78
Lunes13:30 - 14:00	alt016	Lunes	Fede	13:30 - 14:00	Simu29		0,720173	150	72	78
Lunes10:00 - 10:30	alt017	Lunes	Pablo	10:00 - 10:30	Simu13	Simu22	0,249052	275	96	179
Lunes10:30 - 11:00	alt018	Lunes	Pablo	10:30 - 11:00	Simu13	Simu22	0,249052	275	96	179
Lunes11:00 - 11:30	alt019	Lunes	Pablo	11:00 - 11:30	Simu13	Simu22	0,249052	275	96	179
Lunes11:30 - 12:00	alt020	Lunes	Pablo	11:30 - 12:00	Simu13	Simu22	0,249052	275	96	179
Lunes12:00 - 12:30	alt021	Lunes	Pablo	12:00 - 12:30	Simu9	Simu10	0,374345	300	114	186
Lunes12:30 - 13:00	alt022	Lunes	Pablo	12:30 - 13:00	Simu9	Simu10	0,374345	300	114	186
Lunes13:00 - 13:30	alt023	Lunes	Pablo	13:00 - 13:30	Simu9	Simu10	0,374345	300	114	186
Lunes13:30 - 14:00	alt024	Lunes	Pablo	13:30 - 14:00	Simu9	Simu10	0,374345	300	114	186

Anotación Alumno completo

Reiniciar Simulación
(funciona para cualquier N° de alumnos simulados)

criterio	peso
Vel. Aprendizaje	6%
Independencia	15%
Reclamo profe	1000%
Similitud en asignatura y nivel	3%
Beneficio	4%
Prob Ocupación	32%
Distribución Profes	7%
Antigüedad profes	2%
Últimos Profes	26%
Diversidad de Materias	4%
Demanda	90

Puntaje Q Clase Total	42%
Ganancia Total	\$ 31.902
Satisfacción Profes	8,74
N° de alumnos anotados	85
Tiempo Macro (segundos)	914,1

Figura 1. Interfaz de Simulación (Excel-VBA)



El valor de la Calidad de Clase (Q) será el menor valor de Calidad de Clase Percibida por cada alumno que sea parte de la clase. A su vez, este número se obtiene aplicando un promedio de los cuatro aspectos que lo forman: Similitud en Asignatura y Nivel, Últimos profesores, Independencia de los alumnos y Metodología del profesor (se tuvieron en cuenta las ponderaciones de cada aspecto). Un valor se puede considerar alto si es del orden del 40%. La Ganancia, tiene una tabla respecto al Ingreso monetario, que varía según la modalidad de la clase (Normal/1° Clase) y el nivel de cada alumno (Secundario/Universidad). Para el Costo, se tienen en cuenta la cantidad de alumnos, el nivel de cada uno y la antigüedad del profesor. La satisfacción de los profesores se formula en base al porcentaje de la ocupación total de los horarios de cada profesor. La puntuación máxima de conformidad es diez.

Por otro lado, para llevar a cabo la simulación de los alumnos y sus características, se contemplan las siguientes variables:

Parámetro	Segmentación	Probabilidad	r
Nivel	Secundario	38%	0,00-0,38
	Universidad	62%	0,39-0,99
Materia	Matemáticas	49%	0,00-0,48
	Física	26%	0,49-0,74
	Química	25%	0,75-0,99
Modalidad	Normal	80%	0,00-0,79
	1° Clase	20%	0,80-0,99
Velocidad	1	23%	0,00-0,22
	2	47%	0,23-0,69
Aprendizaje	3	30%	0,70-0,99
	1	17%	0,00-0,16
Independencia	2	48%	0,17-0,64
	3	35%	0,65-0,99
	Pablo	1%	0,00-0,01
Quejas s/ profesor	Jhonny	10%	0,02-0,11
	Ninguno	24%	0,77-0,99

Tabla 2. Parámetros a simular con sus probabilidades y rango de números aleatorios (r)

Una vez simuladas todas las características del alumno que demandará una clase, se procede a ejecutar TOPSIS/TODIM para determinar el mejor horario. Se anota al alumno en el calendario, uno distinto para cada algoritmo, y luego se procede con el siguiente alumno. Este proceso se repite hasta finalizar la simulación de 90 alumnos. Se tendrá un calendario final tanto para TOPSIS como TODIM y se podrá determinar mediante la comparación de los indicadores (Q, Ganancia Total, Satisfacción Profesores), cuál de los dos métodos optimiza mejor el negocio.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego de haber aplicado los algoritmos TOPSIS y TODIM, y las 30 simulaciones con corridas de 90 alumnos cada una, se obtienen los siguientes datos:

Grupo	Ponderación	Indicador	TOPSIS	TODIM	TOPSIS	TODIM
CALIDAD	50,3%	CALIDAD DE CLASE Q	42%	37%	+	-
BENEFICIO	40,3%	GANANCIA	\$ 32.091,79	\$ 28.210,94	+	-
		GANANCIA POR ALUMNO	\$ 380,78	\$ 360,75		
SATISFACCIÓN	9,3%	SATISFACCION PROFESORES	9,0	9,1	-	+
ALUMNOS ANOTADOS			85,4	78,2		
%ALUMNOS ANOTADOS			95%	87%		

Tabla 3. Comparación TOPSIS - TODIM

TOPSIS resulta un claro ganador. Se impone en los grupos de mayor importancia/ponderación, Calidad (+13,5%) y Beneficio (+13,8%) por sobre TODIM. En Satisfacción se tiene prácticamente un empate técnico.

Por otro lado, hemos comparado al algoritmo ganador con una distribución de clases hecha a mano, es decir, por el humano. Estos fueron los resultados:



Grupo	Ponderación	Indicador	Humano	TOPSIS	Mejora	Mejora Global	Humano	TOPSIS
CALIDAD	50.30%	CALIDAD DE CLASE Q	36%	42%	14%	6%	-	+
BENEFICIO	40.30%	GANANCIA	\$ 33,573.00	\$ 32,091.79	-5%		+	-
SATISFACCIÓN	9.30%	SATISFACCIÓN PROFESORES	8.5	9	6%		-	+
ALUMNOS ANOTADOS			87	85,4				
GANANCIA POR ALUMNO			\$385.89	\$380.79				
% ALUMNOS ANOTADOS			97%	95%				
TIEMPO SIMULACIÓN (seg)			3965	130				
Costo Hora Trabajo (\$)			400	0				
Ahorro Mínimo Mes			\$	1,888				
Ahorro Esperado Mes			\$	6,136				

Tabla 4. Comparación Humano vs TOPSIS

Teniendo en cuenta la ponderación de cada grupo, podemos decir que TOPSIS mejoró en un 6% la oferta de clases que pudo hacer manualmente una persona con experiencia. A simple vista podemos observar que la calidad de clase mejoró un 14%, la satisfacción de profesores mejoró un 6% y la ganancia disminuyó en TOPSIS un 5%. Estos resultados se deben a que el aspecto más visible en el día a día, como lo es la ganancia, es el más fácil de tener en cuenta a la hora de ofrecer horarios de clase, mientras que aquellos intangibles, como los criterios pertenecientes al grupo de Calidad y a la Satisfacción de Profesores, quedan rezagados en un segundo plano, perjudicando la calidad de clase que reciben los alumnos.

4. CONCLUSIONES

El impacto de este trabajo es el de haber logrado programar un algoritmo adaptado a un calendario de reservas de clases dinámico y de futuro incierto, capaz de identificar la mejor combinación de alumnos-profesor, según los objetivos de maximizar la calidad de clase brindada, el beneficio esperado y la satisfacción de los profesores. Las ponderaciones de ellos, por su parte, son fácilmente manipulables, lo que permite una adaptación rápida a la estrategia que pueda tener la gerencia para con el negocio. A su vez, la automatización del proceso administrativo asociado a la reserva de clases le permite al emprendimiento asegurar una mayor calidad de clase sin dejar de lado los aspectos de ganancia y satisfacción de profesores (como suele suceder), una mayor velocidad de atención al cliente (y, por lo tanto, un aumento sustancial en la capacidad de ofrecer horarios) y reducciones en los gastos de personal vinculados con la reserva de clases. Estos aspectos quedaron evidenciados en los resultados a la hora de comparar el algoritmo ganador, TOPSIS, con el humano.

La implementación del trabajo al emprendimiento está proyectada para mediados del año 2021. El efecto buscado va a ser agilizar la oferta de horarios, llegando a tratar en menos tiempo una mayor cantidad de alumnos. Variando el peso de los criterios, vamos a poder definir estrategias distintas para distintos segmentos y mercados, otorgándole, por ejemplo, mayor calidad de clase en detrimento de la ganancia a mercados nuevos. El efecto se verá hacia fines del año 2021, analizando el tiempo de coordinación de horarios promedio (esperada una reducción mínima del 80%), el aumento de la satisfacción del cliente (del 70% al 85%), el ingreso a mercados nuevos (que lleguen a representar el 15% de la facturación) y un ahorro estimado de \$25.000 en gastos administrativos.

5. REFERENCIAS

GONZÁLEZ, N. y YAMIL, V. (2014) *El problema de timetabling para colegios chilenos*. URI: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1743>

WILLEMEN, R. J. (2000) "Some Complexity Aspects of Secondary School Timetabling Problems". Lecture Notes in Computer Science DOI 10.1007/3-540-44629-X_2



HACIA UN MOTOR MADM BASADO EN MICROSERVICIOS

J. FRANCISCO FIGUEROA-PÉREZ¹ - JUAN C. LEYVA-LÓPEZ² - EDGAR O. PÉREZ-CONTRERAS¹ - ALAN D. RAMÍREZ-NORIEGA¹ - YOBANI MARTÍNEZ RAMÍREZ¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa
²Universidad Autónoma de Occidente,

*juanfco.figueroa@uas.edu.mx - juan.leyva@uadeo.mx - edgar.perez@uas.edu.mx -
alandramireznoriega@uas.edu.mx - yobani@uas.edu.mx*

RESUMEN

La Toma de Decisiones Multiatributo (MADM, por sus siglas en inglés) se utiliza para resolver problemas que implican una selección entre un número finito de alternativas con múltiples atributos generalmente en conflicto. Un aspecto clave de su aplicación exitosa a problemas reales se basa en la existencia de software fácil de usar que los implemente. El objetivo de este trabajo es proporcionar la descripción de una arquitectura de microservicios en desarrollo que expone un conjunto de algoritmos MADM. Cada microservicio ofrece la funcionalidad de su respectivo método multicriterio y se ejecuta en su propio proceso, comunicándose con otros servicios externos o aplicaciones que la utilizan. Una primera evaluación de la arquitectura muestra resultados satisfactorios y las oportunidades de mejora de la misma.

Palabras Clave: APOYO MULTICRITERIO A LA DECISIÓN - TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO - TOMA DE DECISIONES MULTIATRIBUTO - ARQUITECTURA DE MICROSERVICIOS

ABSTRACT

Multiple Attribute Decision Making (MADM) refers to making selections among some courses of action in the presence of multiple, usually conflicting, attributes. MADM methods are used to solve problems involving selection from among a finite number of alternatives. A key aspect of their successful application to real problems relies on the existence of user-friendly software implementing it. The aim of this paper is to provide a description of a microservice architecture that expose a suite of MADM algorithms as small services. Each microservice offers the functionality of its respective multicriteria method and runs in its own process, communicating with other external services or applications that used it. A first evaluation of the architecture shows satisfactory results and the opportunities for improvement of the same.

Keywords: MULTICRITERIA DECISION SUPPORT - MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING - MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING - ARCHITECTURE MICROSERVICES

1. INTRODUCCIÓN

La Toma de Decisiones Multiatributo es la rama más conocida de la Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés) y se refiere a tomar decisiones evaluando preferencias y priorizando un conjunto limitado de alternativas basadas en múltiples atributos en conflicto (Zhang, 2014). Los métodos MADM se utilizan para encontrar la solución óptima, seleccionar una sola opción o clasificar las opciones. Algunos métodos MADM bien conocidos incluyen AHP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, SMART, ORESTE, entre otros (Alinezhad y Khalili, 2019; Tzeng y Huang, 2011).



Por otro lado, el estilo arquitectónico de microservicios es un enfoque para desarrollar una sola aplicación como un conjunto de pequeños servicios, cada uno ejecutándose en su propio proceso y comunicándose por medio de mecanismos ligeros (Fowler y Lewis, 2014). Un software desarrollado con esta arquitectura se convierte en una aplicación modular basada en “piezas pequeñas” y se puede ampliar o reducir según las necesidades y requerimientos del proyecto (García, Aciar, Mendoza y Puello, 2018).

Este trabajo describe una arquitectura de microservicios que expone un motor de software compuesto por un conjunto de algoritmos MADM. La arquitectura global y el concepto base para los servicios individuales se evaluaron utilizando una plataforma en línea desarrollada por Chris Richardson, autor del patrón de microservicios.

2. ANTECEDENTES

Actualmente existen diversas herramientas de software gratuitas y comerciales que implementan computacionalmente métodos de toma de decisiones multiatributo o toma de decisiones multiobjetivo (MODM, por sus siglas en inglés).

Un buen punto de partida para explorar dicho software es el sitio web de la Sociedad Internacional en MCDM en <https://www.mcdmsociety.org> (MCDM, 2021), el cual proporciona una extensa lista de software disponible categorizado como gratuito, semicomercial y comercial. Los sistemas enlistados implementan diferentes métodos MADM o MODM, tales como NSGA III, AHP, ELECTRE III y MAVT. Estos incluyen programas de escritorio, aplicaciones basadas en la web, herramientas basadas en matlab, código fuente y frameworks. Entre los paquetes de código fuente y frameworks, se encontró un paquete para la programación entera multiobjetivo, un framework de código abierto (DESDEO), para la optimización interactiva multiobjetivo y un paquete MCDA para el lenguaje R, que apoya el proceso de ayuda a la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM, 2021).

Otra fuente importante para explorar software de este tipo lo constituye el sitio web del Consorcio *Decision Deck* en <http://www.decision-deck.org/project/> (Consortium, 2021), el cual presenta un conjunto de servicios web MCDA que se encuentran disponibles para ser utilizados a través de su propia aplicación de escritorio conocida como Diviz o por aplicaciones de terceros.

A partir de la revisión de herramientas que se llevó a cabo, se encontró que la única que tiene características afines a esta propuesta es la que ofrece el Consorcio *Decision Deck*. Su propuesta es buena, sin embargo, según información en su sitio web se prioriza el uso del lenguaje R en sus servicios, el cual es interpretado y poco conocido fuera de entornos de investigación, están orientados principalmente a usarse en aplicaciones del sistema operativo linux, muchos de ellos están fragmentados en las etapas de los métodos que implementan y no en todos los casos se dispone de los códigos fuente de los algoritmos, lo que limita la extensión o mejoramiento de los mismos por parte de terceros. Así, este trabajo se distingue de este por el hecho de que los algoritmos y servicios web están implementados en los conocidos lenguajes C++ y Python respectivamente, lo que permite que los primeros puedan alcanzar una velocidad de ejecución más eficiente cuando se requiera, son independientes del sistema operativo, implementan métodos completos y se dispone de la totalidad de los códigos fuente, lo que permite a un desarrollador de cualquier área extenderlos, adaptarlos o mejorarlos cuando sea necesario según las necesidades de su aplicación.

3. ARQUITECTURA DE MICROSERVICIOS

La arquitectura de microservicios es un enfoque para desarrollar software como una serie de pequeños servicios, cada uno ejecutándose de forma autónoma y



comunicándose entre sí. Muchos desarrolladores están descubriendo que esta forma de construcción de software mejora el tiempo, el rendimiento y la estabilidad de sus proyectos. Debido a su fácil escalabilidad, se considera especialmente adecuado cuando es necesario soportar una amplia variedad de plataformas. Muchas empresas que atienden aplicaciones a gran escala, como Amazon y Netflix, han decidido invertir en la evolución hacia los microservicios (García, Aciar, Mendoza y Puello, 2018).

Un microservicio se define como un proceso cohesivo e independiente que interactúa a través de mensajes. Aporta simplicidad en la administración de componentes, reduce los costos de desarrollo y mantenimiento y admite implementaciones distribuidas. Los beneficios de esta tecnología incluyen, entre otros, aumento de la agilidad, productividad del desarrollador, resiliencia, escalabilidad, confiabilidad, mantenibilidad y facilidad de implementación (Thramboulidis, Vachtsevanou y Solanos, 2018).

La arquitectura propuesta en este documento expone como microservicios cada uno de los algoritmos de un motor MADM, en los que cada uno tiene una autonomía completa para ser implementado, actualizado o reemplazado en cualquier momento sin afectar a los demás. Implementa el patrón de diseño de *API Gateway*, el cual proporciona una capa adicional, un único punto de entrada entre los microservicios MADM y las aplicaciones cliente. Este patrón de diseño oculta el *endpoint* de los microservicios al público, abstrayendo las referencias a los microservicios del cliente y reduciendo la latencia agregando múltiples llamadas. La arquitectura implementa RESTful para comunicarse con los clientes en el *frontend*, los cuales pueden ser cualquier tipo de software de escritorio, móvil o web. La arquitectura propuesta se muestra en la Figura 1.

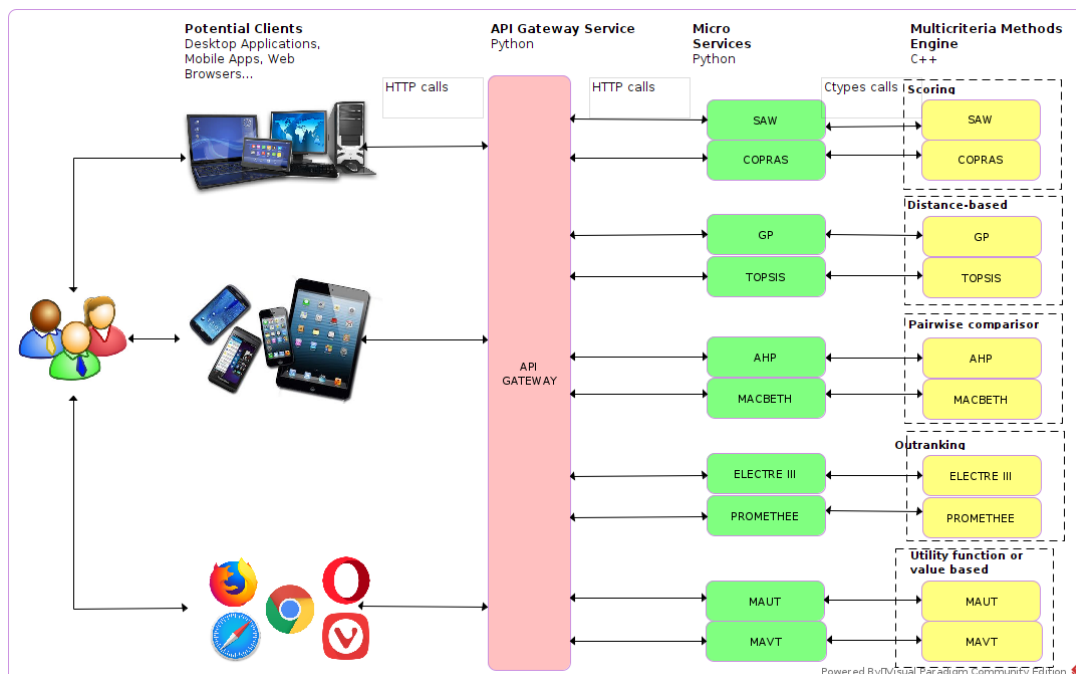


Figura 1: Arquitectura de motor MADM

Los métodos MADM se pueden clasificar en cinco categorías según sus características: métodos de puntuación, basados en la distancia, comparación por pares, sobreclasificación y basados en funciones de utilidad o valor. La base de los métodos de puntuación consiste en evaluar las alternativas mediante operaciones aritméticas básicas. El principio básico del método basado en la distancia es obtener la



distancia entre cada alternativa y un punto específico. Los métodos de comparación por pares comparan alternativas con respecto a un criterio subjetivo. Los métodos de sobreclasificación consisten en establecer una relación de preferencia sobre un conjunto de alternativas que indica el grado de dominancia entre ellas. Los métodos basados en funciones de utilidad o valor definen expresiones que determinan el grado de satisfacción de los criterios (Treadwell, 1995).

La Figura 2 muestra el diagrama de jerarquía de clases del motor MADM diseñados según la clasificación anterior y contemplando algunos métodos representativos de cada categoría.

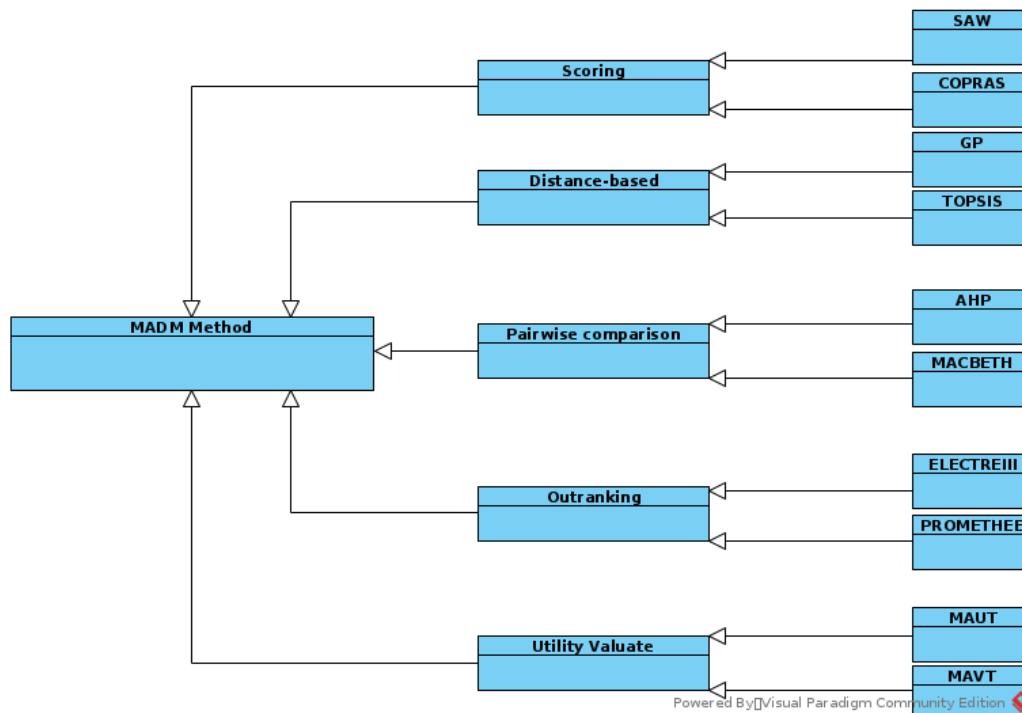


Figura 2: Diagrama de jerarquía de clases del motor MADM

Tanto la arquitectura como el motor MADM se encuentran disponibles para su descarga como software libre en <https://github.com/jfFigueroa23/MADM-MSA> y <https://github.com/jfFigueroa23/MADM-SL> con una licencia GPL-3.0 el cual, entre otras cosas, proporciona la libertad de usarlas, estudiarlas, compartirlas y modificarlas según se considere conveniente, además de protegerlas de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a nuevos usuarios cada vez que son distribuidas, modificadas o ampliadas.

Por ahora, para valorar la viabilidad de la arquitectura global y sus servicios individuales, el motor MADM tiene implementado el método ELECTRE III con explotación por destilación. Para más información sobre el método ver (Kahraman, 2008; Tzeng y Huang, 2011).

4. EVALUACIÓN

La arquitectura global y sus servicios individuales se evaluaron con una plataforma de evaluación cualitativa basada en encuestas en línea disponible en <https://microservices.io>, la cual fue diseñada por Chris Richardson, autor del patrón de microservicios. La evaluación genera puntuaciones para la arquitectura y los servicios individuales (Richardson, n.d.).



La Figura 3 muestra los resultados de la evaluación de los diferentes aspectos considerados en la arquitectura global.

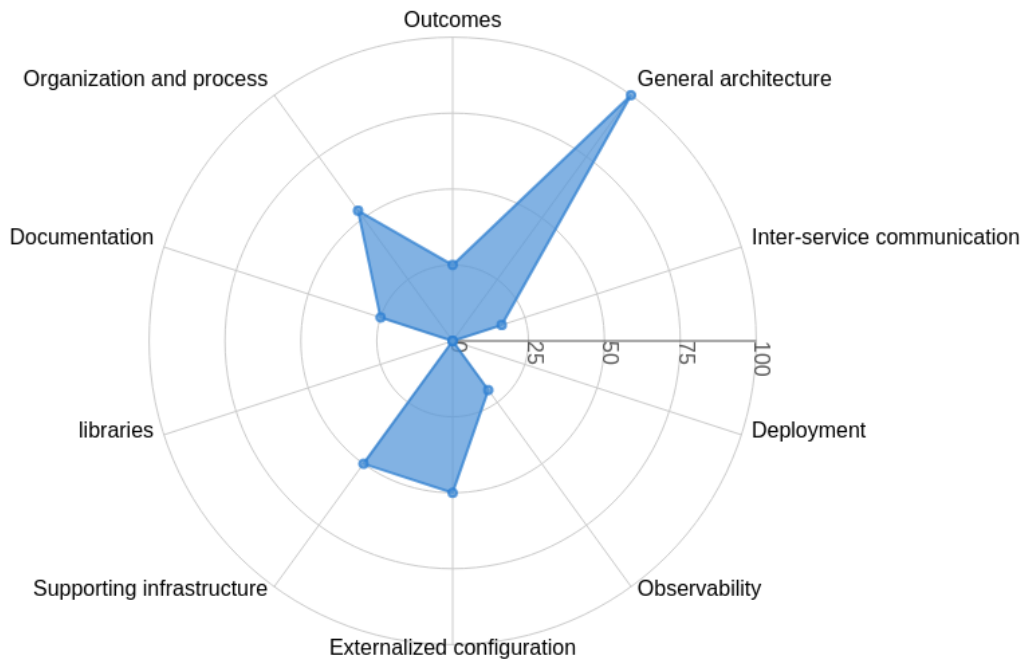


Figura 3: Resultados de la evaluación global de la arquitectura

Para probar el concepto base diseñado para cada uno de los servicios individuales que se pueden desarrollar con la arquitectura, se utilizó el servicio que expone el método ELECTRE III, cuyo algoritmo ya fue implementado en el motor MADM. La Figura 4 muestra los resultados de la evaluación del servicio ELECTRE III.

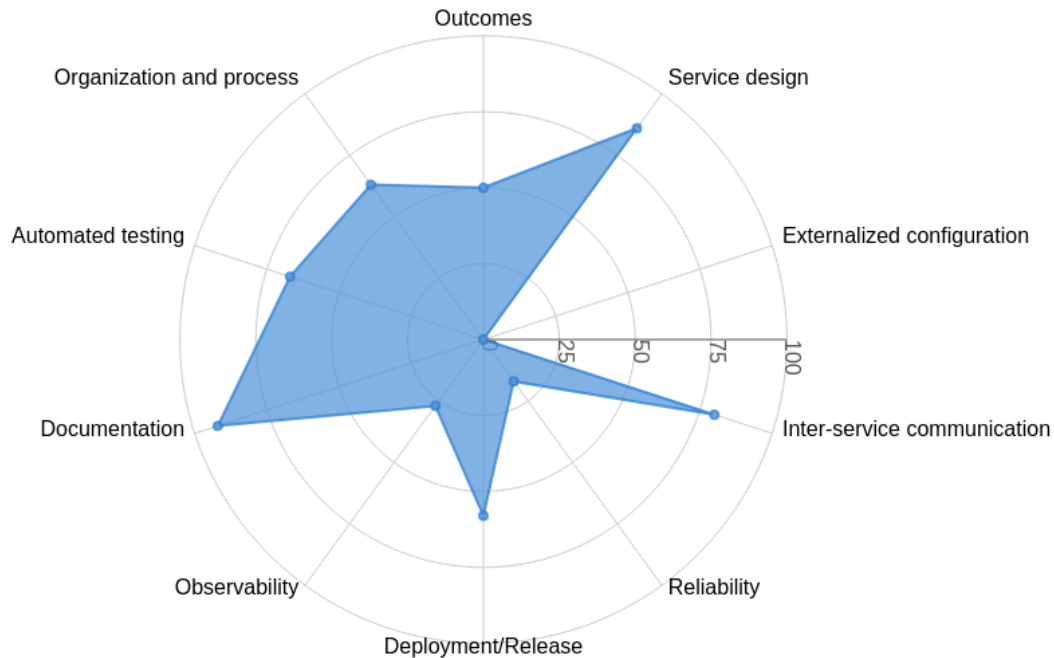


Figura 4: Resultados de la evaluación del servicio ELECTRE III

5. CONCLUSIONES

Los resultados derivados de una revisión de software disponible que implementa métodos MADM muestran la existencia de diferentes herramientas desarrolladas para este fin, tales como programas de escritorio, aplicaciones basadas en web, programas basados en matlab, códigos fuente, *frameworks* y servicios web. Sin embargo, sólo se encontró una herramienta con características afines a la que se propone en este trabajo pero que carece de varios elementos importantes que esta contempla y que fueron señalados anteriormente.

Los responsables de la toma de decisiones actualmente necesitan herramientas que les ayuden a tomar decisiones más rápidas y mejor informadas. Así, este trabajo propone una arquitectura basada en microservicios que expone un motor MADM. La arquitectura expone diversos métodos MADM que se pueden consumir para facilitar su integración en el desarrollo de aplicaciones de soporte de decisiones.

Las evaluaciones preliminares realizadas son alentadoras, pero muestran que falta trabajar más varios aspectos. En particular, nuestros siguientes pasos incluirán abordar las oportunidades de mejora encontradas durante la evaluación en la arquitectura global (clave de entrega de software, comunicación entre servicios, implementación y confiabilidad, observabilidad, bibliotecas y *frameworks*, documentación y organización) y en los servicios individuales (configuración externa, confiabilidad, observabilidad).

6. REFERENCIAS

ALINEZHAD, A., KHALILI, J. (2019). "*New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM)*" (Vol. 277). Springer Nature Publishers. Cham, Switzerland

CONSORTIUM, (s.f.). *Decision Deck*. Recuperado el 30 de julio de 2021 de <http://www.decision-deck.org/project/>



FOWLER, M. y LEWIS, J. (25 de Marzo de 2014). *Microservices*. Rastreator. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>

GARCÍA, L. M., ACIAR, S., MENDOZA, R. y PUELLO, J. J. (2018). “Smart tourism platform based on microservice architecture and recommender services. In *International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems*” (pp. 167-180). Springer Nature Publishers. Cham, Switzerland

KAHRAMAN, C. (2008). “Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments” (Vol. 16). Springer Science & Business Media.

INTERNATIONAL SOCIETY ON MCDM (s.f.). *Multiple Criteria Decision Making*. Recuperado el 30 de julio de 2021 de <http://www.mcdmsociety.org/>

RICHARDSON, C. (s.f.). *The Microservice Architecture Assessment*. Recuperado el 21 de julio de 2021 de <https://microservices.io/platform/microservice-architecture-assessment.html>

THRAMBOULIDIS, K., VACHTSEVANOU, D. C. y SOLANOS, A. (2018). “Cyber-physical microservices: An IoT-based framework for manufacturing systems”. 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), 232–239.

TREADWELL, W. A. (1995). “Fuzzy set theory movement in the social sciences”. *Public Administration Review*, 91–98.

TZENG, G.-H. y HUANG, J.J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. CRC press Taylor and Francis Group. Florida, USA

ZHANG, L. (2014). *Multi-attribute Decision Making*. In A. C. Michalos (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (pp. 4164–4166). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_1863



DECISION-MAKING PROCESS WITH THE AHP-TOPSIS-2N METHOD FOR ORDERING UNMANNED AIRCRAFT IN ELECTRONIC WARFARE MEASURES

ARTHUR P. A. COSTA¹ – JOSÉ V. P. CORRIÇA² – SÉRGIO M. N. MAÊDA³ – IGOR P. A. COSTA⁴ – CARLOS F. S. GOMES⁵ – MARCOS DOS SANTOS⁶

¹²Marinha do Brasil (MB) – Rio de Janeiro – RJ, Brazil

³⁴⁵Universidade Federal Fluminense (UFF) - Niterói – RJ, Brazil

⁶Instituto Militar de Engenharia (IME) - Rio de Janeiro – RJ, Brazil

thurcos91@gmail.com, jvctor97@gmail.com, sergiomnmaeda@gmail.com, costa_igor@id.uff.br, cfs1@bol.com.br, marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

ABSTRACT

This work aims to select the best Electronic Warfare (EW) drone to be acquired by the Brazilian Navy (BN). The AHP-TOPSIS-2N method was applied, a hybrid multicriteria method composed of the Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Nine models of EW unmanned aircraft were analyzed in the light of six operational, tactical, and economic criteria. After applying the method, the MQ-9 Reaper was selected as the most suitable drone to be purchased by BN. This study brings a valuable contribution to academia and society, as it represents the application of the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) method in the state of the art to support the decision-making process in a real problem.

Keywords: MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA); AHP-TOPSIS-2N; MILITARY EMPLOYMENT; ELECTRONIC WARFARE.

1. INTRODUCTION

The use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV), popularly known as drones, in Electronic Warfare Measures has proven relevance in combat throughout history. In addition, Electronic Warfare (EW) UAV are widely used by the world's major war powers, which have already realized the importance of this platform in the context of modern warfare and invest large amounts in the acquisition and manufacture of unmanned aircraft.

In the light of the above, deepening knowledge in this subject is extremely relevant for the Brazilian Navy (BN), envisioning a series of possibilities for the use of UAV in EW, analyzing its characteristics, resources, and advantages in marine operations. The objective of this work is to present a methodology capable of assisting the selection process of EW drones by BN, considering their possibilities of use and the tactical, operational, and strategic gain that these types of equipment would add to the country. Given this need, given the quantity, diversity, and complexity of existing drone models, the task of selecting an option more suited to military needs, in order to support marine operations, is not simple at all (Moreira *et al.*, 2021).

Despite the diversity of multi-criteria approaches, methods, and techniques, the basic components of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) are a finite or infinite set of actions (alternatives, solutions, courses of action, etc.), at least two criteria, and at least one Decision Maker (DM). Given these basic elements, MCDA is an activity that assists in decision-making, especially with regard to the choice, classification, or ordering of actions (Greco, Figueira and Ehrgott, 2016).

The existing drone models used in the main Armed Forces (AF) of the world can be analyzed in the light of various criteria, such as max. air speed, armaments, endurance, load capacity, and some more complex, such as maneuverability, systems, and aggregate technologies. In this research, when analyzing the aircraft and



established criteria, it was found that there was a strong compensatory characteristic in the data analysis. Therefore, among the several MCDA methods available, the AHP-TOPSIS-2N method was applied, because it is a compensatory model, with the advantage of generating two order actions with the same data, providing sensitivity analysis of the result.

The relevance of this work is to contribute to the increase of the country's defense and sovereignty capacity. Nine models of drones used by the AF of developed countries (with proven effectiveness in EW) were analyzed. For this, the AHP-TOPSIS-2N method was applied to evaluate the aircraft considering six criteria. The alternatives and criteria were analyzed considering the opinion of three BN officers, with more than fifteen years of a military career and extensive experience and knowledge in EW.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

2.1. MCDA applied in military problems

The academic literature contains several examples of the application of MCDA methods in the military field. Among the methods of MCDA, AHP is considered one of the most well-known and widely disseminated decision-making tools, with the largest number of applications reported in the literature (Santos, Costa and Gomes, 2021).

Literature review revealed several applications of AHP and TOPSIS methods to support decision-making in military problems. The modeling presented in this article includes, in addition to the hybrid modeling composed of the two methods, two normalizations of the results. This feature allows a sensitivity analysis, which gives security, transparency, and simplicity to the decision-making process (Gomes, Mury and Gomes, 1997).

2.2. The AHP-TOPSIS-2N method

The hybrid method AHP-TOPSIS-2N, initially proposed by Souza, Gomes and De Barros (2018) consists of two multicriteria decision-making techniques, usually adopted in complex scenarios, characterized by multiple and conflicting objectives: the AHP and TOPSIS methods. To understand the method, it is necessary to a prior knowledge of the two techniques that compose it.

According to Santos, Costa and Gomes (2021), it is a compensatory and hierarchical method, indicated mainly for problems with an average number of alternatives and criteria, considering the discrimination of results and cognitive effort in paired comparisons. In addition, the concepts of hierarchy and compensatory decision-making rules are by military culture, which facilitates analysis by experts.

For the application of the method AHP-TOPSIS-2N, Souza, Gomes and De Barros (2018) defining nine stages, described below:

- I. Establishment of the Decision Matrix, expressing the score of each alternative about each criterion analyzed;
- II. Preparation of the Weighting Matrix, using the fundamental Saaty scale, by evaluating alongside each criterion;
- III. By applying the AHP method, the weights of each criterion are obtained. The importance of calculating CR should be less than 0.1 to ensure the consistency of the analysis;
- IV. Obtaining the standard Decision Matrix: in the case of the AHP-TOPSIS-2N method, two different standardizations are used (Souza, Gomes and De Barros, 2018) (1), (2):



$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{(\sum x_{ij})^2}} \quad (1)$$

$$p_{ij} = \frac{p_{ij} - \min p_{ij}}{\max p_{ij} - \min p_{ij}} \quad (2)$$

V. Construction of the Weighted Standard Decision Matrix: weighted matrices are obtained by multiplying the weights calculated in step III by the normalized matrices:

VI. Obtaining sip (A+) and SIN (A-) (3);

$$A^+ = \{p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+\}; \quad A^- = \{p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-\} \quad (3)$$

VII. Calculation of the Euclidean distances of each of the alternatives in relation to SIP (Di+) and SIN (Di-) (Souza, Gomes and De Barros, 2018) (4)(5):

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2} \quad (4)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2} \quad (5)$$

VIII. Calculation of proximity to the ideal alternative (6):

$$C_i^+ = \frac{D_i^-}{D_i^+ - D_i^-} \quad (6)$$

IX. Ordering preferences.

3. METHODOLOGY

According to the classification proposed by Creswell and Creswell (2017) characterized as mixed qualitative-quantitative, combining case study and mathematical modeling (Bertrand and Fransoo, 2002). The Brazilian Navy is the object of research, previously presented in Sections 1 and 2, along with the justification for its choice.

The details of the object are presented in Section 4, as alternatives in the proposed MCDA model, which are EW drones to be purchased by BN. The applied mathematical modeling goes through four main steps, summarized below (Figure 1): structuring (identification of the decision objective, criteria, and alternatives); measurement (weight designation for the criteria and scores for the alternatives); synthesis of the results obtained by consensus of the three specialists.

4. CASE STUDY

For the feasibility of the analysis, three officers (DMs) of BN, with extensive experience and recognition in EW operations, were consulted. The authors conducted interviews through videoconference with the experts, who evaluated nine models of drones used in AF from developed countries, with proven efficacy in EW, in the light of six criteria. Data were collected in July 2021.



4.1. Decision matrix

In this article, nine models of drones were analyzed, among the most used in EW in navies worldwide, in the light of six tactical, operational, and economic criteria (Table 1).

UAV	Cost (\$ million)	ES (Electronic Support)	Max speed. (knots)	Max. altitude (km)	Max. endurance (hours)	Missiles
<i>Global Hawk</i>	220	Yes	310	20	30	0
<i>MQ-9 Reaper</i>	17	Yes	240	15	27	6
<i>Scan Eagle</i>	5	Yes	60	6	18	0
<i>Heron</i>	46	Yes	100	10	45	0
<i>900 Hermes</i>	8	Yes	110	9	36	0
<i>ASN 209</i>	5	No	100	5	10	0
<i>Aerosonde Fixed Wing</i>	12	Yes	65	6	14	0
<i>Kronshtadt Orion</i>	13	No	100	8	24	4
<i>Hunter-B</i>	30	No	540	18	10	0

Table 1 - Decision matrix

Source: Authors

For a better understanding of the problem in the study, table 2 describes the definitions of the criteria adopted.

Criteria	definition
Cost (million dollars)	Price, at million dollars, per EW drone unit
ES	Passive equipment capable of detecting and classifying emissions, allowing the achievement of the position of the enemy
Max. speed (knots)	Maximum horizontal flight speed achieved by UAV
Max. altitude (km)	Maximum flight altitude reached by UAV
Max. endurance (hours)	Amount of time, expressed in hours, that the drone can remain in flight without the need to refuel the aircraft
Missiles	Maximum missile loading capability by the drone during a landing/take-off

Table 2 - Definition of criteria

Source: Authors

4.2. Obtaining the weights of the criteria

To obtain the weights of the criteria, interviews were conducted through videoconference with the three joint experts to establish the degrees of the joint evaluations. The application of this approach aimed to identify the existence of possible abrupt variations in the evaluations of the DMs. Table 3 illustrates the pair-to-peer comparison between the criteria, based on the fundamental Saaty scale. The degrees



assigned in the peer review were obtained by consensus of the three Masters.

Criteria	Cost	ES	Max. air speed	Max. altitude	Max. endurance	Missiles	Weights
Cost	1	3	2	3	2	3	31,44%
ES	1/3	1	1/3	1/2	1/3	2	8,92%
Max. air speed	1/2	3	1	2	1/2	2	17,61%
Max. altitude	1/3	2	1/2	1	1/2	2	12,19%
Max. endurance	1/2	3	2	2	1	2	21,97%
Missiles	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1	7,87%

Table 3 - A paritarian comparison between the criteria and weights obtained
 Source: Authors

4.3. Results

Table 4 presents the ordering of alternatives after the two standardization processes. To obtain the values of D_i^+ , D_i^- and C_i^+ , the equations were applied. (4), (5) and (6), respectively.

Alternative	Normalization 1				Normalization 2			
	D_{+i}	D_{i^-}	C_{+i}	ordination	D_{+i}	D_{i^-}	C_{+i}	ordination
<i>MQ-9 Reaper</i>	0,10	0,30	0,76	First	0,16	0,35	0,68	First
<i>Hunter-B</i>	0,12	0,29	0,71	2nd	0,25	0,35	0,58	4th
<i>900 Hermes</i>	0,13	0,30	0,70	Third	0,20	0,36	0,64	2nd
<i>Kronshtadt Orion</i>	0,13	0,29	0,68	4th	0,25	0,32	0,56	5th
<i>Scan Eagle</i>	0,16	0,30	0,65	5th	0,28	0,33	0,54	6th
<i>Heron</i>	0,14	0,26	0,65	6th	0,20	0,35	0,63	Third
<i>ASN 209</i>	0,16	0,30	0,64	7th	0,32	0,31	0,49	8th
<i>Aerosonde Fixed Wing</i>	0,16	0,28	0,64	8th	0,39	0,31	0,52	7th
<i>Global Hawk</i>	0,31	0,10	0,24	9th	0,35	0,22	0,38	9th

Table 4 - The milking of alternatives
 Source: Authors

5. CONCLUSIONS

This research aimed to assist the decision-making process in a real military problem, through a case study. The results obtained may support the Navy's Senior Management in a complex question that affects the sovereignty and defense of the country.

The proposed analysis indicated the UAV *MQ-9 Reaper* as the most appropriate EW drone to be acquired by BN, for having obtained the best result in both scenarios evaluated. The proposed algorithm presented robust and reliable results, due to the possibility of evaluating two forms of standardization. This characteristic allows us to observe the behavior of alternatives in both scenarios, providing additional information to the decision-maker.

The AHP-TOPSIS-2N method proved to be efficient for the proposed analysis, enabling the achievement of the criteria weights, considering the opinion of multiple DMs,



in addition to the concept of verifying how much closer and farther an alternative is. The method can be used to solve the most diverse real problems of everyday life, being an especially useful method to support high-level decision-making in operational, tactical, and strategic problems.

Finally, it is suggested that this ordering model using the AHP-TOPSIS-2N can be expanded in other applications, serving as a basis for decision-making in the most diverse areas of the public and private sectors.

6. REFERENCES

BERTRAND, J. W. M. and FRANSOO, J. C. (2002). "Operations management research methodologies using quantitative modeling". *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241–264.

CRESWELL, J. W. and CRESWELL, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. [s.l.] Sage publication.

GOMES, L.; MURY, A. R. and GOMES, C. F. S. (1997). "Multicriteria ranking with ordinal data". *Systems Analysis-Modelling-Simulation*, v. 27, n. 2, p. 139–146.

GRECO, S.; FIGUEIRA, J. and EHRGOTT, M. (2016). *Multiple criteria decision analysis*. [s.l.] Springer, v. 37

MOREIRA, M.Â.L.; de ARAÚJO COSTA, I.P.; PEREIRA, M.T.; dos SANTOS, M.; GOMES, CARLOS F.S. and MURADAS, F.M. (2021). "PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Approach Based on Ordinal and Cardinal Inputs: Multi-Criteria Evaluation of Helicopters to Support Brazilian Navy Operations". *Algorithms* 14, no. 5: 140. <https://doi.org/10.3390/a14050140>

SANTOS, M.; COSTA, I. P. DE A. and GOMES, C. F. S. (2021). "Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method". *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, v. 13, n. 1. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i1.833>

SOUZA, L. P.; GOMES, C. F. S. and DE BARROS, A. P. (2018). "Implementation of new hybrid AHP–TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it CAPEX project portfolio". *International Journal of Information Technology & Decision Making*, v. 17, n. 04, p. 977–1005.



ORDERING OF NEURAL NETWORK MODELS FROM THE AHP-TOPSIS-2N METHOD: AN APPLICATION TO MEDICAL IMAGES FOR THE DIAGNOSIS OF COVID-19

LEANDRO CARVALHO¹- MARCOS DOS SANTOS²

¹State University of Campinas - UNICAMP

²Military Institute of Engineering - IME

l228595@g.unicamp.br - marcosdossantos@ime.eb.br

ABSTRACT

The year 2020 will go down in history, because of a pandemic never seen before. The whole world has been affected by COVID-19, the most reliable form of detection is the Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction test. Researchers from all over the world are coming together to give me the diagnostic imaging, um of the methods is the technique of Learning Transfer. In this study, the four neural networks were used, being, CNN, Xceptionnet, VGG16 and Efficientnet. Therefore, this study aims to use the AMD AHP-TOPSIS-2N method to help choose the best neural network. The result of the study was the choice of the Xceptionnet neural network for models based on X-Ray images.

Keywords: AHP-TOPSIS-2N - COVID19 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE

1. INTRODUCTION

The year 2020 will be remembered by countless future generations due to the pandemic that has spread throughout the world. COVID-19 disease, caused by a variation of the coronavirus (*Sars-CoV-2*), *triggers* a severe acute respiratory syndrome (SARS). A portion of the population that contract the virus has an asymptomatic condition, but those who develop symptoms end up suffering from pulmonary infection and need the help of artificial respirators to survive. A method with good acceptance and reliability for virus detection in patients is the RT-PCR (*reverse-transcriptase polymerase chain reaction*) test. However, not all the population has access to this form of diagnosis and, when it exists, it may be scarce. According to Hosseiny, Kooraki, Gholamrezanezhad, Reddy and Myers (2020) X-ray and Computerized (CT) tomographies are tests that, when analyzed, provide information to aid in the detection of the disease. X-ray is an easy-to-access alternative in different regions of the world and has a relatively low cost, but its image has lower quality. One of the alternatives that has been explored to aid the diagnosis of COVID-19 is *Deep Learning*, according to Zhang *et al.* (2020), *Deep Learning* is an effective tool to assist radiologists in detecting anomalies in images, so our proposal is to use X-ray images of the lungs to identify cases of COVID-19. For this, the use of *Deep Learning architectures* was explored, with the objective of identifying which model presents the best performance for the task of classifying images of tests performed and providing faster medical diagnosis assistance. In this work, four convolutional neural network (CNN) architectures were used to classify medical examinations through images to detect COVID-19, to assist in the choice of the best Neural Network, an AMD (Multicriteria Decision Support) method was used.

For Ribeiro *et al.* (2007), decision support methods serve to clarify the decision-making process, assisting and leading the decision-making in structuring, evaluating and making the best alternatives to the problem analyzed. The method used to help choose



the best neural network to be used in the image classification algorithm was the AHP-TOPSIS-2N, this method became hybrid after the joining of the AHP and TOPSIS methods.

2. RESOURCES AND METHODS

2.1. Database

Two *datasets* were used in the development of the project, which refer to X-ray images. All datasets *were* made available to assist in the evolution of the diagnosis of COVID-19 through *Deep Learning*. They come from kaggle *platforms*, *GitHub* and the Chinese National Center for *Bioinformatics*. Regarding X-ray images, we used two sets of data, which contained 751 images in total, considering the entire data set, however the data that made sense for our analyses were unbalanced (422 positive and 19 negative), so we sought the use of the *third dataset* containing 1583 images of negative diagnoses for any diseases.

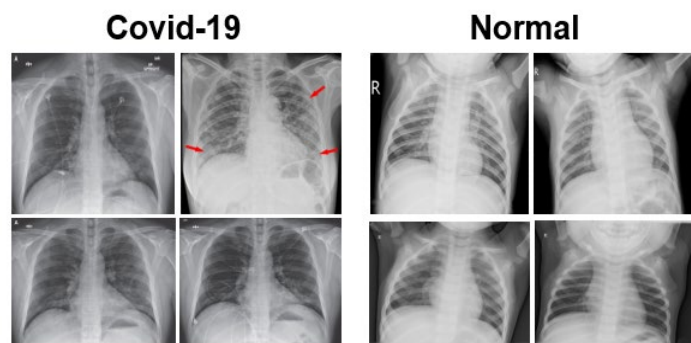


Figure 1. X-ray images used

Source: Authors (2021)

2.2. Tools

Python programming language was used as a computational tool to create artificial neural networks, with the help of the Keras library, which is executed through the Tensor Flow library. The model was developed on Google Colab.

3. METHODOLOGY

In order to be able to evaluate the performance of a neural network, you must create a base model to serve as a comparison. A neural *baseline network performs* this function because it identifies the standard performance of a network, providing the necessary results that serve as the basis for a comparison with other neural networks, such as the accuracy of a classification, means, and other statistical calculations. Creating *Deep Learning models* from scratch can become a complicated task that requires a lot of computational resources and database for training. In this way, *Transfer Learning* emerges as a tool to take advantage of knowledge and information learned by known and trained models in millions of data. In this work we chose to use *VGG16*, and *XceptionNet*, and as Baseline models we use the CNN and Efficient Networkarchives, in the table below we have the results compiled from the metrics used for the analysis.



Model (RX)	Accuracy (%)	Precision (%)	Sensitivity (%)	F1-Score (%)
CNN	93	93	89	91
XceptionNet	97	97	97	97
VGG16	96	96	96	96
EficcientNet	81	89	81	82

Table 1 - Compiled results of metrics - X-ray

Source: Authors (2021)

3.1. AHP-TOPSIS-2N Method

The AHP-TOPSIS-2N Method is classified as a hybrid method due to the union of two reputable methods that are the AHP (*Analytic Hierarchy Process*) and the TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*), the AHP method was created by Thomas Saaty in the 1970s, Saaty (1980), to help professionals in any area make more assertive decisions, taking into account the participation of multiple decision-makers, Rodríguez Bello (2008). According to Jansen, Shimizu and Jansen (2004), the method is described in four stages, decomposition of the problem, comparison alongside the elements at each level, determination of priorities and put an end to the aggregation of priorities related to choice.

The TOPSIS method created by Hwang and Yoon (1981). This method is relatively simple compared to the AHP method, it is very intuitive and easy implementation and application, one of the strengths of this method is the ease in analyzing a non-limited amount of alternatives Souza, Barros and Gomes (2016).

For this method the ideal alternative is the one that most closely approximates the positive ideal solution and the farthest from the negative ideal alternative, and vice versa, the AHP-TOPSIS-2N method was created from the junction of the two methods and two more normalizations with this we have the famous method, De Souza, Gomes and De Barros (2018), below we have the fundamental scale of Saaty.

1	Equal importance	The two activities contribute equally to the goal.
3	Small importance of one over the other	Experience or judgment lightly favors one activity over the other.
5	Essential or large importance	Experience or judgment strongly favors one activity over the other.
7	Demonstrated or significantly large importance	One activity is significantly favored over the other. It can be demonstrated in practice.
9	Absolute importance	Evidences favor one activity over the other, with a higher level of security.
2, 4, 6, 8	Intermediate values	When there is a condition for compromise between two definitions.

Table 2. Saaty's Fundamental Scale

Source: Adapted from Saaty (1980)



4. RESULTS AND DISCUSSIONS

After obtaining the data, generated by the *Machine Learning model*, and using the 3DM tool (available in www.3decisionmethods.com) developed in the Military Institute of Engineering (IME) by Bozza *et al.* (2020), the AHP-TOPSIS-2N method was applied to assist in the best choice of neural network to be used in the *Machine Learning model*, below is the result of the application of the method.

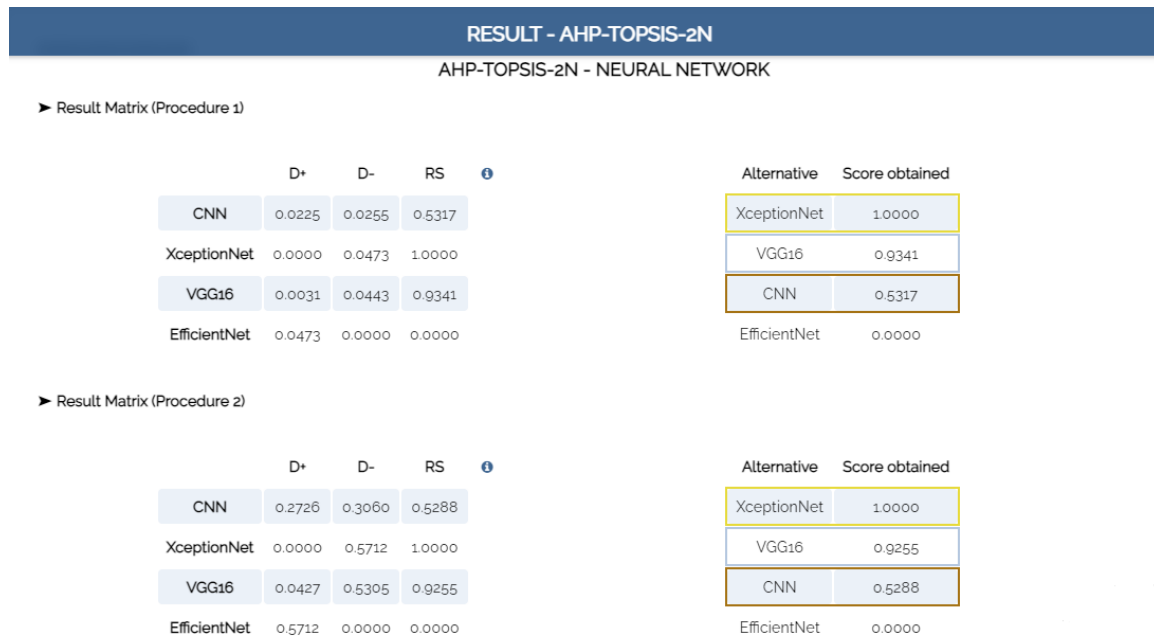


Table 3. Result of the AHP-TOPSIS-2N method applied to X-ray images
 Source: Authors (2021)

From the multicriteria analysis of decision-making AHP-TOPSIS-2N it was possible to verify that for x-ray examinations the best model to be used to classify *images is Xception Net*, we can also conclude that the model notto be used for the application of medical imaging classification in this study *was EfficientNet*, as important as knowing which is the best model to use in your work is to know which model not to use.

5. CONCLUSION

Based on the analyses, it is important to highlight that the satisfactory results for the data set we collected were obtained by applying *Transfer Learning techniques*, where certain layers of a neural network are pre-trained in a large set of data, and only applied to *the dataset* under analysis after the creation of new output layers facilitates the extraction of features *relevant* to the classification. It was interesting to note that convolutional layers, commonly used in the classification of conventional images (animals, objects), performed well in the analyzed medical data set, even in simplified architectures. Finally, considering the set of X-ray images, we came to the conclusion that using classification methods can be a tool to assist in the diagnosis of COVID-19.



6. REFERENCES

BOZZA, G.; RUY, M.; SANTOS, M. dos; MOREIRA, M.Â.L.; ROCHA JUNIOR, Claudio and GOMES, C.F.S (2020). "Three Decision Methods (3DM) Software Web (v.1)". INPI: BR512020002204-9. Recuperado de <http://3decisionmethods.com/3DM/index.html>

DE SOUZA, L. P., GOMES, C. F. S., and DE BARROS, A. P. (2018). "Implementation of new hybrid AHP–TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it capex project portfolio". *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(04):977–1005.

HOSSEINY, M., KOORAKI, S., GHOLAMREZANEZHAD, A., REDDY, S., and MYERS, L. (2020). "Radiology perspective of coronavirus disease 2019 (covid-19): lessons from severe acute respiratory syndrome and middle east respiratory syndrome". *American Journal of Ro-entgenology*, 214(5):1078–1082.

HWANG, C.L. and YOON, K. (1981). *Methods for multiple attribute decision making*. In *Multiple attribute decision making*, p. 58–191. Mr. Springer.

JANSEN, L. K.C., SHIMIZU, T. and JANSEN, J. U. (2004). "An analysis of investments considering intangible factors". *Revista Produção Online*, 4(4).

RIBEIRO, J. et al. (2007) "Applications of classical AHP and DEA method select suppliers in capital goods". In 9th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Viña Del Mar, Chile. Proceedings of 9th ISAHP, p. 10.

RODRÍGUEZ BELLO, S. (2008). *It takes multi-criteria decision with AHP, ANP and fuzzy logic*. Universidad Nacional de Colombia.

SAATY, T.L. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process". *International journal of services sciences*, 1(1):83–98.

SAATY, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill..

SOUZA, L., BARROS, A., and GOMES, C. F. S. (2016). "IT governance committee: a decision-making model for planning and prioritizing the portfolio of investment projects by hybrid method of multicriteria assistance techniques". *Symposium of Excellence in Management and Technology*.

ZHANG, K., LIU, X., SHEN, J., LI, Z., SANG, Y., WU, X., ZHA, Y., LIANG, W., WANG, C. and WANG, K. (2020). "Clinically applicable AI system for accurate diagnosis, quantitative measurements, and prognosis of covid-19 pneumonia using computed tomography". *Cell*, 181(6):1423–1433.



DYNAMIC MODELING FOR CHOOSING A COMPANY INVESTMENT THROUGH THE VFT APPROACH AND CRITIC-GRA HYBRID METHOD

ISAQUE DAVID PEREIRA DE ALMEIDA¹ – CARLOS FRANCISCO SIMÕES GOMES¹ - MARCOS DOS SANTOS²

¹Fluminense Federal University

²Naval Systems Analysis Center (CASNAV)/ Military Institute of Engineering (IME)

isaque.mestrado@gmail.com - cfs1@bol.com.br - marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

ABSTRACT

This article plays an important role in supporting the decision-making of a micro-company, where it needs to provide the amount available in some type of investment. To obtain the investment alternatives, as well as the criteria for evaluation, value-focused thinking (VFT) was applied. After obtaining all the necessary data, the CRITIC method was used as the method to generate the criteria weights and the GRA method for ordering the alternatives. The period of data analysis was based on the month of May of 2021. In the end, an order was established in which it remained coherent given the data presented, thus showing the robustness of the application of the two methods, together, bringing positive results to the microenterprise.

Keywords: MCDM – VALUE-FOCUSED THINKING (VFT) – CRITIC METHOD – GRA METHOD – INVESTMENT FUNDS

1. INTRODUCTION

According to Yoo and Managi (2020), the rapid spread of COVID-19 has motivated countries around the world to mitigate mortality through actions that include social distancing, home quarantine, school closures and isolation of people in some cases. Politicians in all countries are under pressure to maintain a balance between containing the disease by implementing blockades and saving the jobs and livelihoods of many people while keeping economic activities undiscouraged.

Although the virus outbreak is initially a human tragedy, its economic impact is also seriously worrisome. A few weeks after the outbreak, COVID-19 sent global economic shockwaves affecting stock markets, consumer confidence and global supply chains. Travel and tourism collapsed (Kabadayi; O'connor and Tuzovic, 2020). Stock markets reacted around the world to the COVID-19 pandemic with worrying volatility as a result of the panicked sell (Kabadayi; O'connor and Tuzovic, 2020).

The investment decision is one of the most important economic decisions, if it is considered that it defines, at the aggregate level, the performance of the economy. It is also the source of capital accumulation and, therefore, the major determinant of the economy's long-term capacity. Finally, it is the most unstable component of aggregate and natural demand responsible for variations in income and employment (Casagrande, 2020).

This article aims to support the decision of a microcompany, which works with online sales in Rio de Janeiro, in allocating its resources in some type of investment in the short, medium or long term. The intended result is the establishment of an ordering of some assets that will be analyzed in this article in order to bring the best financial returns, respecting all the limits established by the company.

2. VALUE-FOCUSED THINKING (VFT) APPLICATION

Using as a basis the decision-making process proposed by Franco and Montibeller (2010), this article seeks to structure the situational scope of the problem, defining it in two phases: divergent and convergent, as shown in Figure 1.

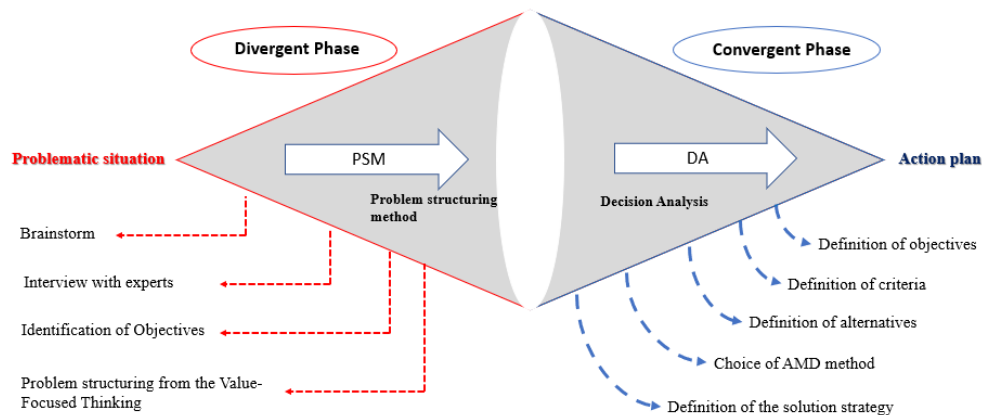


Figure 1: Decision-Making Process

Source: Adapted from Abuabara, Paucar-Caceres and Burrowes-Cromwell (2019)

With the focus on the survey of existing possibilities for a better definition of alternatives, it was discussed about the possibility of making the contribution in Variable Income Financial Assets, which would certainly bring higher risk and a probably higher return, or fixed income financial assets, which would bring peace of mind for the lower risk and a probably lower return. Within this first survey it was understood that, despite the existence of a higher risk, a probable higher return would be more feasible.

Within the possibilities of choosing between existing Financial Assets, aiming to be self-sufficient as to the movement in the future to take advantage of the expertise of some employees, the Investment Fund was established. The alternatives established after this survey were: A1- Navi Long Short FIC FIM; A2 - Sharp Long Short 2X FIM; A3 - Gauss Advisory FIC FIM; A4 - Sharp Long Short FIM; A5 - ARX Extra FIC FIM; A6 - Pacifico Macro FIC FIM; A7 - Absolute GAP FIC FIM; A8 - VRB Multimarket Investment Fund; A9 - ARX Macro FIC FIM; A10 - Safe Harbor Macro FIC FIM; A11 - XP Macro FIM; A12 - Claritas Hedge FIC LONG TERM; A13 - Kapitalo Kappa Advisory FIC FIM; A14 - XP Macro Institutional FIC FIM; A15 - Moat Capital Equity Hedge FIC FIM; A16 - XP Macro Plus FIC FIM; A17 - Western Asset Multitrading H Multimarket FI; A18 - Adam Macro Strategy Advisory FIC FIM; A19 - Kapitalo Zeta Advisory FIC FIM; and A20 - Vintage Macro Advisory FIC FIM.

Following the same guidelines, seeking to establish the criteria related to the alternatives, the first five criteria were determined as cost monotonic: C1 - Initial Application: establishes the minimum value necessary to start at the bottom; C2 - Minimum Movement Value: makes it impossible to move with values lower than those established; C3 - Minimum Residence Balance: limits the minimum amount that should remain invested; C4 - Redemption D +: informs the time that must wait for the redemption of the requested value; C5 - Risk: presents the level of risk of each investment.

Following the same logic, the last three criteria are defined as profit monotonic: C6 - Morningstar rating: is a rating of investment funds ranging from zero to five stars; C7 - Return 12 months (%): establishes the sum of income for the last twelve months based on May 2021; C8 - Profitability Year 2020 (%): demonstrates how robust the investment fund was within the period that the COVID-19 pandemic began.

3. THEORETICAL FRAMEWORK

3.1. CRiteria Importance Method Through Intercriteria Correlation (CRITIC)

In 1995, the CRITIC method was applied to obtain the weights of the attributes in the decision matrix. This method, with four different steps to specify weight and classification attributes, uses the correlation coefficient between attributes to determine the relationship between attributes. After determining the decision matrix and converting



qualitative attributes into quantitative by the experts, the top attribute is eventually specified (Alinezhad and Khalili, 2019).

These steps are described according to Alinezhad and Khalili (2019):

1) The normalization for monotonic profit criteria is due to equation (1), as well as for monotonic cost criteria is due to the equation (2):

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^-}{r_i^+ - r_i^-}; \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^+}{r_i^- - r_i^+}; \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

2) The correlation coefficient between attributes is determined by the equation below (3):

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j) \cdot (x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}} \quad (3)$$

Where \bar{x}_j and \bar{x}_k represent the average of the j th and k th attributes. \bar{x}_j is calculated from the equation below (4). Similarly, it is obtained for \bar{x}_k : In addition, ρ_{jk} is the correlation coefficient between the attributes j th and k th (4).

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}; \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

3) Obtain the index C. First, the standard deviation of each attribute is estimated by equation (5), following the calculation of the index by equation (6):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}; \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}); \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

4) The weights of the attributes are determined by equation (7):

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}; \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

3.2. Grey Relational Analysis (GRA) Method

Initiated in 1982, grey system theory can be applied to analyze uncertain systems with incomplete or uncertain information or incomplete data. As part of grey system theory, grey relational analysis (GRA) has been widely used to analyze statistical data in various research fields (Xu; Liu and Zhang, 2020).

According to Rao (2010), the GRA method consists of the execution of the following equations:

1) Construction and standardization of the Decision Matrix. The normalization for monotonic profit criteria is due to the equation (8), as well as for monotonic cost criteria is the equation (9):

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \min(y_{ij})}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} \quad (8)$$



$$x_{ij} = \frac{\max(y_{ij}) - y_{ij}}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} \quad (9)$$

2) The Reference Sequence is generated. To compare the performance of all values between [0.1]. This sequence is established by equation (10) and shows that the closer to 1, the better then the performance of the design will be considered the best for the analyzed response:

$$(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n}) = (1, 1, \dots, 1, \dots, 1), \quad (10)$$

3) Grey Relational C: it is used to determine how close X_{ij} is to the X_{0j} . The higher the grey relational coefficient, the closer X_{ij} and X_{0j} are. The grey relational coefficient can be calculated by (11):

$$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{(\Delta_{min} + \xi \Delta_{max})}{(\Delta_{ij} + \xi \Delta_{max})} \quad (11)$$

Where the values of Delta ij and min and max are established by the equation (12):

$$\begin{aligned} \Delta_{ij} &= |x_{0j} - x_{ij}|, \\ \Delta_{min} &= \min \{ \Delta_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \} \\ \Delta_{max} &= \max \{ \Delta_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \} \\ \xi &= \text{distinguishing coefficient, } \xi \in (0, 1] \end{aligned} \quad (12)$$

The distinguished coefficient is intended to expand or compress the grey relational coefficient range. Different coefficients of distinction can lead to different solution results.

4) The Grey Relational Grade: it is a weighted sum of the grey relational coefficients, where the sum of the weights must be equal to one and can be calculated using (13):

$$\Gamma(X_0, X_i) = \sum_{j=1}^n w_j \gamma(x_{0j}, x_{ij}) \quad (13)$$

At the end of this process, the alternatives are ranked.

4. APPLICATION OF METHODS

The microenterprise has an amount of R\$ 120,000.00 to invest and, when searching one of the renowned Brazilian investment firms to obtain an optimized portfolio, twenty different investment funds are selected, which were addressed in detail in section 2.

For the application of the CRITIC method and GRA method, it is necessary to construct a Decision Matrix where the alternatives and criteria were raised from the application of the VFT. The said matrix is in Table 1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	50000	10000	10000	30	6	5	3,6	2,42
A2	50000	5000	5000	90	26	5	5,06	21,22
A3	5000	1000	1000	29	15	5	12,62	15,98
A4	50000	5000	5000	15	6	5	2,67	10,69
A5	1000	1000	1000	4	26	5	26,32	12,35
A6	10000	5000	5000	30	11	4	2,54	2,63
A7	5000	1000	1000	30	26	4	5,59	10,01
A8	10000	1000	10000	45	26	4	16,63	8,25



A9	1000	1000	1000	0	15	4	24,48	10,64
A10	5000	100	5000	5	8	4	7,44	9,02
A11	10000	500	1000	30	15	3	10,28	3,95
A12	5000	1000	5000	3	8	3	1,27	4,08
A13	50000	10000	20000	30	15	3	11,15	1,51
A14	5000	1000	1000	0	8	3	6,75	5,68
A15	20000	10000	20000	30	10	3	8,19	8,5
A16	25000	1000	10000	30	25	2	20,44	5,86
A17	5000	100	1000	1	26	2	4,45	4,41
A18	25000	5000	5000	30	11	2	2,4	6,39
A19	100000	50000	100000	60	20	0	19,01	0,49
A20	500	100	100	30	20	0	18,86	1,75

Table 1: Decision Matrix
 Source: Authors (2021)

Then, after completing all the steps presented in sub-item 3.1, the values presented in Table 2 are obtained.

	cost	cost	cost	cost	cost	profit	profit	profit
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
WJ	0,09116	0,07236	0,07178	0,10418	0,21762	0,12630	0,19717	0,11940
Wj(%)	9%	7%	7%	10%	22%	13%	20%	12%

Table 2: Results of weights by critic method
 Source: Authors (2021)

In the second stage of the problem, the GRA method was used, where the same decision matrix established by Table 1 was used. From the said matrix is initiated the step-by-step established by sub-item 3.2., the Grey Relational Grade is obtained with the respective ordering, by Table 3.

Grey Relational Grade	Ordination	
A1	0,6764	8
A2	0,5976	10
A3	0,7016	6
A4	0,7211	3
A5	0,7867	1
A6	0,6110	9
A7	0,5809	15
A8	0,5854	14
A9	0,7706	2
A10	0,7202	4
A11	0,5967	11
A12	0,6787	7
A13	0,5264	19
A14	0,7044	5
A15	0,5909	13
A16	0,5681	18
A17	0,5757	16
A18	0,5688	17
A19	0,4202	20
A20	0,5957	12

Table 3: Grey Relational Grade Matrix
 Source: Authors (2021)



5. ANALYSIS OF RESULTS

With the results observed in the application of the CRITIC method, we notice the weights received for each criterion. Criterion C5 (Risk) received the highest weight, of 22%, followed by C7 (Return 12 months (%)) with 20%. This distribution of the highest weights for these criteria proved to be very coherent, since the high score for C5 in investments is due to insecurity, and uncertainty, of what may occur with investments in the pandemic period.

After applying the GRA method, it can be observed that, at the end of the ordering generated by the method, the A5 investment obtained the best placement. Despite having one of the highest values assigned by Criterion C5 (Risk), it obtained the highest value assigned in Criterion C7 and the third-highest value assigned in criterion C8. Another important point was the lowest values assigned in criteria C1, C2 and C3. All these factors contributed to the better classification of this alternative.

6. CONCLUSION

It was clear that the application of the CRITIC and GRA methods to sort a portfolio of financial assets was well adjusted and followed a sensible logic as to the ordering of its results.

Thus, the present work aimed to order the alternatives of available investments according to the established criteria. The application of these methods was of paramount importance to support the microenterprise to decide on the choice of the best alternative to invest its capital, following the ordering presented.

7. REFERENCE

ABUABARA, L.; PAUCAR-CACERES, A. and BURROWES-CROMWELL, T. (2019) "Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: promoting circular economy". *International Journal of Production Research*, v. 57, n. 23, p. 7269–7288, 2 dez. 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1629664

ALINEZHAD, A. and KHALILI, J. (2019) "CRITIC method. In: *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)*". [s.l.] Springer. p. 199–203.

CASAGRANDE, E. E. (2020) "Modelos de investimento: metodologia e resultados". *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 22, p. 101–112.

FRANCO, L. A. and MONTIBELLER, G. (2010) "Problem structuring for multicriteria decision analysis interventions". *Wiley encyclopedia of operations research and management science*.

KABADAYI, S.; O'CONNOR, G. E. and TUZOVIC, S. (2020) "The impact of coronavirus on service ecosystems as service mega-disruptions". *Journal of Services Marketing*.

XU, T.; LIU, X. and ZHANG, Z. (2020) "Simplified likelihood estimation of ship total loss using GRA and CRITIC methods". *Transportation planning and technology*, v. 43, n. 2, p. 223–236.

YOO, S. and MANAGI, S. (2020) "Global mortality benefits of COVID-19 action". *Technological Forecasting and Social Change*, v. 160, p. 120231.



IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL LICENSING PROCESSES OF THE INSTITUTE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT OF RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA) WITH THE AID OF THE AHP- TOPSIS-2N MULTICRITERIA METHOD

WAGNER A. P. BORGES¹ – MARCOS DOS SANTOS² – ALESSANDRO C. CORRÊA³ – ANDREI E. S. GOMES⁴ – LEONLENE S. AGUIAR⁵

¹Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA

²Instituto Militar de Engenharia – IME

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA

⁴Escola Superior de Propaganda e Marketing – Lab3i

⁵Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA

wagneralan2008@gmail.com - marcosdossantos@ime.br - alessandro.correa@ifpa.edu.br - contato@andreigomes.com.br - leonlene@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this article was to propose a sequence of priorities for categories of the environmental licensing process to improve the efficiency of services provided by the Institute for Sustainable Development and Environment (IDEMA) with the aid of the AHP-TOPSIS-2N hybrid method. Considered four evaluation criteria. Ranked the categories, suggested the following sequence: Forestry, Industrial, Civil Construction, Energies, Agro-silvopastoral, Mineral Extraction, and Services Activities. The rank enables better targeting of efforts and contributes to greater agility and efficiency in public administration.

Keywords: AHP–TOPSIS–2N - ENVIRONMENTAL LICENSE – EFFICIENCY - IDEMA - SUSTAINABLE DEVELOPMENT

1. INTRODUCTION

Among the collegiate bodies, environmental supervisors, sectionals are state entities that have the primary function of helping to promote sustainable development, licenses activities, and enterprises with the potential to degrade the environment, focusing on the supply of the needs of the current generation, without committing the ability to meet the needs of future generations (Law n° 6.938, 1981). The procedures involved, from the application of the license by the interested party to the final response of the environmental agency, which will be the issuance of the operating license or the infeasibility attested, require a lot of time because they require several analyses, in various sectors, assessments developed through multidisciplinary teams.

In this scenario, the environmental agency needs time for the appropriate feasibility assessments and, in contrast, the entrepreneur needs the license as soon as possible to act. These situations cause several problems, direct or indirect, that affect entrepreneurs to the employees involved in the environmental agency. The various urgencies of entrepreneurs imply pressures applied directly to the collegiate and propagate among employees. Usually, several urgent processes come to technicians. This is also because analyzes are multidisciplinary and the needs of other technicians, who seek information to continue their analyses, also accumulate in their agendas. So how do you know the "priority"? How do I decide which licensing process is a priority?

In the State of Rio Grande do Norte (RN), the Institute for Sustainable Development and Environment (IDEMA) is the main environmental agency. Not unlike others, the battle to increase efficiency is, and always will be, fought for continuous improvement. However, it is a state agency where the governor in each electoral mandate appoints management, generally implying administrative discontinuity, so that the time available for implementations of improvements is brief. In this context, the management IDEMA, realizing the need to obtain an Action Plan that promotes greater agility to its actions,



faces the following question: where to start and what sequence to follow?

Thus, this work intends to answer this important question, using the hybrid decision-making support tool AHP–TOPSIS-2N to list the best sequence to the actions plan of the IDEMA and, consequently, to bring a valuable contribution to society.

2. PROBLEM DESCRIPTION, MATERIALS AND METHODS

The procedures involved until IDEMA grants the final license need to gain speed without losing quality and, therefore, it is necessary to create and apply a competent action plan that promotes these improvements. Due to this need and given its complexity, it is necessary to apply a Multicriteria Decision Support (AMD) method, which ranks the main categories licensed by the agency (Forestry Activities, Energies, Agroforestry, Industries, Civil Constructions, Extractions Minerals and Services), ensuring that the actions foreseen by the plan, applied by category, following the established ranking, culminate in more competent results. In this way, you will know which sequence to manage the actions proposed by the plan, acting in the sectors responsible for the analysis of the processes of the category that is working until all the actions are consolidated, then moving to the next category immediately ranked.

2.1. Structuring the Problem

The plan's actions will consist of several actions with different objectives, which should expose problems, gather and select data, indicate alternatives, support decisions and ensure the best performance. Therefore, one must listen to employees, observe how they perform their functions, compare to other employees and make use of ideas and tools such as the Decision Making Framework (QTD), proposed by Gomes (2020), in addition to those established as PO, Design Thinking, Process Mapping and Data Science. Thus, to propose solutions that range from changing habits to the automation of activities with specific applications, software.

To organize, sequence, the acts that the plan will propose, it is necessary to understand the whole problem well, list the alternatives and criteria and establish the necessary strategies. To this end, the QTD (Figure 1) contributes to the solution of this problem by structuring it, thus improving understanding.

Decision Making Board		Designed by: Wagner Borges	Designed by: General Director	Date: 06/05/2021	Phase: 01
Rules	Challenge	Reward	Alternatives	Decision to Make	
Direct contact with employees Access to procedural information Rules and regulations Moral and ethical conduct Copyright and Intellectual Property Law	Ensure employee contribution Adaptation of the agency's procedural management system to obtain the necessary data just over a guaranteed year of current management to reap the rewards	Increased efficiency of the environmental agency promoting cost and time reduction; facilitation of the activities of employees and greater guarantees for sustainable development.	Determining the sectors with the greatest potential to deliver the expected results Acting in all sectors that analyze a certain modalities chosen by intuition Determination of the modalities with the greatest potential to give the expected results, aiming at the best results in a shorter time interval when acting in the responsible sectors	Determine the activities with the greatest potential to give the expected results, aiming for the best results in a shorter time interval when acting in all responsible sectors	
Players	Resources		Indicators	Decision Not to Make	
Against: Performance of previous managements Post: Board of Directors Contributors IT employees	Procedural Management System (CERBERUS) Mathematical models Skilled development sector available intellectual capital		Performance data from previous managements and from past months of the current one Constant feedback from entrepreneurs Historical data contained in the body's procedural system (CERBERUS)	Determine the sectors with the greatest potential to deliver the expected results Acting in all sectors that analyze a certain licensed activity chosen by intuition	
Scenario		Strategy			
Visionary director, who likes technologies, innovations and is always on the lookout for improvements Accumulated processes ongoing pandemic Social isolation Home Office>		Collaborative performances Use of related tools such as Design Thinking, Process mapping, Data Science and EQ.			

Figure 1- Decision-Making Table
 Source: Authors (2021)



2.2. Choice of Criteria

Created and selected the criteria with a focus on the objective, it resulted in:

- Number of people involved by category - **C1**
This is the number of people involved in the analyses of the category presented. It refers to a cost criterion because the smaller number of people reduces errors and gives greater agility to the execution of actions.
- Average monthly net collection by category - **C2**
Difference between the monthly amount collected and the cost per category. Benefit, as more resources will be available to maintain and expand the plan's actions.
- Average time to final license (operating license) - **C3**
Average time until the issuance of the operating license, given in months. Benefit criterion, because the bigger it is, the more necessary it is to reduce the times.
- Average number of processes formed monthly - **C4**
Mention is made of the number of licenses requested in one month, per category. Benefit criterion, because the higher, the more people can benefit.

2.3. Choice of Decision-Makers

Thinking about facilitating decisions, avoiding ties due to contradictory opinions, optimizing time, only the director general of IDEMA presents himself as a decision-maker. Correct decision because he is very active, aligned with the main details of the body, attentive to the opinions of employees, holder of multidisciplinary judgments.

3. THE AHP–TOPSIS–2N METHOD

Proposed by De Souza, Gomes and De Barros (2018), the AHP-TOPSIS-2N is a hybrid method that uses two normalizations to attest to the results. It combines part of the AHP (Analytic Hierarchy Process, suggested by Saaty (1980)), to weighting the weights, with TOPSIS (Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution, suggested by Hwang and Yoon (1981)), to treat the data and make the results available.

NORMALIZATION	EQUATION	GENERIC VECTOR V VALUE NORMALIZED	CONSERVATION OF PROPORTIONALITY
01	$\frac{a_{ij}}{\max a_{ij}}$	$0 < V \leq 1$	Yes
02	$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$	$0 \leq V \leq 1$	No
03	$\frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}}$	$0 < V < 1$	Yes
04	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$	$0 < V < 1$	Yes

Table 1- Most used normalizations
Source: Authors (2021)

Among the normalizations presented in Table 1, the AHP-TOPSIS-2N method uses formulas 02 and 03, with the 03 originally used by TOPSIS and the other added to confirm the result and give more security to the decision-maker. Colombo, Santos and Gomes (2019) listed nine steps (Table 2), of which the first three are from AHP and the others from TOPSIS, with a small change in the fourth, the first from TOPSIS, which adds the second normalization.



STEPS	EQUATION	DESCRIPTION
Definition of the Decision Matrix	It does not apply. Matrix D	Assembled with the estimated data, these values represent an alternative, considering a certain criterion.
Definition of the Weighting Matrix	It does not apply. Matrix P	Consisting of the values associated with the responses given by the decision-taker,
Determining the weight of each criterion	(Eq. 1) $\frac{p_{ij}}{\sum p_{ij}} \rightarrow N$ (Eq. 2) $\frac{\sum n_{ij}}{n} \rightarrow W$ (Eq. 3) $WP \rightarrow C$ (Eq. 4) $\sum c_{ij} \rightarrow S$ (Eq. 5) $\frac{s_{ij}}{w_{ij}} \rightarrow L$ (Eq. 6) $\lambda_{\max} = \frac{\sum l_{ij}}{n}$ (Eq. 7) $C.I. = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$ (Eq. 8) $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$	Weights (W) calculated using the normalized eigenvector of the weighting matrix by the AHP method, using equations 1 and 2, and then the consistency of the pairwise comparisons of the decision-maker is verified, where CR must be less than 0,1, using equations 3 to 8.
Normalization of the Decision Matrix	(Eq. 9) $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$ (Eq. 10) $r_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Mín}(x_{ij})}{\text{Máx}(x_{ij}) - \text{Mín}(x_{ij})} \rightarrow R$	Use of two normalization techniques (De Souza, Gomes & De Barros, 2018).
Construction of the Weighted Normalized Decision Matrix	(Eq. 11) $p_{ij} = w_i x r_{ij} \rightarrow P$	Weighting of matrices normalized by calculated weights.
Determination of Positive Ideal Solution (SIP) and Negative Ideal Solution (SIN)	(Eq. 12) $A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_n^+)$ (Eq. 13) $A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_n^-)$ (Eq. 14) $p_j^+ = \begin{cases} \max_i(p_{ij}), \text{crit. beneficioso} \\ \min_i(p_{ij}), \text{crit. de custo} \end{cases}$ (Eq. 15) $p_j^- = \begin{cases} \min_i(p_{ij}), \text{crit. de benef.} \\ \max_i(p_{ij}), \text{crit. de custo} \end{cases}$	Selection of the ideal solution observing whether the criterion is monotonic of cost or benefit (De Souza, Gomes & de De Barros, 2018).
Calculation of distance measurements	(Eq. 16) $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij})^2} \rightarrow p_j^+ - p_{ij}$ (Eq. 17) $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij})^2} \rightarrow p_j^- - p_{ij}$	Euclidean distance between the values of a given alternative in relation to SIP and SIN (De Souza, Gomes & De Barros, 2018).
Calculation of proximity to the ideal alternative	(Eq. 18) $\varepsilon_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$	It is the ratio between the Euclidean distances, between the distance to the SIN point and the sum of the distance to the SIP point and the SIN point.
Ordering preferences	It does not apply.	Ranking of alternatives, from most to least preferable.

Table 2- The nine steps of the application of the AHP-TOPSIS-2N method

Source: Authors (2021)

3.1. Computational System, Three Decision Methods

The system adopted to treat the data was *the Three Decision Methods*, developed by Bozza *et al.* (2020).

4. APPLICATION OF THE AHP-TOPSIS-2N METHOD

Initially, the Decision Matrix was assembled (Table 3) with estimated data due to several reasons, the main one due to the Coronavirus pandemic, which greatly altered the flow of requests for licenses, the answers of the agency and demanded significant changes in the procedural management system (CERBERUS), which make access to real data unfeasible.

	C1	C2	C3	C4
Forestry Activities	9	120.000,00	9	10
Energies	7	100.000,00	7	8
Agrossilvipastoris	5	80.000,00	4	10
Industrial	3	60.000,00	3	15
Civil Buildings	4	60.000,00	4	14
Mineral	6	70.000,00	4	6



Extractions Services	3	40.000,00	2	7
----------------------	---	-----------	---	---

Table 3- Decision Matrix
Source: Authors (2021)

Next, the Weighting Matrix was obtained, formed by the values related to the responses given by the decision-taker, through the peer comparison, Table 4.

	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5	1/5	1/6
C2	5	1	1	1/2
C3	5	1	1	1/2
C4	6	2	2	1

Table 4- Weighting Matrix
Source: Authors (2021)

In the third stage, the weights were calculated using the normalized eigenvector (Table 5), finishing with the calculations of the weights of the criteria, the maximum lambda (λ_{max}), the Index and the Consistency Ratio, Table 6.

	C1	C2	C3	C4
Weights	0,06	0,250	0,250	0,442

Table 5- Weighting Matrix
Source: Authors (2021)

Lambda (λ)	Random index	Consistency index	Consistency rate	Classification
4,033	0,900	0,0110	0,0122	Great

Table 6- Lambda Max, IR, CI, TC and Classification
Source: Authors (2021)

In the fourth, fifth and sixth stages, the normalization processes of the alternatives on the assigned criteria carried out, the weights imposed on the Normalized Matrices and the Ideal Positive Solution (SIP) and the Ideal Negative Solution (SIN) separated. In the last stages, seventh, eighth and ninth, the distances were calculated, the proximities established concerning the ideal alternative and the alternatives sorted, from the most to the least preferable, for the results obtained by normalization 1, N1, (Table 7) and 2, N2 (Table 8).

Rank	Alternatives	N1
01	Forestry Activities	0,6162
02	Industrial	0,6129
03	Civil Buildings	0,6065
04	Energies	0,4366
05	Agrossilvipastoris	0,4284
06	Mineral Extractions	0,1947
07	Services	0,1254

Table 7 - Alternative Rank (N1)
Source: Authors (2021)

Rank	Alternatives	N2
01	Forestry Activities	0,6731
02	Civil Buildings	0,5387
03	Industrial	0,5328
04	Energies	0,4984
05	Agrossilvipastoris	0,4058
06	Mineral Extractions	0,2245
07	Services	0,1213

Table 8 - Alternative Rank (N2)
Source: Authors (2021)

5. ANALYSIS OF RESULTS

The two established rankings brought different sequences. Observing the results, five of the seven alternatives had their ranks preserved, that is, two alternatives reversed their positions. In the first, Industrials appears in second with Civil Constructions in third



and their positions appear inverted in the following ranking. However, analyzing the scores, it appears that there is actually almost a tie, as in either of the two procedures the difference between these categories is just over 1% of the most preferable value between the two, that is, the highest value .

6. CONCLUSION

The elaboration of a ranking of the main categories licensed by IDEMA generated a sequence of procedural priorities that allows the best thread to the acts of the IDEMA Action Plan, which will objectively guide technical efforts and contribute to the greater agility and efficiency of the public administration in meeting social needs.

The AHP-TOPSIS-2N method proved to be adequate and simple for the solution of the proposed problem. The only ranked reversal observed may be related to a technical tie between the alternatives involved (Industrial and Civil Construction).

7. REFERENCES

BOZZA, G., RUY, M. M., SANTOS, M., MOREIRA, M. A. L., ROCHA JUNIOR, C. S. & GOMES, C. F. S. (2020). "Three Decision Methods (3DM) Software Web (v.1)". <http://www.3decisionmethods.com/3DM/index.html>

LAW nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, BRASIL (1981). Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. Recuperado em 18 agosto, 2021, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm

COLOMBO, D., DOS SANTOS, M. & GOMES, C. F. S. (2019). "Seleção da melhor configuração de poço de petróleo para o desenvolvimento de um campo utilizando o método AHP TOPSIS 2N". Anais do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro.

GOMES, A. E. de S. (2020). "Teoria dos jogos aplicada na educação profissional para desenvolvimento de competência em tomada de decisões estratégicas". Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Gestão da Economia Criativa) - Escola Superior de Propaganda e Marketing, Rio de Janeiro.

HWANG, L. & YOON, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York.

SAATY, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill. Inc. New York.

De SOUZA, L. P. de, GOMES, C. F. S., & De BARROS, A. P. (2018). "Implementation of new hybrid AHP-TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it CAPEX project portfolio". *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(04), 977–1005.



CLASSIFYING UNITS OF THE FEDERAL NETWORK OF PROFESSIONAL, SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EDUCATION USING ELECTRE-MOR

CÁSSIO LUÍS PASIN DO COUTO¹ – MIGUEL ÂNGELO LELLIS MOREIRA¹ – MARCOS DOS SANTOS²
CARLOS FRANCISCO SIMÕES GOMES¹ – CÁSSIO COUTO¹ – IGOR PINHEIRO DE ARAÚJO COSTA¹

¹Fluminense Federal University, Niterói, RJ 24210-240, Brazil

²Military Institute of Engineering, Urca, RJ 22290-270, Brazil

*cassiocouto@id.uff.br – miguelellis@id.uff.br – marcosdossantos@ime.eb.br
cfsg1@bol.com.br – igorpin89@gmail.com*

ABSTRACT

Educational institutions play a fundamental role in society and, given their importance, efforts are made to assess their performance. The Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education has a fundamental role in promoting Professional and Technological Education in Brazil and, despite having established Management Indicators, there is no definition about which are the most important for evaluating the performance of both the Network or its units. In this sense, this work proposes an evaluation and categorization of a few units of this network through their weighted management indicators using the ELECTRE-MOr method. With the analysis, it was possible to clarify the indicators and, applying them in the multicriteria method, it was possible to categorize the units in the region based on their performance.

Keywords: ELECTRE-MOr – MULTICRITERIA METHODS – EDUCATION SYSTEMS

1. INTRODUCTION

Education is a central factor on several levels and some of its effects are clearly beneficial to society in returns such as economic growth, at a broader level, and increased earnings per year of education, from a more individual perspective, for example (Johnes, Portela and Thanassoulis, 2017). In this sense, educational institutions such as colleges, university centers play a central role and evaluating their results is important to identify those with considered best practices and results.

This importance is reflected in the development of methods and metrics for evaluating educational institutions. One of the most used ways to measure and demonstrate the performance of educational institutions is through rankings. Rankings offer a quick and simple way of comparing universities and are of great interest to students, society and government (Wohlrabe; De Moya Anegon and Bornmann, 2019). Carried out by various initiatives and entities around the world, they can be destined to list the best universities in the world, such as the Shanghai Jiao Tong University ranking, published since 2003, as well as the rankings of European institutions such as the London Sunday Times, or the Study Center for Science and Technology of Leiden University, or also the ones that focus on specific aspects, such as research institutions and professional programs, as in the case of the US News and World Report ranking, just to name a few examples (Lazaridis, 2010).

In Brazil, there are some initiatives in this regard, such as the Folha University Ranking (RUF) and the General Index of Courses (IGC), the latter probably the most relevant, as it is monitored by the Ministry of Education (MEC) that serves as a basis not only for measuring the performance of higher education institutions in the country, but also as a criterion for regulating courses, which may even result in the closing of those whose performance is unsatisfactory (Ministério da Educação, 2021).



An institution with great performance in Education in Brazil, the Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education, created in 2008, has its units evaluated by the IGC, but it must be considered that its area of expertise is considerably different from other higher education institutions of the country, since, within its attributions to promote professional and technological education, there are offered undergraduate, masters and doctoral courses, but also technical, elementary and secondary level courses, including those aimed for Youth and Adults (Ministério da Educação, 2021). In this sense, performance evaluation of the units of the Federal Network needs to consider the specifics of their performance.

Someway, this is already done. The MEC's Secretariat for Professional and Technological Education (Setec) periodically prepares a report, which analyzes the units of the Federal Network based on 12 indicators that address various aspects relevant to this, such as the offer of vacancies against the demand of subscribers, the relationship of graduates compared to the total number of students, the qualification of the faculty, the characterization of expenses and the family income ranges of the students, among others. These reports provide an overview of the units of the Federal Network under these various aspects, however, in terms of targeting actions, they do not provide great support, as there is no definition of which would be the most important indicators or which should be prioritized in planning of actions, either of the Network as a whole or of its units. Furthermore, there is also no definition of which units would perform better or worse based on these indicators.

Rankings are essentially a decision support process. From the point of view of structuring decision-making processes, it is a type of problem that can lead to the procedure of ordering alternatives (all or those more satisfactory) into equivalence classes, which are ordered completely or partially based on preferences of decision makers, or be characterized by a classification, by the allocation of each alternative in a class defined by established norms (Gomes and Costa, 2015). Considering the context presented above, rankings that seek to order and classify the best educational institutions are decision-making processes where educational institutions are the alternatives, and these are evaluated based on weighted criteria, classifying the alternatives as they best fit on those criteria or not.

Considering the complexity of decisions like this, it is also worth highlighting how decision-making methods can contribute to systematize and rationalize this type of decision, in particular the Analysis/Support for Multicriteria Decision Making, which identify selection criteria, they list the preferences of the interested parties and through information on preference, preference models are built that aggregate multiple criteria evaluations in relation to the alternatives (Cinelli, Kadziński, Gonzalez and Słowiński, 2020).

From this, the study identifies as a problem the absence of a definition of preferences in relation to the management indicators of the Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education, seeking for develop a proposal for ordering and classifying the units of the Network by their performance through the adoption of Analysis/Support to Multicriteria Decision Making processes. In search to assist the analysis, it is performed the ELECTRE-MOr method, making possible the integration of multiple decision-makers to evaluate a set of alternatives under the light of multiple criteria.

2. THE ELECTRE METHOD

The *ELimination Et Choix Traduisant la REalite* (Elimination and Choice Expressing Reality) methods, referenced by ELECTRE, belong to the over classification



or subordination methods, which are based on the comparison between pairs of options, which entails the comparison of each option with all the others, materializing in the relationship between an alternative “a” overclassifying another alternative “b” if it is at least as good as “b” in a specific criterion (Costa, Sanseverino, Barcelos, Gomes and Dos Santos, 2020a; Ishizaka and Nemery, 2013). According to Gomes and Costa (2015) and Costa, Sanseverino, Barcelos, Gomes and Dos Santos (2020a), the method explores relationships of agreement and disagreement, where subordination relationships between alternatives are established, the minimum and maximum levels of agreement, and also considering the relationships of indifference, preference and incompatibility.

2.1. The ELECTRE-MOr Method

In this sense, ELECTRE MOr, presented by Costa, Sanseverino, Barcelos, Gomes and Dos Santos (2020a), is a multicriteria decision-making support tool with insertion of ordinal weights, the possibility of participation of multiple decision makers and distribution of alternatives in predefined categories or classes. As a Multicriteria Support method is the non-compensatory ordinal decision, the expression of preference relations is facilitated by decision makers, contributing to a more reliable and transparent decision (Costa, Sanseverino, Barcelos, Gomes and Dos Santos, 2020b).

In addition, within multicriteria efforts to facilitate and automate methods, ELECTRE MOr is also made available in a Web version, which can be accessed through the internet, which facilitates and expands access to this type of tool. Figure 1 presents the process of evaluation of the method.

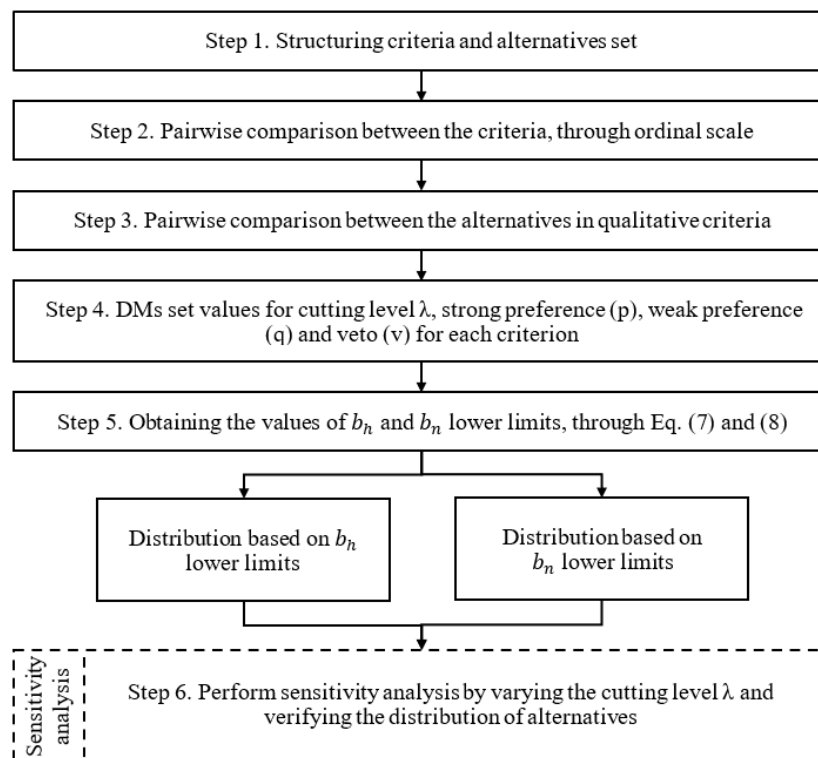


Figure 1 – Axiomatic structuring of the ELECTRE-MOr Method



3. CASE STUDY

After structuring the problem and defining the most appropriate method, the procedures performed to apply the model in order to achieve the established objectives will be described below.

It is also important to establish that, given the structuring of the problem presented, from the point of view of alternatives and choice criteria, we will consider the units of the Federal Network as the alternatives, and the management indicators previously presented as the criteria, understanding that from the weighting of the criteria and the contrast with the data of the units, we will have a categorization of the units according to classes according to performance.

As an experimental procedure, this work used data only from the Federal Network units located in Southeast region of Brazil. In this way, we will work with 12 alternatives (the units) and with 12 criteria, the indicators. The data that will feed our analysis are taken from the SETEC 2018 Report (2019).

For the decision-making role, we had the participation of one employee of the Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education, with the position of Research Director of one of the units in the interior of the State of Rio de Janeiro, holding this position for two years. It is understood that the participation of a Network employee contributes to the objective of showing the point of view of one of the participating actors in the unit's management, who frequently deals with the management indicators that guide their demands and actions.

Based on this weighting, the weight of each criterion in the respondent's assessment was calculated using the PROMETHEE-SAPEVO-M1 method, by its computational tool (Moreira, Santos and Gomes, 2020), which can be seen in Table 1. In this, we can see that the most significant criteria according to the assessment of this manager, are 3 and 4, which refer to the ratio of graduates by enrollment and academic efficiency of graduates. It is also worth noting that other indicators have an index close to this maximum value, such as indicators 8, 10 and 11, related to the financial management of the units, while the lowest weight was attributed to indicator 7, which measures the number of enrollments per teacher.

Criteria	Indicadors	Weights
1.	Enrolls by Vacancies	0,068
2.	New Enrollments by Total Enrollments	0,083
3.	Graduates by Enrollment	0,096
4.	Academic Efficiency of Graduates	0,096
5.	Retention of School Flow	0,088
6.	Enrollment Per Teacher	0,058
7.	Faculty Title Index	0,081
8.	Current Expenses Per Enrollment	0,093
9.	Expenses with Personal	0,088
10.	Expenses with Other Costs	0,091
11.	Expenses with Investments	0,091
12.	Family Income Range	0,066

Table 1 – Criteria wights distribution

To obtain the classes, the threshold values of q , p and v were assigned in agreement with the respondent and, based on this and on the data from the Southeastern units, the values of b_h and b_n were calculated. To obtain a more comprehensive view in relation to classes and scenarios, perspectives with different cut-off level (λ) were generated, 0.85 and 0.95. Table 2 shows the classes obtained for both



levels of λ in the scenarios and through it we can see that with a level of 0.85, the classes are formed in much more homogeneous and rigorous ways.

	$\lambda = 0,85$				$\lambda = 0,95$			
	b_h		b_n		b_h		b_n	
	Pessimist	Optimist	Pessimist	Optimist	Pessimist	Optimist	Pessimist	Optimist
IFES	C	A	C	A	B	B	C	A
IFMG	C	A	C	A	C	B	C	A
IFNMG	C	A	C	A	B	B	B	A
IFSULDEMINAS	B	A	C	A	B	B	A	A
IF Sudeste MG	C	B	C	A	C	C	C	B
CEFET-MG	C	B	C	A	C	B	C	B
IFTM	C	B	C	A	B	B	C	A
CPII	C	A	C	A	B	B	B	A
IFRJ	C	A	C	A	C	B	C	A
IFF	C	A	C	A	C	B	C	A
CEFET-RJ	C	B	C	B	C	C	C	C
IFSP	C	A	C	A	B	B	B	A

Table 2 - Results obtained by ELECTRE-MOR

To arrive at a consolidated view of the two levels of cut experienced, it was established as a criterion to consider, among the two levels, the highest number of repetitions of a class in all scenarios, considering in case of tie the lowest class. Thus, only one unit of the Federal Network in the Southeast reached class A, IFSULDEMINAS, while another 3 units received classification B and the others C, as shown in Table 3.

Class	Unity
A	IFSULDEMINAS
B	IFNMG, CPII, IFSP
C	IFES, IFMG, IF Sudeste, CEFET-MG, IFTM, IFRJ, IFF, CEFET-RJ

Table 3 – Consolidated Classes

4. CONCLUSION

At the end of this work, it is understood that, within the problem identified in relation to the difficulty of evaluating the performance of the units of the Federal Network for Scientific and Technological Professional Education, the proposed methodology presented may be useful not only to highlight those with better or worse performance, but also providing subsidies for prioritizing actions or results considered more important.

More specifically, by weighing the indicators, it was possible to extract the degree of importance of the management indicators in relation to the others, which in itself is already an indication of the type of action that is perceived as being of greater or lesser importance. Furthermore, when applying the ELECTRE-MOR method, it proves to be useful in the sense of not only classifying the units, but also emphasizing the general state of the network. Although we apply it only in the context of the Southeastern units, we can see that only one of the units was classified as having a higher level, which somehow shows that the best performance is an exception among the units studied.

Finally, more than isolated conclusions, the work motivates future applications in the sense of bringing a greater variety of impressions about the management indicators



and possibly even motivating the discussion of the applicability of some, such as the expansion of the approach in relation to other units Network, which is necessary, but it is important to consider that, given such a wide range of action, it is important that local contexts are taken into account in these assessments.

5. REFERENCES

CINELLI, M.; KADZIŃSKI, M.; GONZALEZ, M. and SŁOWIŃSKI, R. (2020). “How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy”. *Omega*, v. 96, p. 102261. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102261>

COSTA, I. P. DE A., SANSEVERINO, A.M., BARCELOS, M.R.S., GOMES, C.F.S. and DOS SANTOS, M. (2020a). “Desenvolvimento axiomático e implementação computacional do método híbrido ELECTRE-MOR: apoiando à decisão da Marinha do Brasil na aquisição de lanchas no combate à COVID-19”. Congreso Internacional XXXI EPIO – XXXIII ENDIO y RED-M IX 2020.

COSTA, I. P. DE A., SANSEVERINO, A.M., BARCELOS, M.R.S., GOMES, C.F.S. and DOS SANTOS, M. (2020b). “Desenvolvimento axiomático e implementação computacional do método híbrido ELECTRE-Mor: escolha de avião-hospital no apoio ao combate à covid-19”. In: 15o Congresso Brasileiro de Sistemas.

GOMES, C. F. S. and COSTA, H. G. (2015). “Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito”. *Producao*, v. 25, n. 1, p. 54–68, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000068>.

ISHIZAKA, A. and NEMERY, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. John Wiley & Sons, Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118644898>

JOHNES, J.; PORTELA, M. and THANASSOULIS, E. (2017). “Efficiency in education”. *Journal of the Operational Research Society*, v. 68, n. 4, p. 331–338. Available at: <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0109-z>

LAZARIDIS, T. (2010). “Ranking university departments using the mean h-index”. *Scientometrics*, v. 82, n. 2, p. 211–216. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0048-4>.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (2021). Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Disponível em < <http://portal.mec.gov.br/rede-federal-inicial>.

MOREIRA, M.Â.L.; SANTOS, M. and GOMES, C.F.S. (2020). PROMETHEE-SAPEVO-M1 Software Web (v.1).

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (SETEC) - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (2021). Relatório Anual de Análise dos Indicadores de Gestão das Instituições Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica - Exercício 2018. Brasília.

WOHLRABE, K.; DE MOYA ANEGON, F. and BORNMANN, L. (2019). “How Efficiently Do Elite US Universities Produce Highly Cited Papers?”. *Publications*, v. 7, n. 1, p. 4. Available at: <https://doi.org/10.3390/publications7010004>.



PRIORIZAÇÃO DE FONTES PARA COMPOR A MATRIZ ELÉTRICA DO ESTADO DE RORAIMA-BRASIL: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA DECISÃO

YGOR LOGULLO^{1,2} – MISHEL CARMEN N. BELDERRAIN² – DANIELLE C. MORAIS³

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São José dos Campos-SP, Brasil

² Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, São José dos Campos-SP, Brasil

³ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil

logullo@ita.br - carmen@ita.br - dcmorais@cidsid.org.br

RESUMO

O Brasil possui uma extensa rede de transmissão de energia que conecta diversas fontes e locais de geração à demanda de quase todo o seu território. O único estado que não está conectado a essa malha é Roraima, que se localiza no extremo norte do país. Além disso, há quedas recorrentes de energia (há baixa confiabilidade na rede) e ele hoje possui quase 100% da geração da energia proveniente da fonte diesel, tornando a energia deste local a mais cara e poluente de todo o país. Assim, este trabalho apresenta um modelo de apoio à decisão multicritério para priorizar outras fontes que possam suprir a demanda energética do local e lide com a complexa situação problemática da região (abundância de irradiação solar, extensos rios, grandes áreas de conservação e baixa oferta de energia). Para isso, foi utilizado a Figura Rica, um mapa causal e o *Value Focused Thinking* para estruturar o problema e extrair os objetivos da decisão e o método *FITradeoff* para avaliar as alternativas. O resultado apresentado mostrou o quão urgente é uma mudança de paradigma no sentido de se abandonar a fonte diesel e adotar fontes renováveis.

Palavras-Chave: APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO – *FITRADE-OFF* – MÉTODOS DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMA – PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

ABSTRACT

Brazil has an extensive energy transmission network that connects different sources and generation locations to the demand of almost all of its territory. The only state that is not connected to this network is Roraima, which is located in the far north of the country. In addition, there are recurrent power outages (there is low reliability in the network). Furthermore, it has almost 100% of the energy generated from diesel, making the energy from this location the most expensive and polluting in the whole country. Thus, this work presents a Multicriteria Decision Aiding model to prioritize other sources that can meet the local energy demand and deal with the complex problematic situation in the region (abundance of solar radiation, extensive rivers, large conservation areas, and low supply of energy). For this purpose, Rich Figure, a causal map, and Value Focused Thinking were used to structure the problem and extract the decision objectives and FITradeoff method to evaluate the alternatives. The result presented showed how urgent a paradigm shift is, in the sense of abandoning the diesel source and adopting renewable sources.

Keywords: MULTICRITERIA DECISION AIDING – *FITRADE-OFF* – PROBLEM STRUCTURING METHODS – INTEGRATED ENERGY PLANNING

1. INTRODUÇÃO

Roraima é o único estado do Brasil, que não está no Sistema Interligado Nacional (SIN). O estado esteve por muitos anos conectado ao sistema de distribuição de energia da Venezuela, porém desde março de 2019 (ANNEL, 2019) ocorreu a



interrupção deste fornecimento.

A partir dessa interrupção, o estado passou a ser abastecido 100% por energia gerada em Usinas Termelétricas compostas por um conjunto de geradores à diesel. Sendo assim, há apenas uma fonte na matriz com o custo da energia mais alto do país e com alta emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) (FÓRUM DE ENERGIAS RENOVÁVEIS DE RORAIMA, 2021). O fato de Roraima estar abastecida por somente uma fonte incorre num aumento do risco de falta de abastecimento da matéria prima, o que pode afetar a garantia da Segurança Energética no estado (Ang, Choong and , 2015).

A definição das fontes que irão compor a matriz energética de uma região ou um estado faz parte de um Planejamento Integrado de Energia (*Integrated Energy Planning* – IEP, do inglês) como colocado por Mirakyan, Lelait, Lewald and Imbert (2008); Mirakyan, Lelait, Khomenko and Kaikov (2009). Januzzi et al (2018), de maneira análoga, defendem que as mudanças trazidas num Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (PIR) podem, e espera-se, “criar um ambiente econômico mais favorável para o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de uso final eficientes, tecnologias limpas e tecnologias de produção de energia menos centralizadas, incluindo fontes renováveis”.

Assim, devido à atual situação das fontes de geração adotadas e a necessidade de um PIR na região para suprir a demanda com maior confiabilidade, eficiência e sustentabilidade, este trabalho busca, através de uma Análise de Decisão Multicritério, priorizar as fontes disponíveis na região.

2. METODOLOGIA

Keeney (2020) defende que as pessoas necessitam de uma arquitetura de escolha para entender bem o problema e poder escolher a “melhor alternativa”. Esse processo leva a uma decisão que deva considerar múltiplos objetivos. Com a presença deles, pode-se fazer uso de um processo para Apoio à Decisão Multicritério (do inglês *Multicriteria Decision Aiding* – MCDA) que auxilia e embasa a tomada de decisão (De Almeida, 2013). De Almeida-filho and Garcez (2015) definem um processo, com 12 passos, representado na Figura 1, o qual foi utilizado neste estudo.

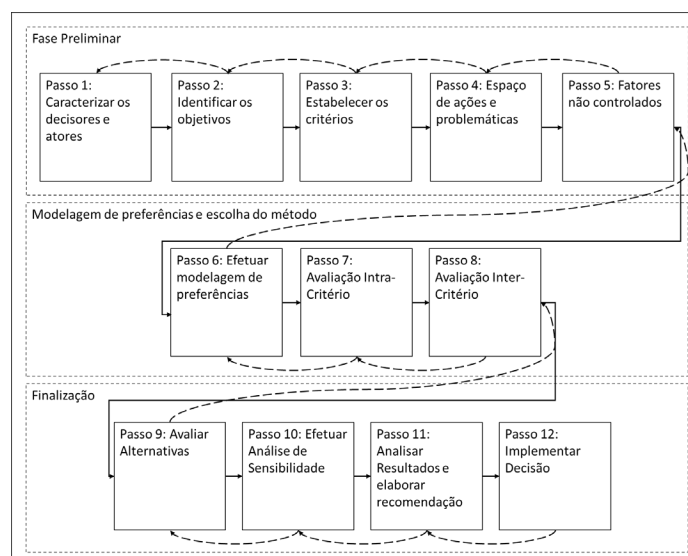


Figura 1 - Processo para Apoio à Decisão Multicritério

3. APLICAÇÃO E DISCUSSÃO

Na Fase Preliminar, O Passo 1 caracteriza os decisores e atores (*stakeholders*).

Neste estudo buscou-se inicialmente entender a problemática, através da visão do Diretor do Instituto de Amparo a Ciência, Tecnologia e Inovação e Coordenador do Fórum de Energias Renováveis de Roraima (decisor), da Presidente da Associação de Engenheiros Elétricos de Roraima e Engenheira da Secretaria de Infraestrutura, e um pesquisador do Instituto Socioambiental, para entender aspectos mais relevantes nessa decisão.

Em interações com os *stakeholders* foi construída a Figura Rica (Figura 2) para entendimento do problema e prosseguimento para o Passo 2 de Identificação de Objetivos.



Figura 2 - Figura Rica: “Matriz Energética de RR”

Ponte, Calili and Souza (2021), na sua revisão de literatura, apresentam mais de 60 critérios já explorados em diversos estudos para avaliação de políticas públicas e alternativas de fontes de geração de energia. Porém, em sua proposta para aumentar a participação de fontes baseadas em renováveis na geração de energia nos Sistemas Isolados brasileiros, utilizou as cinco dimensões (econômica, social, robustez, política, técnica e ambiental) e 18 critérios.

Assim, identificados os objetivos, foi possível obter os critérios (Passo 3) para avaliação das alternativas (Figura 3). Como discorrido por Souza, Ferreira, Silva and Belderrain (2020), os objetivos fundamentais no VFT, podem ser base para a definição dos critérios.

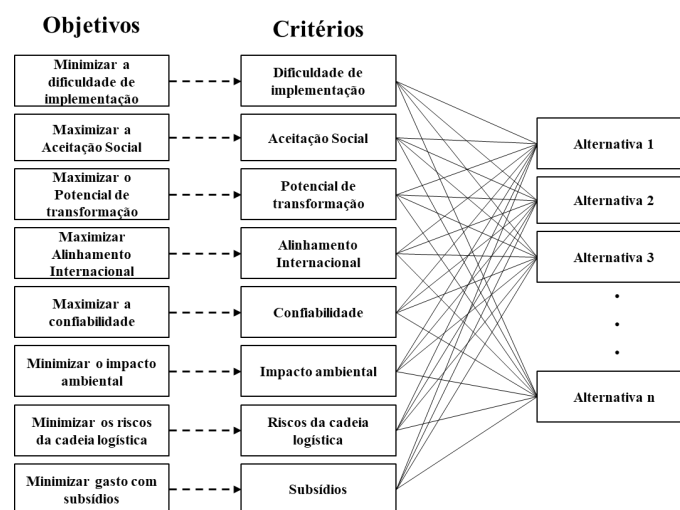


Figura 3 - Objetivos e critérios

O Passo 4, espaço de ações e a problemática, está relacionado com o conjunto



de alternativas para solucionar o problema (De Almeida-filho and Garcez, 2015). Buscando soluções aliadas aos aspectos levantados nas entrevistas as seguintes alternativas se formaram: 1) Gás Natural; 2) Biocombustível; 3) Biomassa; 4) Solar; 5) Eólica; 6) Hidrelétrica Guri; 7) CGHs; 8) Diesel. Devido à falta de dados gerados na região até o momento, a restrição de tempo e a disponibilidade do decisor impactaram o delineamento dos atributos.

Então, optou-se por construir uma escala de 1 a 5 que representasse níveis de intensidade (de muito baixo(a), baixo(a), razoável, alto(a) e muito alto(a)), sendo que o desempenho de cada alternativa foi avaliado de forma subjetiva pelo decisor dentro dessa escala. Ressalta-se que o 1 representa o menor valor e 5 o maior valor, assim, para critérios no sentido de minimizar, o valor 1 é o melhor desempenho e para critérios no sentido de maximizar o valor 5 é o melhor desempenho (Tabela 1).

Alternativa/Critério	Dificuldade de Implementação	Aceitação Social	Potencial de Transformação	Alinhamento Internacional	Confiabilidade	Impacto Ambiental	Riscos da Cadeia Logística	Subsídios
GÁS NATURAL	3	3	5	3	4	5	4	4
BIOCOMBUSTÍVEL	3	5	3	5	4	2	3	2
BIOMASSA	4	5	2	3	4	2	4	2
SOLAR	1	5	5	5	3	1	2	3
EÓLICA	4	5	5	5	3	1	3	3
HIDRELÉTRICA GURI	4	4	5	3	3	1	3	1
CGHs	3	3	2	2	3	2	2	1
DIESEL	2	2	5	3	4	5	2	5

Tabela 1 - Matriz de consequências

Devido a característica determinística do modelo, buscando incorporar a complexidade na definição dos critérios, fatores não controlados (Passo 5) não ficaram explícitos. Na Fase de Modelagem de Preferencias, no Passo 6, o decisor estabeleceu que uma alternativa poderia ser compensada pelo desempenho em outra, logo, uma racionalidade compensatória foi adotada.

Primeiramente, foi escolhido o método *FITradeoff*, que proporciona a utilização de informação parcial sobre as preferências do decisor para problemáticas de ordenação, como a proposta aqui realizada, e de acordo com um modelo aditivo de valor (De Almeida-filho and Garcez, 2015). Essas características são compatíveis com a proposta deste estudo, pois há pouco tempo para se trabalhar nele – será adquirida somente informação parcial – e devido à racionalidade compensatória do decisor.

Assim, pôde-se realizar as avaliações intra-critério e inter-critério (Passos 7 e 8). Para continuidade no processo de decisão foi utilizado o Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do *FITradeoff* (disponível em <http://cdsid.org.br/fitradeoff/>). Ao final, a ordenação presente na Tabela 2 foi atingida.

Impacto Ambiental
Aceitação Social
Alinhamento Internacional
Dificuldade de Implementação
Risco da Cadeia Logística
Confiabilidade
Potencial de Transformação
Subsídios

Tabela 2 - Ordenação dos critérios

A Fase de Finalização inicia com a Avaliação de Alternativas (Passo 9) e Análise



de Sensibilidade (AS), o Passo 10. O ranking das alternativas (Tabela 3) surpreendeu o decisor em relação às últimas posições. Ele não esperava que a alternativa Gás Natural fosse ficar tão mal classificada.

Ao mesmo tempo, a alternativa Hidrelétrica Guri mostrou uma colocação muito interessante para o decisor. Este fato se faz relevante, pois a infraestrutura de transmissão e a Hidrelétrica de Guri são sistemas extremamente robustos, segundo o decisor, e a retomada de acordos entre as duas nações, Brasil e Venezuela, seria vantajoso para Roraima. Pensando no SIN, esse fato também seria uma vantagem, pois poderia atender parte da demanda nacional na época de baixa dos reservatórios no Hemisfério Sul e alta no Hemisfério Norte.

Ranking	
Position	Alternatives
	[Solar]
	[Eólica]
	[Hidrelétrica]
	[Biocombustível]
	[Biomassa]
	[CGHs]
	[Gás Natural][Diesel]

Tabela 3 - Resultado Análise de Sensibilidade

O empate na última posição das alternativas Gás Natural e Diesel ressaltaram a posição enfática do decisor quanto a necessidade de uma transição energética na região, atualmente abastecida somente pelo Diesel, influenciado principalmente pelos impactos ambientais gerados pela emissão de Gases do Efeito Estufa a partir da queima desses combustíveis fósseis.

Foi muito ressaltado a necessidade de um esforço no sentido de fomentar a Eficiência Energética dos consumidores, pois este processo irá fazer com que uma menor demanda exista, conseqüentemente a infraestrutura de transmissão e distribuição seja menos exigida e a geração de potência seja menor, diminuindo drasticamente os custos para os próprios consumidores e para o Estado.

Assim, recomenda-se que: 1) seja adotada uma postura de fomento à Eficiência Energética, com políticas de Estado neste sentido; 2) uma análise de riscos ligados à infraestrutura de distribuição e transmissão; e 3) que na geração ocorra, ao menos, uma drástica diminuição na utilização da fonte diesel e gás natural – o que já foi apresentado nas Consultas Públicas dos Leilões de geração.

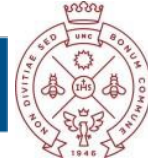
4. CONCLUSÃO

O entendimento da necessidade um Planejamento Integrado de Recursos Energéticos em Roraima se mostra premente. Baixa confiabilidade, alto custo e utilização de combustíveis muito poluentes, justificam tal afirmação. Assim, foi possível identificar com este estudo, que aproveitar os locais da região e grande abundância de recursos, deve estar incluso no PIR. Para posteriores estudos, sugere-se que se busque uma maior multidisciplinaridade para coleta de dados e incluam-se outras partes interessadas na estruturação do problema.

5. REFERENCIAS

ANG, B.W.; CHOONG, W.L. and NG, T.S (2014). "Energy security: Definitions, dimensions and indexes". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, p. 1077–1093, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.064>.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, BRASIL (2019). ANEEL aprova edital de leilão de energia para suprimento a Boa Vista e localidades. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa/>



/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/18481857

DE ALMEIDA, A.T. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de decisão multicritério*. 1. ed. São Paulo: Alas, 2013. 229 p. ISBN 978-85-244-8149-1.

DE ALMEIDA-FILHO A.T. and GARCEZ, T.V. (2015). "Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis". *International Series in Operations Research & Management Science*. International Series in Operations Research & Management Science. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-17969-

KEENEY, R. (1996) *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. 1. ed. Londres. 1996.

KEENEY, R. (2021) *Nudge Yourself to Make Smarter Decisions*, 2020. 1 vídeo (28 min). Publicado por Duke University - The Fuqua School of Business. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Fw_39KQSBFc. Acesso em: 16 junho 2021.

MIRAKYAN A., LELAIT, L., LEWALD. N. and IMBERT, P. (2008) *The dynamics of regional (subnational) integrated energy planning and requirements for methods and models*. Paris: International Energy Agency (IEA), International Energy Workshop; 2008.

MIRAKYAN, A., LELAIT, L., KHOMENKO, N. and KAIKOV, I. (2009) *Methodological framework for the analysis and development of a sustainable, integrated, regional energy plan—a French region case study*. Ottawa (Canada): EcoMod.; 2009.

PONTE, G.P.; CALILI, R.F. and SOUZA, R.C. (2021) *Energy generation in Brazilian isolated systems: Challenges and proposals for increasing the share of renewables based on a multicriteria analysis*. *Energy for Sustainable Development*, 61, p. 74-88, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.12.007>.

SOUZA, Y.L.; FERREIRA, A.O.; SILVA, A.C.S. and BELDERRAIN, M.C.N. (2020) *Plano de Progressão Operacional dos Pilotos de Caça: Uma Aplicação do AHP a partir de um Pensamento Focado em Valores*. *Simpósio de Aplicações Operacionais em Área de Defesa*, 2020. Disponível em: https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2020/ST/ST_02_2.pdf

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio para a realização deste trabalho.



AVALIAÇÃO DE DISCIPLINAS DE UM CURSO SUPERIOR COMBINANDO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS E ESCALA LIKERT

RAFAEL VERÃO FRANÇOZO¹ – KAMILA RAQUEL LACERDA CABALHEIRO¹
¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul

rafael.francozo@ifms.edu.br - kamilla.cabalheiro@estudante.ifms.edu.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo realizar a avaliação e classificação das disciplinas de um curso de tecnologia da informação e comunicação em uma instituição de ensino superior no Brasil. Para atingir este objetivo as disciplinas da grade curricular deste curso foram avaliadas e classificadas com relação as áreas de atividades previstas para a profissão no Código Brasileiro de Ocupações. A avaliação foi realizada por meio de três stakeholders através de uma combinação do método Analytic Hierarchy Process com a escala Likert. Os principais resultados indicam que as disciplinas relacionadas com desenvolvimento e manutenção de *software* como as mais relevantes na formação e indicam uma oportunidade de melhoria da grade curricular nas disciplinas optativas do curso.

Palabras Clave: APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO – ESCALA LIKERT – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

ABSTRACT

This study aims to evaluate and classify the disciplines of an information and communication technology course in a higher education institution in Brazil. To achieve this objective, the disciplines of this course's curricular grid were evaluated and classified in relation to the areas of activities foreseen for the profession in the Brazilian Code of Occupations. The evaluation was carried out by three stakeholders through a combination of the Analytic Hierarchy Process method with the Likert scale. The main results indicate that the disciplines related to software development and maintenance as the most relevant in the training and indicate an opportunity to improve the curricular grid in the optional disciplines of the course.

Keywords: MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS - LIKERT SCALE - INFORMATION TECHNOLOGY

1. INTRODUÇÃO

A área de tecnologia da informação e comunicação está em constante evolução e possui demanda crescente de profissionais qualificados para lidar com as tecnologias mais recentes. A natureza desta área implica que os cursos de formação estejam em constante atualização de modo atender as exigências de qualidade do mercado.

No Brasil, a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) é o documento que reconhece, nomeia, codifica os títulos e descreve as características das ocupações do mercado de trabalho brasileiro (Faria, de Oliveira, Forner & D'Astuto, 2005). A descrição das ocupações possui compatibilidade com a Classificação Internacional Uniforme de Ocupações (CIUO, 1968) definida pela OIT e são validadas por profissionais que exercem essas ocupações (Barros, Cappelle, Souza, & Lobato, 2018). Desse modo compreende-se que a grade curricular de um curso de formação profissional deve estar em consonância com as diretrizes estabelecidas no CBO.



Este estudio tem por objetivo realizar una evaluación e clasificación das disciplinas de um curso superior de tecnologia com relação as áreas de atividades esperadas para o perfil profissional relacionado com a formação. Este objetivo é alcançado pela combinação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com avaliação das disciplinas por meio da escala Likert. Na estrutura hierárquica do AHP a formação do profissional Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas foi definido como objetivo e as áreas de atividades para esta profissão previstas no CBO como critérios. As disciplinas da grade curricular foram definidas como alternativas que foram avaliadas em sua importância em cada critério com os itens da escala Likert.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Classificação Brasileira de Ocupações

A Classificação Brasileira de Ocupações foi instituída pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) em 1994 e atualizada para sua versão atual em 2002 (Faria, et al. 2005). A CBO é um documento que nomeia, classifica, codifica e descreve detalhadamente as características das ocupações do mercado de trabalho no Brasil, adicionalmente é adotada para elaboração de currículos e no planejamento da educação profissional (Nozoe, Bianchi & Rondet, 2003).

2.2. Analytic Hierarchy Process

O método de apoio multicritério a decisão Analytic Hierarchy Process (AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1980, decompõe um problema de decisão em níveis hierárquicos de modo facilitar sua compreensão (Silva, Belderrain & Pantoja, 2010). A estrutura do AHP informa o objetivo de decisão no topo da hierarquia seguido dos critérios de avaliação (e eventuais sub-critérios) e as alternativas na base (Banuelas, 2004). Os critérios são julgados par a par em relação ao objetivo e as alternativas são julgadas com relação aos critérios (Brunelli, 2015).

Uma desvantagem do AHP ocorre quando o problema de decisão possui um volume muito grande de alternativas a serem avaliadas, como é o caso deste estudo. Uma matriz de julgamentos par a par muito extensa implica uma dificuldade em realizar as comparações sem que um nível de inconsistência seja obtido. Esta dificuldade é contornada neste estudo combinando o AHP para julgamento e obtenção do vetor de prioridade dos critérios com a avaliação do desempenho das alternativas utilizando a escala Likert.

2.3. Escala Likert

A escala Likert elaborada pelo psicólogo social americano Rensis Likert nos anos de 1930 (Likert, 1932) é uma das escalas mais populares na elaboração de questionários é baseada em uma escala de cinco pontos para avaliar a concordância de uma proposta com uma afirmação (Chyung, Roberts, Swanson & Hankinson, 2017). Trata-se de uma escala cognitivamente acessível aos participantes e que permite avaliar rapidamente o nível de concordância com uma afirmação de natureza qualitativa (Wu & Leung, 2017) como é o caso deste estudo.



3. METODOLOGIA

Neste estudo foi utilizado uma combinação do método AHP com avaliação pela escala Likert para avaliação e classificação das disciplinas de um curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas em uma Instituição de Ensino Superior (IES). Os procedimentos metodológicos envolvem 3 etapas: 1) formulação do problema; 2) obtenção do vetor de prioridades dos critérios e; 3) avaliação das disciplinas em relação aos critérios.

3.1. Etapa 1: Formulação do problema

O problema foi formulado seguindo a estrutura hierárquica do AHP: objetivo – critérios e alternativas. O objetivo da avaliação no topo da hierarquia do AHP foi definido como: Formar um Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (TADS). As nove áreas de atividades previstas no Código Brasileiro de Ocupações para a profissão de TADS foram definidas como critérios. As trinta e oito disciplinas da grade curricular, disponíveis no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), foram definidas como as alternativas. A Figura 1 ilustra o modelo hierárquico elaborado.

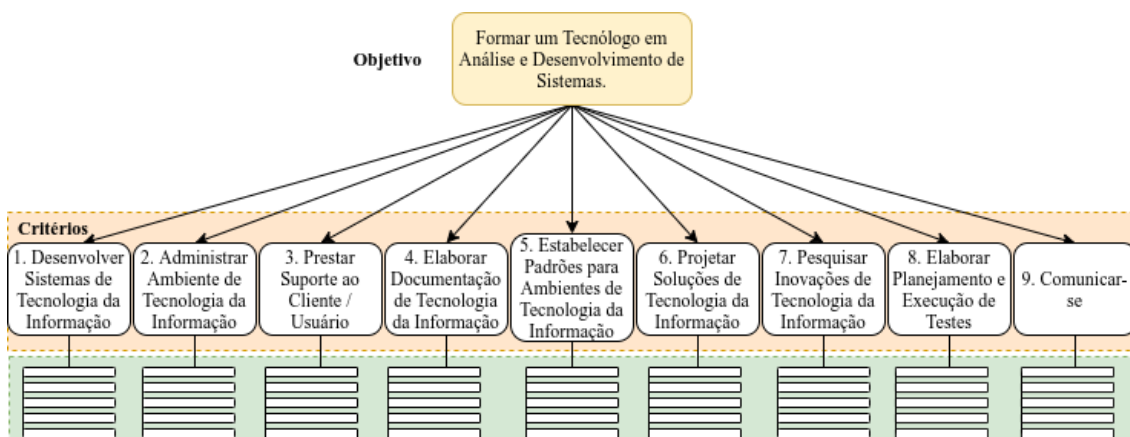


Figura 1: Modelo Hierárquico Elaborado

3.2. Etapa 2: Obtenção do vetor de prioridades dos critérios

Nesta etapa os critérios (que foram numerados de 1 a 9) foram julgados com relação ao objetivo de decisão por professores integrantes do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso definidos como *stakeholders*. Para a realização deste julgamento cada *stakeholder* recebeu uma orientação sobre os procedimentos necessários para realizar as comparações par a par e como avaliar a consistência de seu julgamento. Os resultados dos julgamentos dos stakeholders foram agregados pelo processo de Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ) com todos os *stakeholders* com o mesmo peso.

3.3. Etapa 3: Avaliação das disciplinas em relação aos critérios

Nesta etapa as trinta e oito disciplinas foram avaliadas com relação a cada um dos critérios definidos. Como cada critério está associado a uma área de atividade prevista pelo CBO para a formação, o julgamento visa avaliar a importância da disciplina para desenvolver no estudante as competências desejadas para aquela área de atividade. Para a avaliação das disciplinas foram definidos a pontuação da escala fundamental de Saaty (Saaty, 2006) combinados com a escala Likert conforme apresentado na Tabela 1:



Valor	Descrição
1	Indiferente
3	Pouco Importante
5	Importante
7	Muito Importante
9	Extremamente Importante

Tabela 1: Valores para avaliação das disciplinas

Os valores descritos são os mesmos para todas as alternativas uma vez que o objetivo deste estudo é de avaliar o desempenho das disciplinas em relação as áreas de atividades previstas para a profissão de TADS no CBO. Após a avaliação foi calculada a média geométrica das avaliações considerando todos os *stakeholders* com mesmo peso na decisão.

Tanto os julgamentos da etapa 2 quanto as avaliações da etapa 3 foram registradas em uma planilha eletrônica para cada *stakeholder* e agregadas pelos autores deste estudo.

4. RESULTADOS

A avaliação contou com a participação de três professores membros do NDE do curso com formações e especializações diversas. Cada *stakeholder* foi orientado de maneira individual sobre os procedimentos necessários para realizar os julgamentos. Após a orientação inicial cada *stakeholder* realizou a avaliação em uma planilha eletrônica e os resultados foram agregados pelos autores deste estudo.

A primeira etapa da avaliação foi o julgamento par a par dos critérios com relação ao objetivo geral. Esta etapa teve como objetivo avaliar o quanto cada área de atividade prevista no CBO contribui para a formação do profissional TADS. Finalizada esta etapa foi obtido o vetor prioridade para cada decisor e do grupo, apresentado na Tabela 2.

Crítérios	Stakeholder 01	Stakeholder 02	Stakeholder 03	Decisão em Grupo
1. Des.Sist.TI	0,311	0,293	0,347	0,317
2. Adm.Sist.TI	0,144	0,152	0,111	0,136
3. Prst.Sup.Tec.	0,044	0,075	0,035	0,051
4. Elbr.Doc.Sist.TI	0,091	0,034	0,085	0,070
5. Est.Pdr.Sist.TI	0,054	0,034	0,079	0,056
6. Prj.Sol.TI	0,188	0,264	0,210	0,221
7. Pesq.Inv.TI	0,070	0,135	0,152	0,119
8. Elbr.Plan.Exe.Tst	0,085	0,072	0,083	0,080
9. Comunicar-se	0,022	0,020	0,027	0,023
<i>Razão de Inconsistência</i>	<i>0,095</i>	<i>0,100</i>	<i>0,027</i>	

Tabela 2: Vetor Prioridade dos Julgamentos dos Critérios

Os resultados evidenciam que as áreas de atividade “Desenvolver Sistemas em Tecnologia da Informação” e “Administrar Sistemas Ambiente de Tecnologia da Informação” são consideradas as mais relevantes na formação profissional na visão



dos *stakeholders*. No outro extremo a área de atividade “Comunicar-se” foi compreendida como a que possui menor relevância.

Na segunda etapa os três *stakeholders* realizaram a avaliação do desempenho das trinta e oito disciplinas listadas no PPC do curso com relação aos nove critérios definidos. Esta atividade resultou em 1.026 julgamentos que foram agregados e ordenados pelo seu vetor prioridade. O resultado desta avaliação é apresentado na Figura 2.

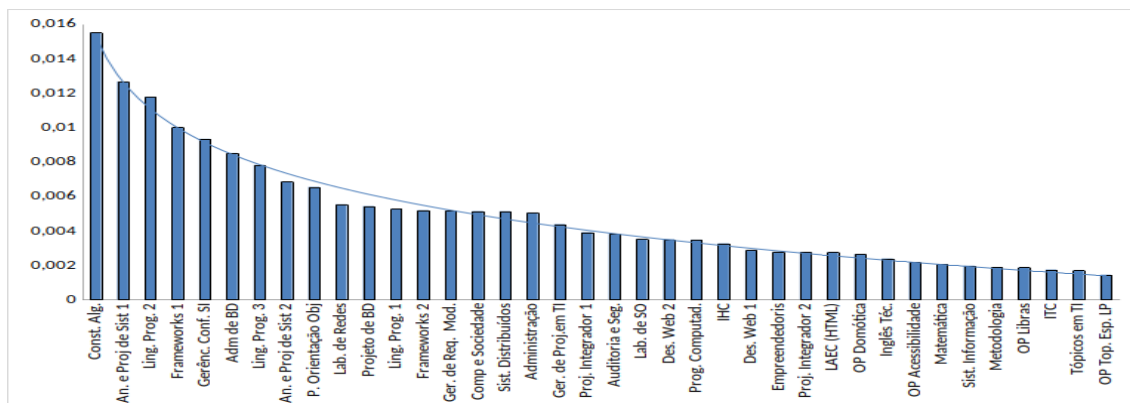


Figura 2: Resultado Final da Avaliação das Disciplinas

Os resultados apresentados na Figura 1 relevam alguns padrões. A curva de tendência tem um decrescimento acentuado entre a primeira disciplina (Const. Alg.) e a nona (P. Orientação Obj). Há a ocorrência de alguns blocos de estabilidade como entre as disciplinas Lab. de Redes e Administração que todas possuem praticamente o mesmo desempenho. No extremo final nove disciplinas (entre Inglês Téc. e OP Top. Esp. LP) possuem desempenho similar indicando a existência de uma lacuna que pode ser considerada como oportunidade para melhoria da grade curricular do curso.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este estudo introdutório buscou um meio de avaliar as disciplinas de um curso superior como forma de suportar um debate visando a melhoria da formação por meio de atualizações do PPC do curso, substituição ou modificação das disciplinas. Ao considerar as áreas de competências para a profissão previstas no CBO como critérios para avaliação foi possível analisar a grade curricular de modo que seja mais alinhado com as competências profissionais esperadas como resultado da formação.

Com relação as áreas de atividades: desenvolver sistemas em tecnologia da informação e administrar sistemas ambiente de tecnologia da informação, que foram consideradas como as mais relevantes e, a área comunicar-se como menos relevante, revelam a preocupação dos *stakeholders* com o desenvolvimento e manutenção de *softwares* em detrimento de comunicação em geral. Este julgamento é refletido na classificação das disciplinas em que as cinco com maior avaliação são focadas diretamente no desenvolvimento de *software*.

No outro extremo, entre as dez disciplinas com menor avaliação, quatro são optativas e uma possui ementa aberta – que permite uma variabilidade do conteúdo em cada semestre. Esse resultado indica que há uma oportunidade de melhoria com relação a oferta dessas disciplinas de modo tornar a grade curricular mais alinhada com as competências esperadas para o profissional formado neste curso. Tais



resultados podem suportar um debate entre os envolvidos com o curso para sua reformulação.

A principal limitação deste estudo está em considerar apenas três *stakeholders* e todos professores da área específica do curso. Desse modo, em versões futuras deste estudo, pretende-se considerar um espectro maior e mais diversificado de *stakeholders*. A avaliação de outras disciplinas candidatas a integrar a grade curricular do curso e avaliar o desempenho com relação as atuais é outra direção para pesquisas futuras.

6. REFERENCIAS

BARROS, L. E. V., CAPPELLE, M. C. A., SOUZA, R. B. D., & LOBATO, C. B. D. P. (2018). “Carreiras outsiders: uma análise a partir da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)”. *Gestão & Planejamento-G&P*, 19(jan/dez), 1-16.

BRUNELLI, M. (2015): *Introduction to the analytic hierarchy process*. Springer. Aalto University. Finland. 88p.

CHYUNG, S.Y., ROBERTS, K., SWANSON, I. & HANKINSON, A. (2017). “Evidence-Based Survey Design: The Use of a Midpoint on the Likert Scale”. *Perf. Improv.*, 56: 15-23.

FARIA, S., DE OLIVEIRA, V. F., FORNER, L. & D’ASTUTO, F. (2005): “Competências do profissional da informação: uma reflexão a partir da Classificação Brasileira de Ocupações”. *Ciência da Informação*, 34(2), 26-33.

LIKERT, R. (1932). “A technique for the measurement of attitudes”. In R.S. Woodworth (Ed.), *Archives of Psychology* (Vol. 22, No. 140, pp. 5– 55). New York, NY: The Science Press.

NOZOE, N. H., BIANCHI, A. M., RONDET, A. C. A. (2003). “A Nova Classificação Brasileira de Ocupações: anotações de uma pesquisa empírica”. *São Paulo em Perspectiva*, 17(3). 234-246.

SAATY, T. L. (2006). “Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes”. *European Journal of Operational Research*, v. 168, n. 2, p. 557 – 570.

SILVA, A. C.; BELDERRAIN, M. C. N.; PANTOJA, F. C. M. (2010). “Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings”. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 2(3), p. 339–348, 2010.

WU, H., & LEUNG, S. O. (2017). “Can Likert scales be treated as interval scales? A Simulation study”. *Journal of Social Service Research*, 43(4), 527-532.



EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE CRIPTOMONEDAS

NATALIA A. VAN HEERDEN¹ – JUAN B. CABRAL^{2,3} – NADIA A. LUCZYWO^{4,5,6}

¹ Universidad Blas Pascal

² Centro Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS, UNR)

³ Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE, CONICET-UNC)

⁴ Facultad de Ciencias Económicas (FCE, UNC)

⁵ Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI, FCEfYN-UNC)

⁶ Facultad de Ciencias de la Administración (CRUC – IUA, Universidad de la Defensa Nacional)

nativanheer@gmail.com - jbcabral@unc.edu.ar - nadia.luczywo@unc.edu.ar

RESUMEN

En los últimos años las criptomonedas han pasado de un plano desconocido a uno protagonista, siendo cada vez más popular la inversión en estos activos. Sin embargo, las criptomonedas conllevan un alto riesgo debido a su elevada volatilidad. En este trabajo se definen criterios basados en datos históricos de criptomonedas con el objetivo de caracterizar retornos y riesgos de diferentes maneras, en ventanas de tiempo cortas (7 y 15 días); luego se analiza la importancia de los criterios por varios métodos y se evalúa su impacto. Como trabajo a futuro se propone evaluar la importancia de los pesos para aplicar métodos multicriterio en la selección de portafolios de inversión.

Palabras Clave: MULTICRITERIO – CRIPTOMONEDA – TOPSIS – CRITIC

ABSTRACT

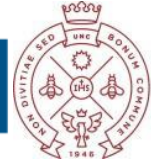
In recent years, cryptocurrencies have gone from an unknown plane to a protagonist one, with investment in these assets becoming increasingly popular. However, cryptocurrencies carry a high risk due to their high volatility. In this paper, criteria based on historical cryptocurrency data are defined in order to characterize returns and risks in different ways, in short time windows (7 and 15 days); then, the importance of criteria is analyzed by various methods and their impact is evaluated. As future work, it is proposed to evaluate the importance of weights for applying multi-criteria methods in the selection of investment portfolios.

Keywords: MULTI-CRITERIA – CRYPTOCURRENCY – TOPSIS – CRITIC

1. INTRODUCCIÓN

Las criptomonedas, también conocidas como “criptodivisas”, “monedas electrónicas” o “monedas virtuales”, se están convirtiendo en un medio alternativo de pago e intercambio muy popular (Hileman y Rauchs, 2017). Los inversores eligen estos activos digitales no sólo como reserva de valor, sino también para diversificar su cartera de activos, basándose en el aspecto digital y criptográfico para asegurar y gestionar las transacciones con los altos (como también volátiles) rendimientos de estos activos (Walther, Alther, Klein y Bouri, 2019).

Desde el surgimiento de Bitcoin (Nakamoto, 2008), momento en que el desconocimiento de la tecnología blockchain (Chaum, 1979) era máximo, han surgido miles de nuevas monedas virtuales. Debido al incremento en el número de criptomonedas disponibles (Elbahrawy, Alessandretti, Kandler, Pastor-Satorras y Baronchelli, 2017), y con el objeto de aprovechar los rendimientos derivados de estos activos, a la vez que se consideran los potenciales riesgos, resulta interesante



estructurar un proceso de soporte de decisión destinado a la selección de criptomonedas con la finalidad de invertir en ellas.

La información disponible sobre las criptomonedas caracteriza al mercado como volátil e incierto, en el cual existen riesgos considerables (Bariviera, 2017). Los recaudos que tome un inversor para la adecuada gestión de activos juegan un papel fundamental. Surge entonces la necesidad de optimizar los recursos y de tomar decisiones coherentes en condiciones de conflicto e incertidumbre, que incorporen técnicas de análisis de la decisión.

Dentro de las herramientas cuantitativas disponibles para la toma de decisiones se encuentran los métodos de apoyo a la decisión multicriterio discretos (MCDM), los cuales permiten trabajar con múltiples criterios de valoración simultáneamente, e identificar la importancia relativa de cada uno para poder evaluar entre distintas alternativas (Alberto y Carignano, 2013). Por lo tanto, este trabajo propone estructurar el problema de decisión de inversión en criptomonedas para ventanas cortas de 7 y 15 días extrayendo los criterios que caracterizan retornos y riesgos de los datos históricos basados en series temporales de cotizaciones, y evaluando la importancia de los criterios obtenidos y su impacto en modelos multicriterio.

Este paper se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se provee una breve descripción de las metodologías de ponderación de criterios y de multicriterio empleadas. En la sección 3 se determina el diseño de los criterios, la selección de alternativas y la aplicación de metodologías detalladas en la sección 2. Por último, en la sección 4 se presentan las conclusiones y perspectivas futuras.

2. METODOLOGÍA

Con el objeto de asignar importancia a los criterios del experimento, se emplearon cuatro metodologías distintas. Asimismo, si bien el objetivo principal de este trabajo consiste en la evaluación de la importancia de los criterios obtenidos, se realizó una calificación de la performance utilizando TOPSIS, debido a su simplicidad.

2.1. Importancia de los criterios

Para la ponderación de la importancia de los criterios, se optó por las estrategias detalladas a continuación.

1. Pesos promedio: se asignó una constante normalizada como peso a todos los criterios, mediante la fórmula:

$$w_j = \frac{1}{m}$$

donde w_j es el peso del criterio j y m es la cantidad de criterios bajo análisis.

2. Desvío estándar: es un método basado solamente en la intensidad del contraste de los criterios, mediante la expresión:

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^m \sigma_k}$$

donde w_j es el peso del criterio j , σ_j es el desvío estándar de las puntuaciones del criterio j , m es el número de criterios y σ_k es el desvío estándar de las puntuaciones del criterio k .

3. Entropía: se considera como una medida de la información contenida en una fuente de información. Se emplea la siguiente fórmula para su cálculo:



$$H_j = \sum_{i=1}^n p_i \log\left(\frac{1}{p_i}\right)$$

donde H_j es la entropía del criterio j , p_i es la probabilidad (entre 0 y 1) de que aparezcan los diferentes criterios, y n es el número total de criterios. Luego de establecer los valores de la entropía, se normalizan bajo la siguiente expresión:

$$w_j = \frac{H_j}{\sum_{k=1}^m H_k}$$

donde w_j es el peso del criterio j , m es el número de criterios y H_k es el peso o ponderación del criterio k .

4. CRITIC: este método, cuyo nombre surge del acrónimo de *CR*iteria *I*mportance *T*hrough *I*ntercriteria *C*orrelation (Diakoulaki, Mavrotas y Papayannakis, 1995), pondera cada criterio según la expresión:

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk})$$

donde C_j es el peso o ponderación del criterio j , σ_j la desviación estándar del criterio j , m es el número de criterios y r_{jk} el coeficiente de correlación de Pearson entre los criterios j y k . Cuanto mayor sea el valor de C_j , mayor será el monto de información transmitido por el correspondiente criterio y mayor será su importancia relativa para el proceso de toma de decisión. Luego de establecer las ponderaciones, se normalizan bajo la siguiente expresión:

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k}$$

donde w_j es el peso del criterio j y C_k es el peso o ponderación del criterio k .

2.2. TOPSIS

La técnica de ordenación de preferencias por similitud a la solución ideal (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*, TOPSIS), es un método de análisis de decisión multicriterio desarrollado por Hwang y Yoon en 1981. El método se basa en el concepto de similitud a una alternativa ideal y una anti-ideal, ya que considera deseable que una alternativa se ubique a la distancia más corta respecto de la solución ideal y la mayor distancia de la solución anti-ideal.

En el método TOPSIS se define un ratio de similitud, que valora el desempeño de cada alternativa tal que si la alternativa se halla más cerca del punto ideal se acercará a 1, por el contrario, si está más cerca del punto anti-ideal, su valor se hallará más próximo a 0. Para su cálculo se aplica la siguiente razón:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

donde C_i es el índice de similitud de la alternativa i , S_i^+ la distancia euclídea de i respecto al valor ideal y S_i^- la distancia euclídea de i respecto al valor anti-ideal.

3. APLICACIÓN

El experimento consistió en la extracción de criterios provenientes de series temporales históricas de nueve criptomonedas: Cardano, Binance Coin, Bitcoin, Dogecoin, Ethereum, Chainlink, Litecoin, Stellar y XRP.



3.1. Tratamiento de los datos y definición de los criterios a evaluar

Los datos analizados provienen del set de datos históricos “*Cryptocurrency Historical Prices*”¹ recuperado el día 21/07/2021. Se crearon dos matrices de decisión para dos tamaños de ventanas móviles solapadas: 7 y 15 días. Sobre estas ventanas se definieron seis criterios que buscan representar rendimientos y riesgos e inversión, determinando a su vez los criterios de optimalidad correspondientes (Maximizar o Minimizar):

- media del rendimiento de la ventana (RV) (Maximizar): es la media de las diferencias entre el precio de cierre de la criptomoneda del último día y del primer día de cada ventana, divididas por el precio del primer día;
- desvío del rendimiento de la ventana (sRV) (Minimizar): es el desvío estándar de los rendimientos de las ventanas. A mayor desvío, los rendimientos dentro de las ventanas son más variados e inestables;
- media del volumen de la ventana (VV) (Maximizar): es la media de las sumatorias del monto transaccionado de la criptomoneda en dólares en cada ventana, representando una medida de liquidez del activo;
- desvío del volumen de la ventana (sVV) (Minimizar): es el desvío de los volúmenes de las ventanas. A mayor desvío, los volúmenes dentro de las ventanas son más variados e inestables;
- media de la pendiente (m) (Maximizar): es la media de la pendiente de la tendencia lineal entre los precios de cierre en dólares y los volúmenes transaccionados en dólares de la criptomoneda dentro de cada ventana;
- media del coeficiente de correlación (R^2) (Maximizar): es la media del R^2 del ajuste de las tendencias lineales respecto a los datos. Es una medida que define qué tan bien explica esa tendencia lineal a los datos dentro de la ventana.

3.2. Elección de alternativas

La selección de las alternativas se basó en el ranking de las 20 criptomonedas con mayor capitalización de mercado calculada sobre la base de la oferta circulante, de acuerdo con la información recuperada de “*All Cryptocurrencies*”² el día 04/08/2021. De dicho listado se tomaron aquellas criptomonedas para las que existían datos para el período desde el 09/10/2018 hasta el 06/07/2021, y se excluyen las denominadas *stablecoins*, ya que mantienen un precio estable y por ende no conllevan rendimientos asociados. Las alternativas seleccionadas fueron entonces: Cardano (ADA), Binance Coin (BNB), Bitcoin (BTC), Dogecoin (DOGE), Ethereum (ETH), Chainlink (LINK), Litecoin (LTC), Stellar (XLM) y XRP (XRP).

3.3. Determinación de los pesos relativos de los criterios

Para determinar el peso relativo, importancia o influencia de cada uno de los criterios en el resultado final, se utilizaron cuatro procedimientos: desvío estándar, entropía de la información, pesos promedio y CRITIC. Previamente se transformaron las valoraciones de las alternativas correspondientes a criterios de minimización, y luego se normalizaron los datos mediante el procedimiento del módulo del vector para poder calcular los pesos relativos; los resultados de la normalización de las alternativas y pesos se muestran en la Tabla 1. Arriba la tabla contiene los pesos según diferentes

¹ <https://www.kaggle.com/sudalairajkumar/cryptocurrencypricehistory>

² <https://coinmarketcap.com/all/views/all/>



métodos para los seis criterios en ambas ventanas, y abajo se encuentran las valoraciones normalizadas de las alternativas según los criterios en los dos tamaños de ventana. Asimismo, en la Figura 1 se muestra la distribución de los pesos obtenidos para cada uno de los criterios de acuerdo con las metodologías empleadas.

	Ventana de 7 días						Ventana de 15 días					
	$\bar{x}RV$	sRV	$\bar{x}VV$	sVV	$\bar{x}R^2$	$\bar{x}m$	$\bar{x}RV$	sRV	$\bar{x}VV$	sVV	$\bar{x}R^2$	$\bar{x}m$
Desvío estándar	0,149	0,094	0,265	0,202	0,028	0,262	0,153	0,103	0,257	0,195	0,034	0,258
Entropía	0,189	0,196	0,125	0,173	0,201	0,115	0,189	0,196	0,126	0,175	0,202	0,113
Pesos promedio	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
CRITIC	0,213	0,139	0,173	0,182	0,142	0,151	0,191	0,149	0,167	0,174	0,175	0,144
ADA - Cardano	0,320	0,318	0,035	0,269	0,320	0,001	0,311	0,304	0,035	0,260	0,335	0,002
BNB - Binance Coin	0,364	0,296	0,026	0,381	0,406	0,580	0,375	0,239	0,026	0,366	0,404	0,471
BTC - Bitcoin	0,166	0,511	0,891	0,031	0,289	0,793	0,156	0,525	0,891	0,029	0,282	0,864
DOGE - Dogecoin	0,634	0,124	0,035	0,156	0,336	0,000	0,664	0,103	0,035	0,161	0,375	0,000
ETH - Ethereum	0,251	0,390	0,425	0,053	0,321	0,110	0,237	0,391	0,425	0,050	0,285	0,099
LINK - Chainlink	0,445	0,277	0,029	0,256	0,327	0,100	0,419	0,276	0,029	0,306	0,329	0,100
LTC - Litecoin	0,163	0,369	0,107	0,246	0,329	0,115	0,149	0,402	0,107	0,240	0,333	0,106
XLM - Stellar	0,148	0,281	0,018	0,779	0,330	0,001	0,136	0,303	0,018	0,773	0,329	0,001
XRP - XRP	0,159	0,301	0,098	0,146	0,331	0,001	0,159	0,285	0,098	0,143	0,310	0,000

Tabla 1. Pesos de criterios y valoración de las criptomonedas ante criterios para ventanas de 7 y 15 días
 Fuente: elaboración propia

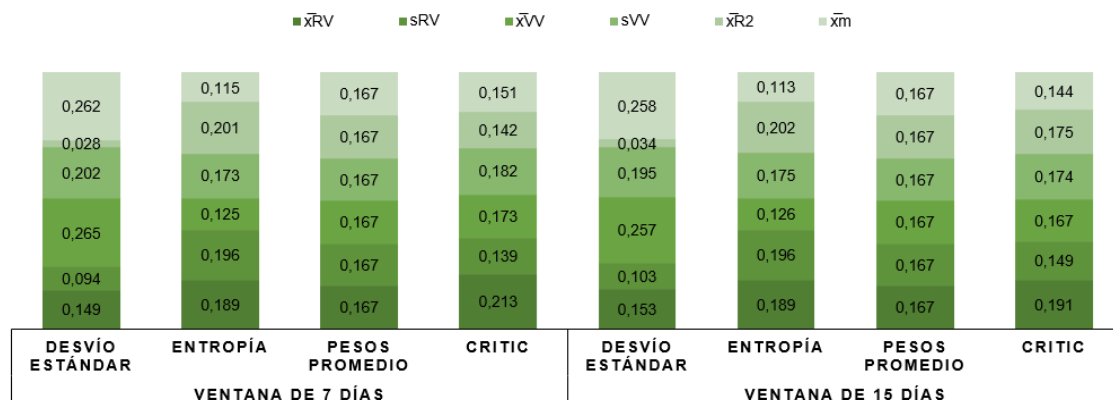


Figura 1. Distribución de pesos de criterios según metodología de cálculo
 Fuente: elaboración propia

	Ventana de 7 días				Ventana de 15 días			
	Desvío estándar	Entropía	Pesos promedio	CRITIC	Desvío estándar	Entropía	Pesos promedio	CRITIC
ADA - Cardano	0,149	0,264	0,210	0,220	0,144	0,259	0,205	0,214
BNB - Binance Coin	0,404	0,422	0,417	0,401	0,354	0,382	0,370	0,363
BTC - Bitcoin	0,653	0,505	0,582	0,541	0,660	0,509	0,588	0,554
DOGE - Dogecoin	0,187	0,329	0,268	0,318	0,201	0,343	0,279	0,316
ETH - Ethereum	0,301	0,302	0,303	0,292	0,288	0,299	0,295	0,292
LINK - Chainlink	0,183	0,305	0,248	0,274	0,195	0,316	0,256	0,274
LTC - Litecoin	0,171	0,260	0,221	0,206	0,168	0,275	0,229	0,221
XLM - Stellar	0,322	0,431	0,371	0,384	0,309	0,425	0,362	0,377
XRP - XRP	0,098	0,174	0,142	0,130	0,096	0,170	0,138	0,135

Figura 2. Índices de similitud de TOPSIS según metodología de cálculo
 Fuente: elaboración propia

3.4. Evaluación del impacto de los métodos de selección de pesos

Como parte del análisis final de criterios decidimos evaluar el impacto de los diferentes métodos de selección de pesos usando TOPSIS por ser sencillo de interpretar



a través de su índice de similaridad, el cual otorga información más detallada que el ranking.

Puede observarse en la Figura 2 que los pesos obtenidos mediante los métodos de pesos promedio, entropía y CRITIC generan poca variación en el orden en el cual se elige una alternativa. Otro resultado importante es la poca diferencia entre los valores obtenidos entre los dos tamaños de ventana. Ya como resultado colateral puede verse que BTC y BNB se despegan en todos los casos de las demás alternativas. Finalmente, hemos publicado todos los resultados y cálculos en una base de datos que se puede consultar a través del enlace: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5326295>

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñaron seis criterios provenientes de las series temporales históricas de nueve criptomonedas, y los analizamos para determinar su importancia relativa en ventanas de inversión cortas. Se determinó que bajo las condiciones dadas y con las limitaciones existentes respecto a la amplitud en las ventanas de la serie temporal, los pesos/importancias obtenidos mediante los métodos de pesos promedio, entropía y CRITIC son semejantes.

Como trabajo a futuro se propone incorporar criterios que aprovechen la información sobre la capitalización de mercado de criptomonedas (disponible en la serie temporal), utilizar otros métodos para determinar más pesos relativos de los criterios, realizar un análisis de sensibilidad de los pesos y/o evaluarlos con diferentes métodos multicriterio más allá de TOPSIS.

5. REFERENCIAS

ALBERTO, C. y CARIGNANO, C. (2013): *Apoyo Cuantitativo a las Decisiones*. (4ta. ed.). Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC. Córdoba, Argentina.

BARIVIERA, A. F. (2017): "The inefficiency of Bitcoin revisited: A dynamic approach". *Economics Letters*, vol. 161, pp. 1-4.

CHAUM, D. L. (1979): *Computer Systems established, maintained and trusted by mutually suspicious groups*. Berkeley, USA.

DIAKOULAKI, D., MAVROTAS, G. Y PAPAYANNAKIS, L. (1995): "Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method". *Computers & Operations Research*, vol. 22 (7), pp. 763-770.

ELBAHRAWY, A., ALESSANDRETTI, L., KANDLER, A., PASTOR-SATORRAS, R. y BARONCHELLI, A. (2017): "Evolutionary dynamics of the cryptocurrency market". *Royal Society open science*, vol. 4 (11), 170623.

HILEMAN, G. y RAUCHS, M. (2017): *Global Cryptocurrency Benchmarking Study*. Cambridge Centre for Alternative Finance, University of Cambridge. Reino Unido.

NAKAMOTO, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. *Decentralized Business Review*, 21260.

WALTHER, T., KLEIN, T. y BOURI, E. (2019): "Exogenous drivers of Bitcoin and Cryptocurrency volatility—A mixed data sampling approach to forecasting". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 63, pp. 101-133.



DEFINING POLITICS TO COMBAT COVID-19 WITH THE HYBRID METHOD OF SUPPORTING CRITIC-TOPSIS MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING

JONATHAS VINÍCIUS GONZAGA ALVES ARAUJO¹ - MARCOS DOS SANTOS² - CARLOS FRANCISCO SIMÕES GOMES³

¹Military Institute of Engineering

²Military Institute of Engineering

³Fluminense Federal University

¹jonathasvgaa@gmail.com - ²marcosdossantos@ime.eb.br - ³cfsg1@bol.com.br

ABSTRACT

The world has faced the Covid-19 pandemic and it challenges to combat it. In order to assist public authorities in combating the spread of the virus, this article proposed the use of the TOPSIS method in conjunction with the CRITIC method. The package "COVID-ABS" was used to simulate different scenarios diversifying between the 0% of social isolation (not to do anything) and lockdown (100% of social isolation), considering epidemiological factors (quantity of people infected, deaths and hospitalizations) and economics (people and companies GDP). The results indicate that the best alternative of reducing the spread of the virus is the lockdown, followed by the alternative of 0% social isolation. However, it is convenient that future studies that include other relevant factors such as new criteria can significantly alter this recommendation.

Keywords: COVID-19 – TOPSIS – CRITIC - MULTICRITERIA DECISION AID

1. INTRODUCCION

Recently, the world was impacted by the pandemic of the disease popularly known as Covid-19 that claimed millions of victims (by May 2021 there were more than 160,000,000 cases and more than 3,000,000 deaths) (Johns Hopkins University & Medicine, 2021).

Given the relevance of this scenario, it is possible to perceive the complexity that permeates the various decision-making processes that influence not only the country's economic and social consequences, but also those related to health, in this case, living or dying conditions (Sales, Santos, Barbosa & Dos Santos, 2020).

Nowadays, risk analysts have been using several mathematical models to model and analyze the risk of Covid-19 transmission. This type of analysis has been extremely important to support decisions at the highest levels in the management of the new national public health conjuncture (Cuevas, 2020).

Among relevant examples of studies that analyze risks during the pandemic, Souza, Alves, Guimaraes, De Lima & Silva (2020) explore agent-based models (ABM) to simulate possible scenarios in the pandemic. The authors consider that ABM is a good alternative to represent complex and dynamic systems and compare them with real systems of past events. Silva et al. (2020) employ the SEIR epidemic model (Susceptible – Exposed – Infected and Recovered), where the package named by the authors as COVID-ABS allows the reproduction of various epidemiological and economic scenarios and allows recommendations to control the disease, such as the adoption of the lockdown, which, despite being the most effective option, is also the one that directly shakes the country's economy (Moser & Yared, 2020).

Several multicriteria decision aid (MCDA) methods that can potentially support complex decisions in the context explored in this article are available in the scientific



literature. Among them, the TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), Technique of Order of Preference for Similarity, developed in 1981 by Tzeng and Huang.

TOPSIS' proposal is to rank alternatives using as a comparative criterion the positive and negative ideal distance, where the best alternative will be the closest to the ideal positive solution and farthest from the negative ideal solution (Krohling & Souza, 2011). That is, the ideal positive and negative ideal solutions are defined for each criterion, taking into account whether the criterion is monotonic cost or profit. In the monotonic cost criteria, the alternative that represents the ideal solution is the one of the lowest value, while in the monotonic criteria of profit, the alternative chosen will be the one with the highest value. (Lima Junior & Carpinetti, 2015).

Another multicriteria method of decision-making is the Method of Importance of Criteria through the Correlation between Criteria, the CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation), which is mainly available, in this work, to determine the weight of the criteria.

The aim of this article is to explore the benefits that the application of the TOPSIS method together with the CRITIC method can generate when a multicriteria problem that aims to analyze alternatives for the control of the Covid-19 pandemic in Brazil. While the CRITIC method should be used to generate the weights of the criteria that will be adopted for the study, the TOPSIS method should be explored for the ranking of alternatives.

According to Diakoulaki, Mavrotas and Papayannakis (1995), the adoption of the CRITIC method allows three benefits to be: defining objective weights when a decision-taker does not exist, making it easier for decision-taker to express their opinion on the relative importance of the criterion and reducing the subjective nature of the decision-making process, while the TOPSIS method allows the following advantages in its application, how to provide as a result the best and worst alternative simultaneously, does not consider the relative importance of the distances between the most positive and the most negative solution and, because it requires weights, the criteria need to have an increasing or decreasing hierarchical utility for the decision-taker (Ayala & Frank, 2013).

This article follows the following structure: Section 2 presents the theoretical framework with a brief summary about the TOPSIS and CRITIC methods, followed by Section 3 with the methodology, containing explanations about the application of the methods in question. Then, Section 4 brings the results of the combination of the methods with tables illustrating the data used and obtained including succinct comments, being immediately after completion in Section 5 with a technical opinion and suggestions for further work, finally, the references used in this work.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

TOPSIS aims to evaluate the performance of alternatives through its similarity with the ideal solution (Hwang & Yoon, 1981). Therefore, because it is a widely known tool, it has recently been applied in the evaluation of the main risk factors of Covid-19 (Souza *et al.*, 2020). The preference over some alternative is given by this model from the distance between two points. The points are called PIS (positive ideal solution) referring to the ideal point and the so-called NIS (negative ideal solution) being the non-ideal point, since, according to Silva *et al.* (2020), it was supposed to know the path that the "pulse" path way could take to recognize the part where a positive or negative reaction may occur, considering the ideal positive and negative distances according to the decision-taker.

According to Krohling & Souza (2011), in its practice, TOPSIS is based on the selection of an alternative that is as close as possible to the positive ideal solution (the



one that reinforces the benefit criteria and reduces cost criteria) and farther from the negative ideal solution (the one that increases cost criteria and minimizes benefit criteria).

The CRITIC method, in turn, was proposed by Diakoulaki, Mavrotas and Papayannakis in 1995, with the objective of defining the importance of attributes, without being in contradiction, in addition to their weight being determined using the decision matrix. This tool is characterized by not requiring the independence of attributes and the transformation of qualitative criteria into quantitative criteria (Alinezhad & Khalili, 2019).

Pragmatically, multi-criteria decision support methods can be employed individually or in combination. Since each tool has its advantages and limitations, combining them aims to enjoy the specific benefits of each (Lima Junior, Osiro & Carpanetti, 2013).

It is interesting to highlight the benefit of being able to combine these methods and thus seek to obtain an increasingly assertive sensitivity analysis, generating more security to the decision-making process, since it would be based on more accurate data (Costa *et al.*, 2020).

Yang, Li, Xue & Kang (2019) used the TOPSIS method and the CRITIC weighting method to evaluate the economic benefit of distributed generation projects and stated that the first method was further optimized with the combination of the second. He also stated that the practicality and rationality of the same was proven through a case study, confirming the usefulness and functionality of the hybrid model.

3. METHODOLOGY

From the data obtained with the COVID-ABS model, 11 scenarios presented in Table 1 were defined, which will be used as alternatives to be ranked by the TOPSIS method, where the first scenario portrays the social isolation of 0%, which represents not taking any action, the second scenario presents a partial isolation of 10%, the third of 20% and thus continuously. The latter scenario, in turn, demonstrates the total social isolation (100%) named lockdown.

In order to make the final information more integral to random variations, Souza *et al.* (2020) reproduced each scenario 35 times and the criteria values in the decision matrix take into account the average value of these executions.

The use of the TOPSIS method was made to rank the scenarios, that is, the alternatives, from best to worst, according to the preferences of decision makers through the weights given to the criteria. The method was executed from the decision matrix generated with a vector of weights from the CRITIC method.

4. RESULTS

The same criteria established by Souza *et al.* (2020), using the COVID-ABS model, were chosen at the level of comparison of the results: C1- maximum percentage of infected; C2 - maximum percentage of deaths; C3 - maximum percentage of hospital admissions (not so severe cases); C4 - maximum percentage of ICU admissions (Intensive Care Units), which will be used for the most severe cases; C5- variation of GDP, in percentage, or the wealth of individuals and, finally, C6- variation of the GDP of business, legal entities or government GDP, as a percentage.

The decision matrix presented in Table 1 is composed of the values that will be used by each parameter. Souza *et al.* (2020) chose not to use the government GDP criterion because it understands that while a government is making money, other governments are losing, in the same way the opposite, unlike other criteria, which are independent of other governments.



	C1: Infected	C2: Dead	C3: Hospitalizations	C4: Serious Cases	C5: People GDP	C6: Business GDP	GDP Government
A1: 0% (Do nothing)	0,91627	0,1109	0,089818	0,00059	-0,141817	0,16519	0,01446
A2: 10% isolation	0,88542	0,1094	0,084952	0,00057	-0,196017	0,14017	0,016525
A3: 20% isolation	0,85314	0,1062	0,07981	0,00085	-0,204683	0,14018	0,018915
A4: 30% isolation	0,82590	0,1026	0,045048	0,00085	-0,175191	0,10448	0,01697
A5: 40% isolation	0,78019	0,1051	0,077048	0,00066	-0,163578	0,08270	0,016195
A6: 50% isolation	0,73666	0,0932	0,066857	0,00066	-0,153132	0,06639	0,017528
A7: 60% isolation	0,55104	0,0728	0,049143	0,00161	-0,122949	0,03138	0,019066
A8: 70% isolation	0,42685	0,0617	0,038476	0,00142	-0,093921	0,00488	0,019731
A9: 80% isolation	0,20104	0,0331	0,01581	0,00142	-0,080097	0,02412	0,023929
A10: 90% isolation	0,06638	0,0109	0,005238	0,00114	-0,057878	0,05293	0,026763
A11: 100% (Lockdown)	0,04562	0,0099	0,008449	0,00109	-0,059182	0,07562	0,037264

Table 1: Values assigned to isolation levels for each scenario
 Source: Souza *et al.* (2020)

The present article used the CRITIC method to obtain the weights of the criteria that can be observed in Table 2.

C	C1	C2	C3	C4	C5	C6
W_j	0,134112	0,133939	0,134176	0,244626	0,129207	0,223941

Table 2: Values of the weights of each criterion generated by the CRITIC method
 Source: Authors (2021)

From the data obtained by the decision matrix and the weights acquired with the CRITIC method, a new matrix was generated, with the values already normalized and weighted together with the ideal and non-ideal solutions, separation measures D^+ and D^- , cci approximation coefficient and the ranking obtained, as can be observed in Table 3.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	D^+	D^-	CCi	Ranking
A1	0,056575	0,053799	0,061553	0,041233	-0,0392	0,117652	0,095855	0,136047919	0,58666	2
A2	0,054671	0,053059	0,058218	0,039905	-0,05418	0,09983	0,098868	0,121115623	0,550566	4
A3	0,052677	0,051535	0,054694	0,059893	-0,05657	0,099842	0,098197	0,110405315	0,529263	5
A4	0,050996	0,04978	0,030872	0,059893	-0,04842	0,074417	0,091687	0,094463403	0,507458	6
A5	0,048173	0,050981	0,052801	0,046614	-0,04521	0,058901	0,104687	0,088217875	0,457312	7
A6	0,045486	0,045208	0,045818	0,046614	-0,04232	0,04729	0,104516	0,083626344	0,444485	8
A7	0,034025	0,035326	0,033678	0,113146	-0,03398	0,022352	0,132587	0,049933451	0,273577	11
A8	0,026356	0,029923	0,026368	0,099868	-0,02596	0,003478	0,135769	0,061925417	0,313238	10
A9	0,012414	0,01607	0,010835	0,099868	-0,02214	0,017181	0,118316	0,086578918	0,422553	9
A10	0,004099	0,00531	0,00359	0,07988	-0,016	0,037701	0,089398	0,11130551	0,554576	3
A11	0,002817	0,004825	0,00579	0,076805	-0,01636	0,053862	0,073727	0,117789315	0,615034	1
PIS	0,002817	0,004825	0,00359	0,039905	-0,016	0,117652				
NIS	0,056575	0,053799	0,061553	0,113146	-0,05657	0,003478				

Table 3: Matrix with normalized and weighted values, ideal and non-ideal solutions, separation measures D^+ and D^- , relative proximity coefficient CCi and the final ranking of each alternative
 Source: Authors (2021)



Analyzing the result, the best alternative was A11 (100% isolation), followed by alternative A1 (0% isolation), right after the A10 alternative (90% isolation) and so on. Then, it was proved that the lockdown scenario is the best alternative in situations where the weights of importance for epidemiological criteria are strong and the economic weak or median.

5. CONCLUSION

One of the greatest advantages of using the two methods together is that the CRITIC method does not depend on the human factor to generate weights; your decision is based only on mathematical models. This mode of operation in agreement with TOPSIS for the ranking of scenarios brings a result without the influence of external factors that compete with the thinking of a decision-taker.

The alternatives that obtained the best results showed close proximity coefficient values. The research obtained scattered results when compared to the research conducted by Souza *et al.* (2020), despite presenting the same first place in the ranking.

Even using real data in the research, this article portrays an experiment carried out in a controlled environment with a limited population. For future studies, it is suggested the inclusion of new social, epidemiological and economic factors and other combinations with different methods of multicriteria analysis.

6. REFERENCES

ALINEZHAD, A. & KHALILI, J. (2019). *EVAMIX method*. In *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)*, Springer, Cham, Switzerland, pp. 59-65.

AYALA, N.F. & FRANK, A. G. (2013). "Multicriterial analysis methods: a review of strengths and weaknesses". XIII SEPROSUL - Semana de la Ingeniería de Producción Sudamericana. Gramado, Brazil.

COSTA, I., JUNIOR, M., MAÊDA, S., FÁVERO, L., COSTA, A., CORRIÇA, J., GOMES, C. F. & DOS SANTOS, M. (2020). "Application of the AHP-TOPSIS-2N hybrid method for selection of an attack helicopter to be acquired by the Brazilian Navy". 10.13033/isahp.y2020.018.

CUEVAS, E. (2020). "An agent-based model to evaluate the COVID-19 transmission risks in facilities". *Computers in Biology and Medicine*. Volume 121,2020,103827, ISSN 0010-4825, <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103827>.

DIAKOULAKI, D., MAVROTAS, G. & PAPAYANNAKIS, L. (1995). "Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method". *Computers & Operations Research*, 22(7), pp. 763-770.

HWANG, C. L. & YOON, K. P. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications survey*. Springer-verlag. New York.

JOHNS HOPKINS UNIVERSITY & MEDICINE (2021). "COVID-19 Data in Motion". Web page. <https://coronavirus.jhu.edu/>. Accessed in: 13/05/2021.



KROHLING, R. A. & SOUZA, T. T. (2011). "Two examples of applying the TOPSIS technique for decision making". *FSMA Information Systems Journal*, Visconde de Araújo, 8, pp. 31-35.

LIMA JUNIOR, F. R., OSIRO, L. & CARPINETTI, L.C. R. (2013). "Multicriteria decision methods for supplier selection: a-state-of-the-art overview". *Management & Production*, 20(4), pp. 781-801.

LIMA JUNIOR, F. R. E CARPINETTI, L.C. R. (2015). "A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods in supporting multicriteria decision-making for supplier selection". *Management & Production*, 22(1), pp. 17-34.

MOSER, C.A. & YARED, P. (2020). *Pandemic lockdown: The role of government commitment* (No. w27062). National Bureau of Economic Research.

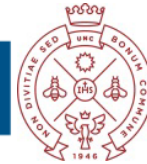
SALES, E. M. P., SANTOS, J. K. M., BARBOSA, T. B. & DOS SANTOS, A. P. (2020). "Physiotherapy, Functionality and Covid-19: Integrative Review". *Notebooks ESP-Scientific Journal of the School of Public Health of Ceará*, 14(1), pp. 68-73.

SILVA, M.C., GOMES, C. F., SOUZA, R. & DOS SANTOS, M. (2020). "TOPSIS-2NE's Proposal". *LII Brazilian Symposium on Operational Research - SBPO*. João Pessoa/PB.

SILVA, P.C., BATISTA, P. V., LIMA, H. S., ALVES, M. A., GUIMARÃES, F. G. & SILVA, R.C. (2020). "COVID-ABS: An agent-based model of COVID-19 epidemic to simulate health and economic effects of social distancing interventions". *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110088.

SOUZA, L. P., ALVES, M. A., GUIMARAES, F. G., DE LIMA, P.C. & SILVA, P. V. D.C.B. (2020). "Multi-criteria decision-making for the classification of coping policies to covid-19".

YANG, Y., LI, C., XUE, W. & KANG, S. (2019). Economic Benefit Evaluation Analysis for Distributed Energy Generation Projects Based on CRITIC-TOPSIS model. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 252 (2019) 032059. doi:10.1088/1755-1315/252/3/032059.



IMPLEMENTAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS (GASODUTOS) CONECTANDO AS PRINCIPAIS CIDADES DO ESTADO BRASILEIRO DE MINAS GERAIS

CARLOS C. M. IMANICHE¹ – MISCHEL CARMEN N. BELDERRAIN¹ – EDSON FRANÇA SENNE²

¹ Instituto Tecnológico Aeronáutico - ITA

² Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

imaniche@ita.br - carmen@ita.br - edson.senne@unesp.br

RESUMO

A constante busca por recursos energéticos implica na necessidade de melhoria da infraestrutura de rede de fornecimento de gás combustível. Através de uma heurística baseada no algoritmo de Prim e utilizando os dados de posição geográfica das cidades, é apresentada uma rede de distribuição de gás (gasoduto) otimizada conectando todas as 72 cidades com mais de 50.000 habitantes do estado de Minas Gerais, Brasil, aproveitando a infraestrutura de gasoduto já existente. A principal contribuição deste trabalho é apresentar uma ferramenta de tomada de decisão para os próximos trechos de gasoduto a serem construídos.

Palavras Chave: OTIMIZAÇÃO, ÁRVORE GERADORA MÍNIMA, PRIM, GASODUTO.

ABSTRACT

The continuous search for energy resources implies the need to improve the fuel gas supply network infrastructure. Through a heuristic based on Prim's algorithm and using the geographic position data of the cities, is presented an optimized gas distribution network (gas pipeline) connecting all 72 cities that have more than 50.000 citizen in the state of Minas Gerais, using the gas pipeline infrastructure already installed. The main contribution of this paper is to present a decision-making tool for the next patches of gas pipeline to be built.

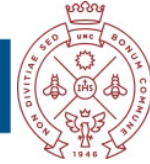
Keywords: OPTIMIZATION, MINIMUM SPANNING TREE, PRIM, GAS PIPELINE.

1. INTRODUÇÃO

A descoberta da camada Pré-Sal em 2007 (Globo Comunicação e Participações S.A., 2012) e a construção do gasoduto Brasil-Bolívia proporcionaram novas oportunidades de fontes energéticas relacionadas ao uso de gás natural. Sendo responsável por pouco mais de 10% da fonte energética nacional e uma vez que não sofre interferência das sazonalidades climáticas, o gás natural vem se consolidando como umas das essenciais matrizes energéticas do Brasil (Fioreze, et al., 2013).

Podemos ainda considerar a possibilidade de descoberta de reservatórios não convencionais de hidrocarbonetos em bacias sedimentares brasileiras, como a Bacia do Paraná que possui 1,5 milhão de Km² (Delgado, 2019). Dentro das fontes de hidrocarbonetos não convencionais, está o *shale gas*, que é “o gás natural não-convencional encontrado dentro de rochas sólidas de xisto. O xisto é a rocha sedimentar argilosa mais abundante que existe, e em alguns casos, pode conter gás natural.” (CBIE, 2020).

Outra potencial fonte de combustível gasoso que também pode ser levada em conta é o biogás, que é “um dos produtos da decomposição da matéria orgânica, que



8	Bom Despacho	32	João Monlevade	56	Sabará
9	Campo Belo	33	Juiz de Fora	57	Santa Luzia
10	Caratinga	34	Lagoa da Prata	58	São Francisco
11	Cataguases	35	Lagoa Santa	59	São João del Rei
12	Congonhas	36	Lavras	60	São Sebastião do Paraíso
13	Conselheiro Lafaiete	37	Leopoldina	61	Sete Lagoas
14	Contagem	38	Manhuaçu	62	Teófilo Otoni
15	Coronel Fabriciano	39	Mariana	63	Timóteo
16	Curvelo	40	Montes Claros	64	Três Corações
17	Divinópolis	41	Muriaé	65	Três Pontas
18	Esmeraldas	42	Nova Lima	66	Ubá
19	Formiga	43	Nova Serrana	67	Uberaba
20	Frutal	44	Ouro Preto	68	Uberlândia
21	Governador Valadares	45	Pará de Minas	69	Unaí
22	Guaxupé	46	Paracatu	70	Varginha
23	Ibirité	47	Passos	71	Vespasiano
24	Ipatinga	48	Patos de Minas	72	Viçosa

Tabela 1: Cidades de Minas Gerais com mais de 50 mil habitantes (01 de julho de 2020)

Face ao exposto anteriormente, e ressaltando a importância em criar uma infraestrutura eficiente de distribuição de gás no estado de Minas Gerais, com um custo otimizado, este estudo tem como primeiro objetivo apresentar uma proposta de menor rede (árvore geradora mínima) de distribuição de gás natural (gasoduto) conectando as cidades do estado de Minas Gerais que possuem mais de 50 mil habitantes, aproveitando a atual infraestrutura de gasoduto.

Prim propõe para a solução do Problema de Árvore Geradora Mínima (*Minimum Spanning Tree Problem - MSTP*) que seja escolhido um vértice da árvore geradora em análise, então é selecionada a aresta mais curta (menor peso) conectada a este vértice, conectando assim um novo vértice ao grafo. A partir deste momento são selecionadas, sucessivamente, as menores arestas que conectadas aos vértices do grafo e que não formem um ciclo, até que todos os vértices da árvore geradora em análise sejam conectados (Prim, 1957).

2. DESENVOLVIMENTO

Através das coordenadas geométricas das cidades foi possível identificar a distância entre cada uma das 72 cidades, fornecendo assim os dados necessários para a solução do problema. A partir do algoritmo de Prim foi elaborada a heurística a seguir:

Seja **grafo_conect** o conjunto de arestas que poderão ser as próximas serem selecionadas para árvore geradora mínima (MST), **conec_final** o conjunto de arestas já selecionadas para MST, **vert_conec** o conjunto de vértices já selecionados para MST e **A** o conjunto de arestas possíveis do grafo $A(V, B)$ com pesos d_{ij} para todas as arestas $\{i, j\}$, então:

1. Escolha qualquer vértice $i \in V$;
2. $vert_conec \leftarrow \{i\}$;
3. $grafo_conect \leftarrow A(i, j)$ para todo $j \in B$;
4. $A \setminus A(i, j)$;
5. Encontre menor d_{ij} em $grafo_conect$;
6. $vert_conec \leftarrow \{j\}$;
7. $conec_final \leftarrow grafo_conec(i, j)$



8. grafo_conect \ grafo_conect(i,j);
9. Enquanto $A \neq \emptyset$ ou grafo_conect $\neq \emptyset$:
10. grafo_conect $\leftarrow A(k,l)$ para todo $k \in \text{vert_conec}$ e para todo $l \in B$;
11. $A \setminus A(k,l)$;
12. Se $m \in \text{vert_conec}$ “e” $n \in \text{vert_conec}$: grafo_conect \ grafo_conect (m,n)
13. Encontre menor d_{kl} em grafo_conect;
14. $\text{vert_conec} \leftarrow \{\}$;
15. $\text{conec_final} \leftarrow \text{grafo_conec}(k,l)$
16. grafo_conect \ grafo_conect(k,l);
17. Fim

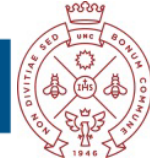
2.1 Resultado

O algoritmo da heurística proposta, desenvolvida com a linguagem *Python*, foi utilizada com os dados das distancias entre as 72 cidades. A cidade de Belo Horizonte foi considerada como o primeiro vértice e com os pesos das cidades já conectadas com peso (distância) “0”, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 2.

	CONEXÕES			DISTÂNCIA	CONEXÕES			DISTÂNCIA	CONEXÕES			DISTÂNCIA
1	5	12	EXISTENTE	25	18	45	34	49	22	60	53	
2	5	14	EXISTENTE	26	45	28	24	50	60	47	48	
3	5	42	EXISTENTE	27	28	17	36	51	64	27	82	
4	5	57	EXISTENTE	28	17	43	31	52	27	54	58	
5	12	13	EXISTENTE	29	43	8	34	53	61	16	83	
6	14	6	EXISTENTE	30	8	34	38	54	24	21	95	
7	57	71	EXISTENTE	31	34	19	54	55	21	62	121	
8	13	4	EXISTENTE	32	19	9	48	56	47	3	131	
9	13	44	EXISTENTE	33	9	36	52	57	3	49	72	
10	71	50	EXISTENTE	34	4	59	55	58	49	48	66	
11	4	33	EXISTENTE	35	24	10	57	59	3	67	112	
12	44	39	EXISTENTE	36	10	38	54	60	67	68	100	
13	50	61	EXISTENTE	37	39	53	58	61	68	2	30	
14	39	32	EXISTENTE	38	53	72	38	62	67	20	114	
15	32	15	EXISTENTE	39	72	66	41	63	20	29	132	
16	15	24	EXISTENTE	40	66	11	40	64	48	46	156	
17	15	63	7	41	11	37	16	65	46	69	97	
18	71	35	8	42	11	41	47	66	16	51	165	
19	14	23	9	43	36	70	58	67	51	7	122	
20	42	56	12	44	70	65	21	68	7	40	42	
21	5	55	16	45	70	64	25	69	40	30	120	
22	32	25	16	46	65	1	49	70	30	31	121	
23	55	18	25	47	1	52	79	71	31	58	74	
24	12	26	26	48	52	22	56					

Tabela 2: Resultado da aplicação da heurística

Os trechos da rede de gasoduto, na Tabela 2, com distância “EXISTENTE” já estão construídos, ou seja, com peso igual a “0” para implementação. A ordenação das



conexões consiste na sequência de construção dos trechos para que a próxima cidade seja anexada à rede de gasodutos, pois apresentam a menor distância até a rede, significando um provável custo menor de implementação. Desta forma são apresentadas as 71 conexões do gasoduto resultante, sendo 16 delas já existentes.

Os trechos do gasoduto a serem construídos para integração de toda a rede totalizam 3358 Km e são demonstrados em vermelho na Figura 2.

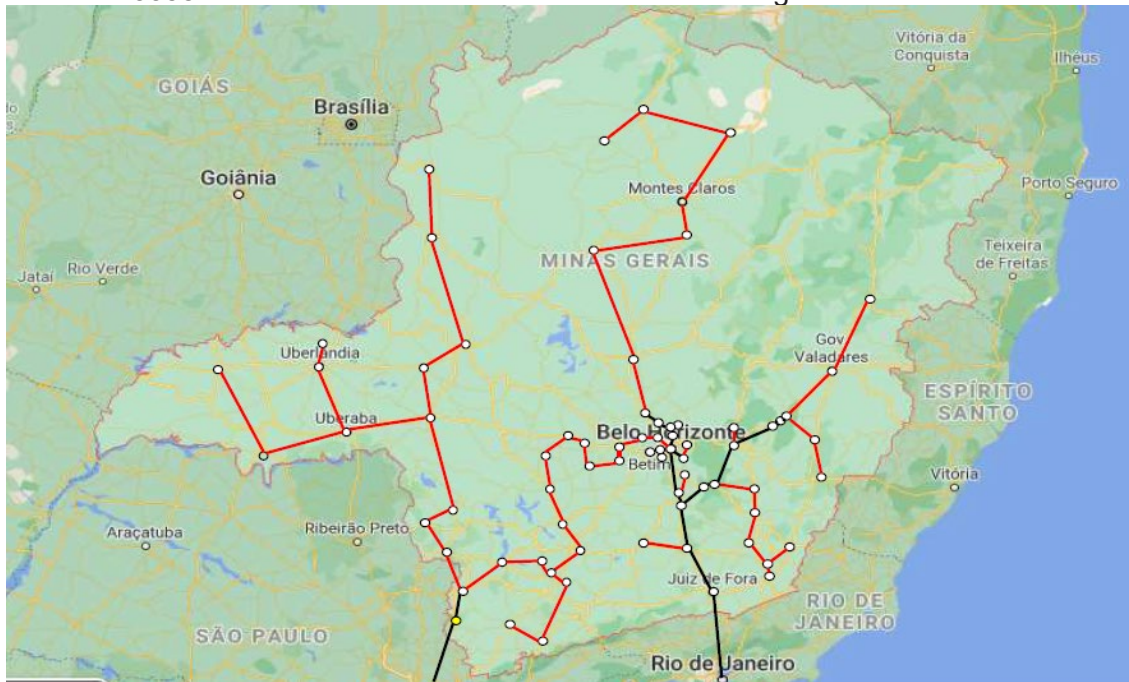


Figura 2 - Rede de gasodutos aproveitando a infraestrutura já existente (linhas em preto) Fonte: Adaptado de (GOOGLE, INC, 2021)

3. CONCLUSÃO

A crescente descoberta de novas fontes de combustíveis gasosos e o contínuo aumento de demanda energética implicam na necessidade de melhoria da infraestrutura de rede de fornecimento destes gases para aumento da capacidade industrial das cidades brasileiras.

Através do algoritmo heurístico, baseado no método de Prim, foi possível elaborar uma árvore geradora mínima conectando as 72 maiores cidades do estado de Minas Gerais, sendo apresentado, na Figura 2, o resultado utilizando a infraestrutura de gasoduto já existente. Esta heurística se mostrou muito eficiente pois forneceu um excelente resultado e necessitou de pouco tempo de processamento, além de possibilitar ao decisor visualizar uma ordenação da construção dos trechos de forma a anexar, a cada passo, uma cidade à rede de gasodutos, sendo esta a principal contribuição deste trabalho. Vale ressaltar que para este trabalho foram utilizadas as distâncias geográficas entre as cidades como “peso”, entretanto, também podem ser utilizados os custos estimados dos trechos para um melhor apoio à decisão.

4. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (02 de Julho de 2021): "Gasodutos de Transporte - Instalações". Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: <https://www.gov.br/anp/pt->



br/assuntos/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/transporte-de-gas-natural/gasodutos-de-transporte/gasodutos-de-transporte-instalacoes

CBIE (11 de Dezembro de 2020): "Como é transportado o gás natural no Brasil?" Acesso em 05 de Julho de 2021, disponível em CBIE – Centro Brasileiro de Infra Estrutura: <https://cbie.com.br/artigos/como-e-transportado-o-gas-natural-no-brasil/>

CBIE. (14 de Agosto de 2020): "O que é o shale gas?" Acesso em 05 de Julho de 2021, disponível em CBIE – Centro Brasileiro de Infra Estrutura: <https://cbie.com.br/artigos/o-que-e-o-shale-gas/>

CETESB (Março de 2020): "Biogás". Acesso em 17 de Julho de 2021, disponível em CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/>

DELGADO F. (15 de Fevereiro de 2019): "O shale gas à espreita no Brasil". Acesso em 05 de Julho de 2021, disponível em Cenários Gás: <https://cenariosgas.editorabrasilenergia.com.br/o-shale-gas-a-espreita-no-brasil/>

FIGLIORINI M., HEDLUND K. F., GRAEPIN C., SILVA T. C., DE AZEVEDO F. C., & KEMERICH P. D. (2013): "Gás natural: potencialidades de utilização no Brasil". Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, Vol. 10, págs. 2251-2265.

GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A. (19 de Maio de 2012). "Descoberto em 2007, pré-sal guarda 50 bilhões de barris de petróleo". Acesso em 31 de Maio de 2021, disponível em Globo.com:

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/05/descoberto-em-2007-pre-sal-guarda-50-bilhoes-de-barris-de-petroleo.html>

GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A. (20 de Junho de 2021): "Produtores do Paraná geram e vendem energia elétrica através de biodigestores." Acesso em 17 de Julho de 2021, disponível em Globo Rural: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2021/06/20/produtores-do-parana-geram-e-vendem-energia-eletrica-atraves-de-biodigestores.ghtml>

GOOGLE, INC. (05 de Agosto de 2021): "Google Maps". Acesso em 18 de Julho de 2021, disponível em Google Maps: <https://www.google.com.br/maps/place/Minas+Gerais/@-19.0687764,-43.947461,6.5z/data=!4m5!3m4!1s0xa690a165324289:0x112170c9379de7b3!8m2!3d-17.930178!4d-43.7908453>

IBGE (2020): "Estimativas da População". Acesso em 01 de Junho de 2021, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>

NOVA TRANSPORTADORA DO SUDESTE S/A - NTS. (2017): "Mapa das Instalações". Acesso em 06 de Julho de 2021, disponível em NTS: <https://www.ntsbrasil.com/pt/sistemas/>

PRIM R. C. (1957): "Shortest Connection Networks And Some Generalizations". The Bell System Technical Journal, Vol. 36, pp.1389-1401.

SOARES T. R., & DE SOUZA S. D. (2020): "Análise da concorrência e concentração da indústria siderúrgica brasileira através do modelo ECD". Anais Eletrônicos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep.



OPTIMIZACIÓN INTEGRADA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE PELLETS DE MADERA

IGNACIO VITALE¹– MARIANA E. CÓCCOLA² – MATÍAS GONZÁLEZ²– RODOLFO G. DONDO¹

¹INTEC -Universidad Nacional del Litoral - CONICET

²Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concepción del Uruguay
vitalenacho@gmail.com - marcoccola@santafe-conicet.gov.ar- camailen@hotmail.com - rdondo@santafe-conicet.gov.ar

RESUMEN

Este trabajo desarrolla un algoritmo de descomposición que utiliza la técnica de Generación de Columnas en primer lugar y luego un modelo matemático lineal entero-mixto (MILP) para optimizar las actividades de aprovisionamiento, producción, inventario y distribución en la cadena de suministro de pellets de madera. El objetivo del problema es minimizar la suma de todos los costos operativos relacionados al uso de residuos forestales para su conversión en un biocombustible sólido que pueda ser utilizado en las industrias o para la calefacción residencial. La potencialidad del algoritmo de optimización se demuestra mediante la resolución de un caso de estudio real.

Palabras Clave: OPTIMIZACIÓN – CADENA DE SUMINISTRO – BIOMASA FORESTAL – PELLETS – PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA.

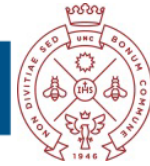
ABSTRACT

This work presents a decomposition algorithm, which first uses the Column Generation technique and then a mixed-integer linear mathematical model (MILP), for the integrated optimization of supply, production, inventory, and distribution activities in the supply chain of wood pellets. The main goal is to minimize the sum of operating costs concerning the use of forest residues for their conversion into a solid biofuel that can be used in industries or for residential heating. The potentiality of the optimization algorithm is demonstrated through the resolution of a real-life case study.

Keywords: OPTIMIZATION – SUPPLY CHAIN – FORESTRY BIOMASS – PELLETS – MATHEMATICAL PROGRAMMING.

1. INTRODUCCIÓN

Con 1.2 millones de hectáreas de bosques implantados y un volumen de producción que supera ampliamente la capacidad de procesamiento de la industria, Argentina genera anualmente grandes cantidades de residuos forestales que pueden ser aprovechados con fines bioenergéticos. La energía derivada de la biomasa forestal se presenta como una alternativa eficaz para disminuir el uso de combustibles sólidos, cuya quema representa una de las mayores fuentes de emisiones de gases invernadero, con todo lo que eso implica para la temperatura de nuestro planeta y el cambio climático. Además, la utilización de los residuos de madera como materia prima en otros procesos productivos promueve la apertura de nuevos negocios en el sector forestal-industrial, generando nuevos puestos de trabajo y fortaleciendo el desarrollo regional.



Este trabajo se focaliza en la utilización de los residuos leñosos para su conversión en pellets de madera, un producto de alto poder calorífico que puede ser utilizado en la industria o para calefacción residencial. Los pellets son un combustible a base de madera comprimida de forma cilíndrica que se fabrican utilizando residuos de cosecha de plantaciones forestales o subproductos generados en la transformación primaria y secundaria de la madera, tales como aserrín, viruta, despuntes y costaneros de rollizos. El Documento Técnico N° 19 publicado en el año 2020 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), destaca que en Argentina la oferta de biomasa proveniente de las industrias forestales representa aproximadamente 3.129.360 t/año. Las provincias con mayor oferta disponible son Misiones, Corrientes y Entre Ríos, constituyendo el 87% del total nacional. Una de las principales limitantes para el uso de esta biomasa son los altos costos logísticos asociados a la recolección y traslado de los residuos hacia las plantas de conversión. Los residuos leñosos se caracterizan por tener una baja densidad energética y están localizados geográficamente de manera dispersa. Su alto contenido de humedad y su baja densidad aparente resultan en un requerimiento de gran capacidad de transporte y almacenamiento. El trabajo de revisión sobre cadenas de suministro de pellets de madera publicado por Visser, Hoefnagels y Jungimger (2020) destaca que los costos operativos son fuertemente dependientes de las condiciones específicas de cada región, siendo los costos más importantes a lo largo de toda la cadena de suministro (CS) aquellos asociados a la adquisición de la materia prima y los costos derivados de las operaciones de producción, incluyendo la biomasa adicional que se requiere para las operaciones de secado de los residuos húmedos dentro de la planta. En este sentido, resulta imprescindible realizar un adecuada planificación y gestión de las actividades logísticas que se desarrollan en toda la CS con el objetivo de generar un producto que sea rentable para la compañía y de esta manera contribuir al desarrollo de la industria de pellets de madera en Argentina, a la vez que se favorece el cuidado del medio ambiente a través del uso responsable de los recursos disponibles.

2. ESTRUCTURA DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PELLETS DE MADERA

Como se muestra en la Figura 1, aguas arriba de la CS (“upstream”), la logística de la biomasa comprende operaciones interdependientes relacionadas a la recolección, almacenamiento, y transporte de esta hacia los centros de conversión. A su vez, la logística de salida (“downstream”) incluye actividades vinculadas con el almacenamiento y distribución del producto terminado hacia los centros de consumo.

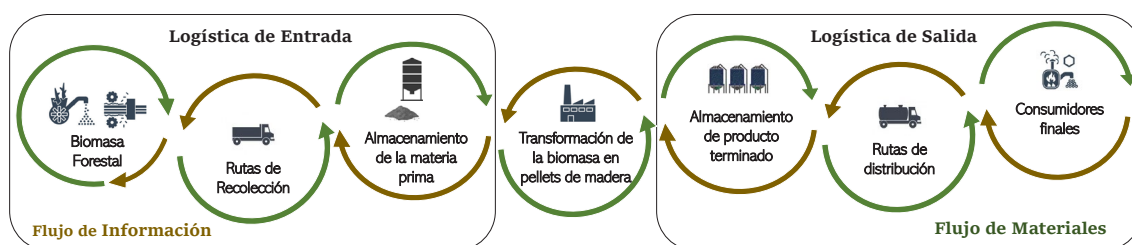


Figura 1: Cadena de suministro de pellets de madera

Los residuos de cosecha de las plantaciones forestales o los subproductos de los aserraderos son las principales fuentes de materias primas de las plantas productoras de pellets. La biomasa forestal se transporta hacia los centros de conversión utilizando camiones con capacidades limitadas de carga, tanto en peso como en volumen. Los materiales húmedos, como el aserrín o los chips de madera, pueden



ser almacenados al aire libre, pero aquellos materiales secos, como la viruta, tienen que estar protegidos en áreas cubiertas o silos de almacenamiento. El proceso de producción de pellets incluye las siguientes etapas: (i) secado de residuos (para reducir el contenido de humedad a un 10% aproximadamente), (ii) reducción del tamaño de partículas, (iii) pelletizado, (iv) enfriamiento, (v) filtrado y (vi) embolsado. Los pellets pueden ser almacenados a granel en silos o empaquetados en bolsas de 15-25 kg. Finalmente, el producto terminado se transporta hacia los centros de distribución mediante camiones con capacidad de carga limitada. El objetivo del problema planteado en este trabajo es minimizar los costos operativos totales para determinar el precio de venta por tonelada de producto que resulta rentable para la compañía.

3. ENFOQUE DE OPTIMIZACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La estructura presentada en la Figura 1 se representa matemáticamente a través del conjunto $I = \{I^S \cup I^F \cup I^C\}$, para identificar a las fuentes de residuos forestales I^S , las plantas de producción I^F y los centros de distribución I^C que integran la CS. Cada par de nodos (i, j) en dicha red está conectado por un segmento de ruta caracterizado por una distancia y un tiempo de viaje. El periodo de planificación involucra múltiples periodos de tiempo $T = \{t_1 \dots t_t\}$, representando cada elemento de ese conjunto una semana de actividad en la CS. Además, se definen los conjuntos $M = \{\text{aserrín, viruta, chip}\}$ y $K = \{\text{granel, bolsa}\}$ para identificar a las materias primas y los tipos de productos, respectivamente, que se movilizan a lo largo de la CS. Cada centro de distribución $i \in I^C$ requiere una determinada cantidad de producto d_{ikt} durante cada periodo del horizonte de planificación. Para satisfacer dicha demanda, se considera la posibilidad de reabastecer los centros de consumo con la cantidad solicitada en cada periodo (“order-based-resupply” - OBR) o administrar sus inventarios mediante la estrategia conocida como “vendor-managed inventory” (VMI). El movimiento de los residuos desde su origen hacia las plantas de conversión y la distribución del producto terminado, aguas abajo en la CS, se realiza utilizando una flota de camiones con capacidad de transporte limitada. En un mismo viaje solo se puede transportar un tipo de material. El costo de cada viaje se calcula teniendo en cuenta la distancia recorrida por el camión y la cantidad de toneladas de material transportado. En caso de que el camión no viaje a carga completa, la compañía productora de pellets se hace cargo de pagar un aforo mínimo que representa el 80% de la capacidad de carga del transporte utilizado. Cualquier ruta de recolección de residuos o de distribución de producto terminado se considera factible cuando se cumplen las restricciones de capacidad de carga, tanto en peso como en volumen, y cuando la duración total de la ruta es menor a un determinado tiempo t_{max} . En el modelo de optimización también se definen restricciones para monitorear la cantidad disponible de materia prima o de producto terminado al final de cada semana de planificación en cada nodo de la CS. Los niveles de inventarios de residuos, en proveedores y plantas de producción, y los niveles de inventarios de producto terminado, en plantas de producción y centros de distribución, deben permanecer entre los niveles mínimos y máximos establecidos por los datos del problema. Al comienzo del horizonte de planificación se considera un inventario inicial de materias primas y producto terminado en cada nodo de la CS, según corresponda. Cada planta $i \in I^F$ puede producir una cantidad a determinar de cada tipo de producto P_{ikt} durante cada periodo de planificación. Dicha cantidad es una variable de decisión cuyo valor debe estar acotado por los límites operativos mínimos y máximos de producción en la planta $[p_i^{min}, p_i^{max}]$. Se considera que el proceso de secado de la materia prima en la planta se realiza a través del consumo de aserrín húmedo. De esta manera, el modelo debe determinar para cada periodo de tiempo, la cantidad de materia prima que se destina a



la producción de pellets y qué cantidad se utiliza como combustible para la generación de calor en el horno de secado. Una vez superada la etapa de pelletizado, se continúa con los procesos de enfriamiento y filtrado, en donde se descartan los pellets dañados, los cuáles entran a reproceso en el periodo siguiente. Los costos de operación que se consideran en la función objetivo son:

- Costos de compra de los residuos forestales. La cantidad de materia prima ofrecida por cada proveedor en cada periodo de tiempo es un dato del problema.
- Costos de traslado de los residuos desde las áreas de cosecha o aserraderos hacia las plantas de conversión.
- Costos de transporte de los productos desde las plantas de producción hacia los centros de distribución.
- Costos de almacenamiento de materias primas y productos en las distintas instalaciones de la CS.
- Costos de producción proporcionales a la cantidad de toneladas procesadas de cada tipo de producto por periodo de tiempo.

En cada periodo de tiempo del horizonte de planificación, la estrategia de optimización debe determinar:

- La cantidad de cada tipo de residuo que se recolecta de cada proveedor.
- La cantidad de pellets a granel y embolsadas producidas en cada planta.
- La cantidad de camiones asignados a cada ruta de recolección de materias primas.
- La cantidad de camiones asignados a cada ruta de distribución de productos.
- La cantidad de toneladas de cada tipo de producto entregadas a cada centro de distribución.

4. ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN

El problema de optimización planteado se caracteriza por tener una difícil resolución computacional, debido a la gran cantidad de variables de decisión involucradas. Sin embargo, su estructura matemática permite desacoplar las decisiones de enrutamiento del resto de las variables del modelo y esto posibilita descomponer la optimización en dos etapas, tal como se muestra en la Figura 2.

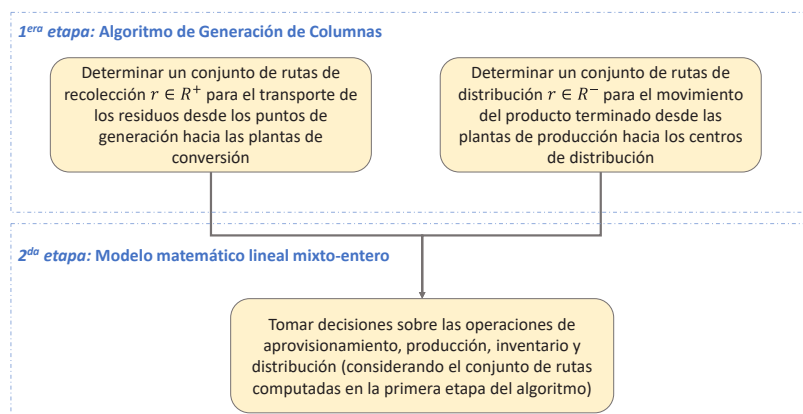


Figura 2: Estructura del algoritmo de optimización de dos etapas

La primera etapa del algoritmo de optimización determina las rutas de recolección de residuos y las rutas de distribución de productos que resultan prometedoras para la solución del problema. Dado que ambos problemas de enrutamiento son de tipo NP-hard y su dificultad de resolución crece exponencialmente con el número de



instalaciones (proveedores, fábricas, centros de distribución) de la CS, en este trabajo se propone utilizar el algoritmo de Generación de Columnas como técnica para determinar el conjunto de rutas candidatas. Otros enfoques eficientes, como heurísticas o metaheurísticas, podrían también ser utilizados. Los conjuntos de rutas R^+ y R^- y el resto de la información representan la base de datos que el modelo matemático MILP utiliza en la segunda etapa del procedimiento de optimización, y a través del cual se toman las decisiones restantes de aprovisionamiento, producción, inventario y distribución. Además, en esta segunda etapa se seleccionan las rutas a utilizar durante cada periodo de tiempo y la cantidad de camiones que se asignan a cada una de estas.

5. CASO DE ESTUDIO

La estrategia de optimización propuesta se utilizó para resolver un caso de estudio de la provincia de Entre Ríos, en donde funcionan más de 200 aserraderos, que transforman en subproductos alrededor del 65% de la madera que procesan. Se considera una CS con 29 aserraderos, 1 fábrica y 4 centros de distribución, uno de ellos localizado en el puerto de Concepción del Uruguay y que se utiliza para la exportación de producto embolsado a la Unión Europea, uno de los mayores consumidores de pellets de madera a nivel mundial. El resto de los centros abastecen al consumo interno, requiriendo pellets a granel para el suministro a fábricas que no tienen acceso a la red de gas natural o pellets embolsadas para su venta en mercados tales como camas sanitarias de animales domésticos. Hay que notar que en Argentina el mercado de pellets para calefacción residencial no se encuentra desarrollado. La ubicación de las instalaciones en la CS y demás datos del caso de estudio se pueden obtener accediendo a <https://vitalenacho.github.io/PelletsMaps/CasoBase>. El algoritmo de optimización fue desarrollado en GAMS 34.3.0 y ejecutado sobre una PC con 8 GB de RAM y 8 núcleos con 16 hilos a 2.9 GHz, utilizando CPLEX como resolvidor MIP. La primera etapa del algoritmo requirió 16 minutos de cómputo para determinar un conjunto de 127 rutas de recolección alternativas y 6 potenciales rutas de distribución. El modelo MILP de la segunda etapa reportó, después de 117 segundos de procesamiento, una solución de USD 555564.01 como mínimo costo operacional total, para un horizonte de planificación de 12 semanas y considerando los conjuntos de rutas preestablecidos en la primera etapa del procedimiento. Los resultados obtenidos en la función objetivo del problema se resumen en la Tabla 1.

Descripción	Costo (USD)	Porcentaje del total
Costos Totales	555564.01	100.00%
Costos de distribución	206082.96	37.09%
Costos de recolección	96067.15	17.29%
Costos de inventario de productos	2522.42	0.45%
Costos de inventario de residuos	308.41	0.06%
Costos de producción	192406.13	34.63%
Costos de compra de residuos	57938.78	10.43%

Tabla 1: Costos operativos para el caso de estudio

En las Figuras 3 y 4 se detallan, respectivamente, las toneladas de residuos adquiridas y las toneladas de pellets producidas en cada semana del horizonte de planificación.



Compra de residuos en Planta

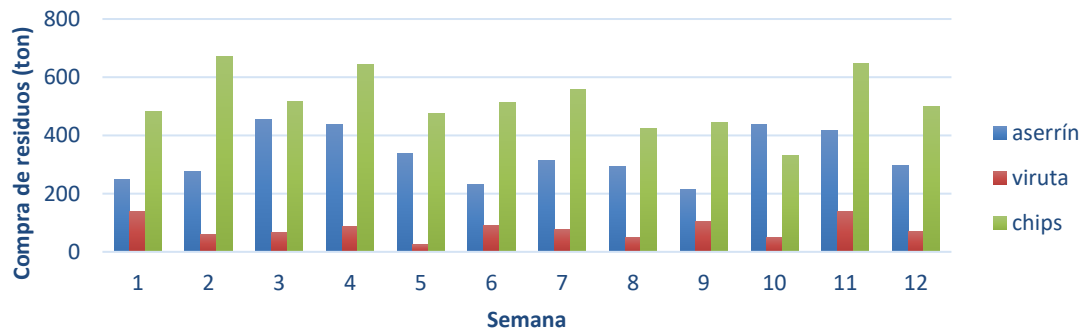


Figura 3: Toneladas de residuos comprados semanalmente por la compañía

Producción de Pellets

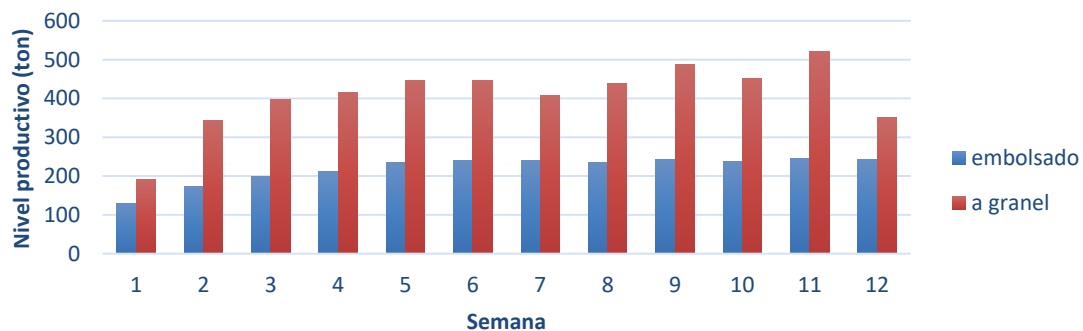


Figura 4: Toneladas de pellets producidas semanalmente en la planta

6. CONCLUSIONES

Se presentó en este trabajo un algoritmo de dos etapas para optimizar en forma integrada las actividades logísticas en la CS de una empresa productora de pellets de madera. La resolución de un caso de estudio demostró la potencialidad de la estrategia de optimización propuesta como herramienta de toma de decisiones para cualquier compañía productora de pellets que quiera instalarse en la región con el objetivo de potenciar el mercado emergente de la bioenergía en nuestro país, aprovechando los residuos generados por las actividades del sector forestal-industrial.

7. REFERENCIAS

FAO. (2020): “Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina. Colección Documentos Técnicos N.º 19”. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/ca8764es>.

VISSER L., HOEFNAGELS R. y JUNGIMGER M. (2020): “Wood pellet supply chain costs-A review and cost optimization analysis”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 118.



OPTIMIZACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS URBANOS A TRAVÉS DEL SECUENCIAMIENTO DE MICRO-RUTAS: UN CASO DE APLICACIÓN EN BAHÍA BLANCA

SOFÍA A. MOLFESSE GRECO¹ - DIEGO G. ROSSIT^{1,2} - ANTONELLA CAVALLIN¹ - MARIANO FRUTOS^{1,3}

¹Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur

²Instituto de Matemática de Bahía Blanca UNS-CONICET

³Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur UNS-CONICET

sofiamolfeseg@gmail.com - diego.rossit@uns.edu.ar - antonella.cavallin@uns.edu.ar - mfrutos@uns.edu.ar

RESUMEN

La gestión de residuos sólidos urbanos es una actividad fundamental en las ciudades actuales debido a los problemas ambientales, sociales y económicos que acarrea su mal funcionamiento. En este trabajo se aborda el secuenciamiento de micro-rutas en la ciudad de Bahía Blanca, el cual se modela como un problema de ruteo de vehículos con restricciones de tiempo de la jornada laboral de los choferes y de capacidad del vehículo. Se presenta un modelo matemático basado en programación mixta-entera y se resuelve una instancia simulada del mismo en base a datos reales y aproximados de la literatura. Estos resultados preliminares demuestran la capacidad del modelo para resolver las instancias realistas del problema abordado.

Palabras Clave: OPTIMIZACIÓN - RUTEO DE VEHÍCULOS - MICRO-RUTAS - RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

ABSTRACT

Municipal solid waste management is a paramount activity in modern cities due to the environmental, social and economic problems that can arise when mishandled. In this work, the sequencing of micro-routes in the city of Bahía Blanca is addressed, which is modeled as a vehicle routing problem with restrictions on the time of the driver's working day and the vehicle's capacity. Particularly, we present a mathematical formulation based on mixed-integer programming and we solve a simulated instance based on real and simulated data. These preliminary results demonstrate the competitiveness of the approach to resolve realistic instances of the target problem.

Keywords: OPTIMIZATION - VEHICLE ROUTING - MICRO-ROUTES - MUNICIPAL SOLID WASTE.

1. INTRODUCCIÓN

Es conocida la problemática que puede ocasionar una inadecuada gestión de los grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos (RSU) que se generan en diversas aglomeraciones urbanas de nuestro país (Poletto et al., 2016). Esta problemática no sólo tiene implicancias ambientales, sino también económicas y sociales. En la ciudad de Bahía Blanca actualmente se recolectan más de 9 mil toneladas mensuales de RSU. La gestión de este sistema consume aproximadamente el 30% del presupuesto del gobierno municipal. La recolección se efectúa con un mecanismo puerta a puerta donde el vehículo compactador que recolecta los RSU debe pasar por todos los domicilios, todos los días de la semana a excepción del domingo.



Con miras a la mejora de la eficiencia del proceso de recolección de RSU, la planificación de rutas se presenta como una potencial estrategia que requiere un gran trabajo de investigación y desarrollo. En Argentina, el diseño de rutas de recolección de RSU se basa mayormente en conocimientos empíricos de los tomadores de decisiones (Cavallin et al., 2016). Sin menospreciar el invaluable aporte que puede realizarse desde la práctica y la experiencia, la bibliografía es amplia en el aporte tanto en términos de reducción de costos como de impacto ambiental que pueden brindar la utilización de técnicas de apoyo a la toma de decisiones.

Se han hecho varios aportes en distintas ciudades argentinas. Por ejemplo, en la ciudad de Río Cuarto se han diseñado varios algoritmos para diseñar las rutas de recolección de residuos infecciosos, incluyendo combinaciones de técnicas exactas y heurísticas (Simón et al., 2012) y algoritmos puramente heurísticos (Méndez et al., 2010). En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Bonomo et al. (2012) también trabajaron optimizando las rutas teniendo como objetivo no sólo minimizar las distancias de recorrido sino también minimizar el desgaste de los vehículos. En San Miguel de Tucumán, Bianchetti (2015) presenta un algoritmo para resolver la zonificación de la ciudad a los efectos de optimizar el uso de los recursos, reasignando vehículos hacia la zona céntrica de la ciudad. En Morón, Braier et al. (2017) elaboraron un modelo de programación entera para la recolección de residuos reciclables. En Bahía Blanca, Fermani et al. (2021) compararon distintas herramientas meta-heurísticas para resolver el problema de diseño de las rutas de recolección en un barrio de la ciudad.

En cuanto al secuenciamiento de micro-rutas (definidas como barrios o sectores de la ciudad que aglutinan un conjunto de domicilios cuyos residuos son recolectados de manera continua por un vehículo compactador), Vargas et al. (2021) realizaron un estudio en la ciudad de Medellín aplicando una heurística de dos etapas.

En general, los recorridos internos de las micro-rutas se encuentran optimizados dada la experiencia del personal a cargo. Por ende, en este trabajo se considera a las micro-rutas como fijas y el problema que se aborda para mejorar la logística de recolección es el secuenciamiento de las mismas, esto es, qué micro-rutas debe visitar el vehículo en cada uno de los recorridos. En la FIGURA 1 se muestran las quince micro-rutas diurnas de la ciudad que se utilizarán en esta instancia. A modo de ejemplo, en la FIGURA 2 se presenta un recorrido interno de una micro-ruta. El modelo se basa en el conocido CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem), al cual se le incorporan micro-rutas existentes y restricciones de tiempo de la jornada laboral de los choferes.

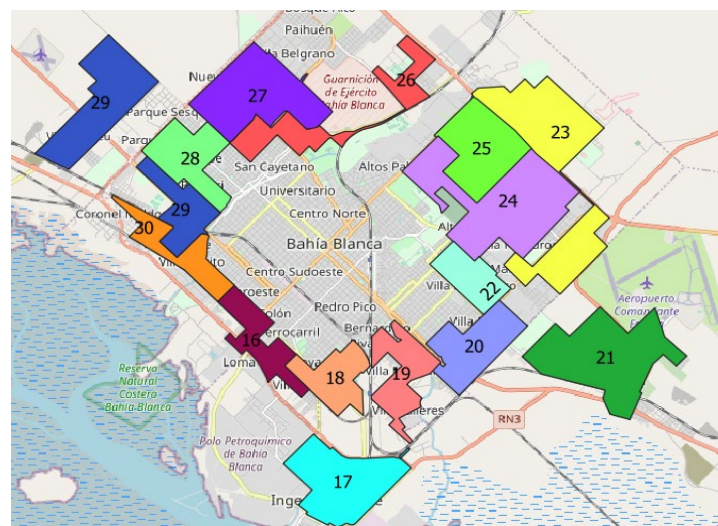


FIGURA 1. Micro-rutas diurnas en Bahía Blanca.

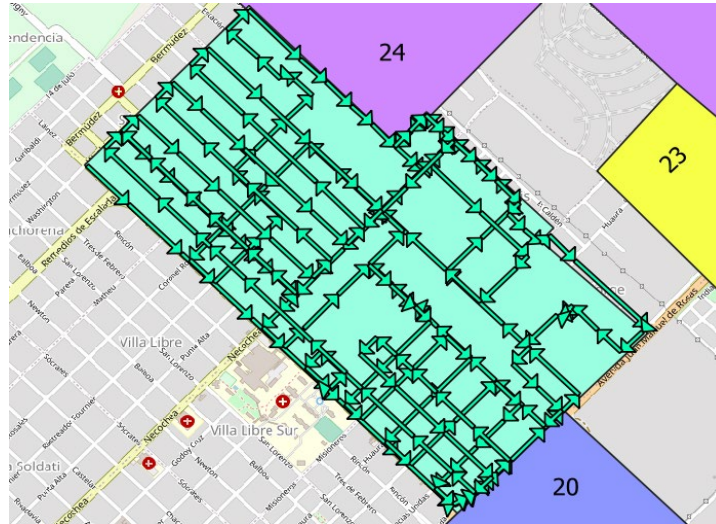


FIGURA 2. Ejemplo de recorrido interno de la micro-ruta 22.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el modelo matemático; en la sección 3 se presentan y analizan los resultados preliminares; y en la sección 4 se presentan las conclusiones y se describen las principales líneas de trabajo a futuro.

2. MODELO MATEMÁTICO

El problema de recolectar los residuos generados en cada micro-ruta se puede modelar como un problema de enrutamiento de vehículos con restricción de capacidad y límite de tiempo. El mismo puede formularse matemáticamente de la siguiente forma:

Dado el conjunto M de micro-rutas se considera $M' = M \cup \{0\}$ donde 0 representa el lugar de inicio y finalización del recorrido de todos los vehículos (relleno sanitario) y se definen las siguientes variables: La variable binaria x_{ij} que toma el valor 1 si un vehículo utiliza el camino desde la micro-ruta $i \in M'$ a la micro-ruta $j \in M'$ y toma el valor 0 en caso contrario. La variable continua positiva u_i que indica la carga del vehículo luego de visitar la micro-ruta $i \in M$. La variable auxiliar continua positiva t_i para las restricciones de factibilidad de tiempo, la cual se asocia al momento de tiempo luego de pasar por la micro-ruta $i \in M$.

Luego se definen los parámetros Q como la capacidad en kilogramos de cada vehículo de la flota homogénea, d_{ij} como la distancia entre la salida de la micro-ruta $i \in M'$ y la entrada de la micro-ruta $j \in M'$, q_i como la cantidad en kilogramos de residuos a recolectar en la micro-ruta $i \in M$, s_j como el tiempo de recolección en la micro-ruta $j \in M$, h_{ij} como el tiempo en horas que le toma a un vehículo ir desde $i \in M'$ hasta $j \in M'$ y T como el tiempo máximo en horas permitido para una ruta.

De esta forma, se plantea el siguiente modelo matemático utilizando la formulación de dos índices propuesta por Miller et al. (1960) en las ecuaciones (1) - (9).

$$\min \sum_{i,j \in M', \forall j \neq i} x_{ij} d_{ij} \quad (1)$$



Sujeto a:

$$\sum_{j \in M, \forall j \neq i} x_{ij} = 1, \forall i \in M \quad (2)$$

$$\sum_{j \in M, \forall j \neq i} x_{ji} = 1, \forall i \in M \quad (3)$$

$$u_i - u_j \leq Q(1 - x_{ij}) - q_j, \forall i, j \in M, i \neq j \quad (4)$$

$$q_i \leq u_i \leq Q, \forall i \in M \quad (5)$$

$$t_i - t_j \leq T(1 - x_{ij}) - s_j - h_{ij}, \forall i \in M', j \in M, i \neq j \quad (6)$$

$$t_i + h_{i0} \leq T(1 - x_{i0}) + T, \forall i \in M \quad (7)$$

$$0 \leq t_i \leq T, \forall i \in M' \quad (8)$$

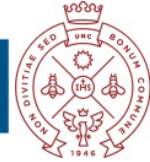
$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \in M', j \neq i \quad (9)$$

El objetivo planteado consiste en minimizar la distancia total recorrida y se expresa en la ecuación (1). Las ecuaciones (2) y (3) garantizan que cada micro-ruta sea visitada una única vez, teniendo una única micro-ruta sucesora y una única micro-ruta predecesora en la ruta. La ecuación (4) impide la formación de sub-tours. La ecuación (5) garantiza que la capacidad de los vehículos no sea sobrepasada. Las ecuaciones (6), (7) y (8) son restricciones de tiempo máximo. La ecuación (9) establece la naturaleza binaria de la variable x_{ij} .

3. RESULTADOS PRELIMINARES

En este trabajo se aborda una instancia preliminar del problema. Para ello se recolectaron diferentes datos a través de la empresa concesionaria del servicio de recolección de RSU en Bahía Blanca (Bahía Ambiental SAPEM) y de proyectos de transferencia que fueron realizados previamente (Cavallin et al., 2020; Rossit et al., 2021). De estas formas, se tomaron valores promedios de cantidad de kilogramos de residuos recolectadas en cada micro-ruta (parámetro q_j). Los tiempos de servicio de cada micro-ruta (parámetro s_j) se estimaron a partir de los recorridos internos y de una estimación de la velocidad promedio del vehículo recolector. Los tiempos de viaje entre micro-rutas se estimaron a partir de OSRM¹ mediante el procedimiento descrito en Vázquez (2018). La jornada laboral (parámetro T) se fijó en 6 horas. El vehículo recolector tiene una capacidad de 21 m³ de acuerdo a la flota de la empresa que gestiona la recolección de RSU en la ciudad.

¹ <http://project-osrm.org>



El modelo matemático de la sección 2 fue escrito en el lenguaje de modelado GAMS y se utilizó CPLEX 20.1 para la resolución. El tiempo de ejecución fue de 1110 milisegundos. En la TABLA 1 se presenta la conformación de las rutas.

Ruta	Micro-rutas	Tiempo de viaje y recolección total (en hrs.)	Cantidad total de residuos recolectados (en kg)	Distancia total recorrida (en km)
I	17 y 19	5,1	15.599	20,05
II	20	2,5	7.837	16,39
III	21	3,9	5.912	8,83
IV	22 y 25	5,7	13.330	26,23
V	23	5,1	6.659	22,95
VI	24	4,6	8.191	21,25
VII	26	4,1	7.652	29,71
VIII	27 y 18	5,9	14.925	35,93
IX	28 y 16	5,1	13.433	32,24
X	29 y 30	5,9	15.532	37,17
			Distancia total	250,75

El resultado verificó las condiciones de optimalidad.

TABLA 1. Resultados de las rutas de recolección.

De los resultados preliminares de la TABLA 1 se plantea como solución la formación de 10 rutas de las cuales 5 de ellas están formadas por 2 micro-rutas y las 5 restantes por una micro-ruta. De esta forma, el tamaño de flota mínima necesaria para satisfacer la recolección de residuos sólidos en la ciudad de Bahía Blanca sería de 10 vehículos compactadores con capacidad de 21 m³ cada uno. Con la secuenciación propuesta en la TABLA 1 se minimiza la distancia total a recorrer por los vehículos lo cual se traduce en una disminución de costos.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Del análisis de los resultados preliminares se desprende que el modelo propuesto es capaz de resolver la instancia del problema que, si bien, posee algunos datos aproximados, coincide con el tamaño real del problema.

Como trabajo futuro, este modelo podría ampliarse incorporando al mismo la evaluación de instalar una planta de transferencia en un lugar intermedio entre la ciudad y el relleno sanitario. De esta forma se podría evaluar en ambas instancias, con y sin planta de transferencia, el ahorro en tiempos y distancias de viaje de los vehículos recolectores. Asimismo, esto deberá ser acompañado de un análisis de costos que permita discernir si los costos de la instalación y puesta en funcionamiento de la planta de transferencia podrían compensarse, y en qué plazo sucedería esta compensación, por los menores costos de transporte de la recolección diaria.

5. REFERENCIAS

BIANCHETTI M. (2015): "Algoritmos de zonificación para recolección de residuos". Tesis de grado. Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.



BONOMO F., DURÁN G., LARUMBE F. y MARENCO J. (2012): “A method for optimizing waste collection using mathematical programming: A Buenos Aires case study”. *Waste Management & Research*, vol. 30 (3), pp. 311-324.

BRAIER G., DURÁN G., MARENCO J. y WESNER F. (2017): “An integer programming approach to a real-world recyclable waste collection problem in Argentina”. *Waste Management & Research*, vol. 35 (5), pp. 525-533.

CAVALLIN A., ROSSIT D., FRUTOS M. y VIGIER, P. (2016): Eficiencia en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos: análisis y evaluación. IX Congreso de Ingeniería Industrial. Salta, Argentina.

CAVALLIN A., ROSSIT D., HERRAN SYMONDS V., ROSSIT D. y FRUTOS M. (2020): “Application of a methodology to design a municipal waste pre-collection network in real scenarios”. *Waste Management & Research*, vol. 38 (1), pp. 117-129.

FERMANI M., ROSSIT D. y TONCOVICH A. (2021). “A simulated annealing algorithm for solving a routing problem in the context of municipal solid waste collection”. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1408, pp. 63-76.

MÉNDEZ A., SIMÓN S., PALUMBO D., CHIACHERA E. y CARNERO M. (2010): “Dos enfoques para la solución del problema de ruteo de vehículos (CVRP): Aplicación a un caso real de recolección de residuos”. *Mecánica Computacional*, vol. 29, pp. 9367-9377.

MILLER C., TUCKER A. y ZEMLIN R. (1960): “Integer programming formulation of traveling salesman problems”. *Journal of the ACM*, vol. 7, pp. 326-329.

POLETO M., DE MORI P., SCHNEIDER V. y ZATTERA A. (2016): “Urban solid waste management in Caxias do Sul/Brazil: practices and challenges”. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 10 (1), pp. 50-56.

ROSSIT D., TOUTOUH J., NESMACHNOW S. (2020): “Exact and heuristic approaches for multi-objective garbage accumulation points location in real scenarios”. *Waste Management*, vol. 105, pp. 467-481.

SIMÓN S., DEMALDÉ J., HERNÁNDEZ J. y CARNERO M. (2012): “Optimización de recorridos para la recolección de residuos infecciosos”. *Información Tecnológica*, vol. 23 (4), pp. 125-132.

VARGAS A., JARAMILLO S., RANGEL F., VILLA D. y VILLEGAS J. (2021): “Optimization models for the tactical planning of the solid waste collection operation: Case study in Colombia”. *International Conference of Production Research, ICPR - Americas 2020*, vol. 1, pp. 281-295.

VÁZQUEZ A. (2018): “Ruteo de alta performance con OSRM”. Rpubs by RStudio. Disponible en <https://rpubs.com/HAVB/osrm>.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado a través del proyecto PGI 24/ZJ39 de la Universidad Nacional del Sur y es por ello que se agradece a esta institución. Además, Sofía Molfese Greco agradece al Consejo Interuniversitario Nacional por la Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas otorgada en la convocatoria 2020. Por último, se agradece a la empresa Bahía Ambiental SAPEM y su personal por el suministro de información y las discusiones de los resultados que ayudaron a mejorar este trabajo.



OTIMIZAÇÃO DE ROTA DE TRANSPORTE LOGÍSTICO PARA POSTOS DE TELECOMUNICAÇÕES DE UMA BRIGADA DE INFANTARIA MECANIZADA

EZEQUIEL DA SILVA BASTOS¹ – EDSON LUIZ FRANÇA SENNE²

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

²Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

ezequiel@ita.br – edson.senne@unesp.br

RESUMO

Este artigo propõe a otimização do transporte logístico para postos de telecomunicações de uma Brigada de Infantaria Mecanizada. Os postos de telecomunicações formam um sistema e estão posicionados na área de ação da Brigada do Exército Brasileiro, visando atingir determinados objetivos. Porém, essa área possui grandes dimensões e o apoio logístico a esses postos é necessário para que não haja interrupções no sistema. O planejamento desse suporte precisa ter seu custo minimizado e essa otimização é buscada através de métodos exato e heurístico, os quais são comparados. A redução dos custos operacionais, apoiada em metodologia científica, leva a um melhor planejamento do transporte logístico desejado.

Palavras-chave: OTIMIZAÇÃO DE TRANSPORTE LOGÍSTICO, POSTOS DE TELECOMUNICAÇÕES, PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE.

ABSTRACT

In this article, the optimization of logistical transport to telecommunications posts of a Mechanized Infantry Brigade is proposed. The telecommunications posts form a system and are positioned in the Brazilian Army Brigade's action area, aiming to achieve certain objectives. However, this area has large dimensions and logistical support to these posts is necessary so that there are no interruptions in the system. The planning of this support needs to have its cost minimized and this optimization is sought through exact and heuristic methods, which are compared. The reduction of operating costs, supported by scientific methodology, leads to better planning of the desired logistical transport.

Keywords: LOGISTICS TRANSPORT OPTIMIZATION, TELECOMMUNICATIONS STATIONS, TRAVELING SALESMAN PROBLEM.

1. INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de se dispersar postos de telecomunicações (rádios e repetidores de enlace de rádio) para prover cobertura de rádio adequada às comunicações demandadas por uma Brigada de Infantaria Mecanizada (Bda Inf Mec) do Exército Brasileiro, faz-se necessário que a Companhia de Comunicações Mecanizada (Cia Com Mec), orgânica da Brigada e detentora dos equipamentos, planeje o apoio logístico aos postos lançados.

Esse planejamento precisa seguir as características técnicas da propagação de rádio e oferecer o mínimo acesso ao local escolhido, exigências por vezes difíceis de serem atendidas. Além disso, a Cia Com Mec realiza o apoio logístico usando seus



meios orgânicos, que são escassos, por meio de rotas que precisam ser otimizadas para cumprir essa tarefa com o menor custo operacional possível.

Os equipamentos funcionam com fonte de alimentação elétrica movida por motor a óleo diesel (OD). O motor necessita ser reabastecido periodicamente para não interromper ou prejudicar o funcionamento do posto e de todo o sistema.

Assim sendo, o presente estudo busca uma proposta de aperfeiçoamento desse planejamento, perante um caso concreto de uma operação militar de adestramento da 3ª Bda Inf Mec, proporcionando economia de combustível e tempo, bem como um melhor planejamento da dispersão dos meios de telecomunicações, no que se refere a considerações logísticas.

Essa proposta será apresentada por meio de soluções com otimização exata e heurística, tomando como base o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), e comparando-as para evidenciar suas implicações de utilização no contexto do emprego operacional militar.

2. METODOLOGIA

O PCV é descrito por um caixeiro-viajante que sai de um local de origem de um conjunto de locais e precisa visitar todos os demais locais do conjunto somente uma vez e retornar ao local de origem, de modo a otimizar um ou mais objetivos (Arenales et al., 2007). Este conjunto de locais pode ser representado por um grafo e o deslocamento do caixeiro-viajante forma um ciclo Hamiltoniano, constituído por vértices e arestas do grafo (Andreolla e Kripka, 2011).

Para aplicar o PCV a um dado problema, três questões devem ser definidas (Fernando et al., 2019):

a) orientação: foi considerado o grafo como simétrico, ou seja, sem dependência da orientação das arestas.

b) restrição de subciclos hamiltonianos: foi escolhida a formulação matemática proposta por (Miller et al., 1960) para a obtenção da solução exata do problema do presente artigo.

c) possibilidade de obtenção de solução ótima exata: o PCV fundamenta-se no cálculo de todas as possibilidades de rotas até o alcance da solução ótima (Palhares et al., 2019). Quando o tamanho do conjunto de locais é grande, o algoritmo exato passa a não ser exequível em tempo hábil (Martins e Lopes, 2014), exigindo-se muita capacidade de processamento de um otimizador computacional.

Visando a superação da questão (c), deve-se utilizar métodos heurísticos, que fundamentam-se em um tratamento intuitivo dos dados, de modo que as particularidades do problema possam ser analisadas de modo racional e inteligente (Johnson, 1974).

Neste artigo, o método heurístico adotado foi o do Vizinheiro Mais Próximo (VMP), que consiste na escolha do local mais próximo a cada deslocamento, unicamente visitado, até que o caixeiro-viajante retorne ao local de origem (Oliveira e Carravilla, 2009).

Com o intuito de refinar o resultado construído pelo algoritmo VMP, foi aplicada a heurística 2-OPT, na qual se elimina 2 arestas não adjacentes, reconectando-as a duas outras, obtendo-se uma nova rota. Repete-se esse processo até a obtenção de uma rota de custo menor (Oliveira e Carravilla, 2009).

Assim, serão comparados os resultados obtidos por meio dessas três abordagens (solução exata, heurística VMP e heurística 2-OPT) com o objetivo de apresentar implicações para o aperfeiçoamento do planejamento logístico em cenários de emprego de postos de telecomunicações em apoio a uma operação militar de uma Bda Inf Mec.

2.1. PCV aplicado ao problema

Para aplicar o algoritmo PCV, faz-se necessário o conhecimento dos locais e das distâncias ou custos que representem o trajeto entre esses locais para criar as condições de otimização da rota a ser percorrida (Matai et al., 2010).

Para o problema tratado neste artigo, os locais são os postos de telecomunicações instalados pela 6ª Cia Com Mec, cumprindo seu papel de prover à 3ª Bda Inf Mec comunicações contínuas para o exercício do comando e controle das ações a serem empreendidas (Brasil, 1998).

Assim, configurou-se um problema de minimização de distância que reduzirá o custo e o tempo do deslocamento de uma viatura ¾ Ton Agrale Marruá AM21 (caixeiro-viajante) designada para levar o suprimento pela rota a ser otimizada.

O Quadro 1 mostra os 34 postos de telecomunicações selecionados para que a viatura passe somente uma vez, partindo do ponto 1.

1	PC 3ª Bda Inf Mec (Faz Bom Sucesso)	18	P Seg 10 (Rio Preto A)
2	Rep 01 (Lagoa Brejinho)	19	Rep 04 (Furados)
3	P Seg 01 (Rio Bezerra A)	20	P Rec 01 (Rio Preto B)
4	P Seg 02 (BR-020 A)	21	P Rec 02 (Faz Capitinga)
5	P Seg 03 (BR-020 B)	22	Rep 05 (Pedra do Fogo)
6	P Seg 04 (P Cot 998)	23	PC 36º BIMEc (Faz Retiro do Buriti)
7	BLB (Faz Campo Alegre)	24	Rep 06 (P Cot 956)
8	P Seg 05 (GO-346)	25	P Rec 03 (P Cot 953)
9	Rep 02 (P Cot 912)	26	P Rec 04 (Córrego do Macaco)
10	P Seg 06 (Lagoa Santa Cruz)	27	PC 3º Esqd C Mec (Faz Periperi)
11	P Seg 07 (Entrada)	28	Rep 07 (P Cot 971)
12	PC 1ª DE (Formosa)	29	P Seg 11 (Rio Bezerra B)
13	Rep 03 (Forte Santa Bárbara)	30	P Seg 12 (Bezerrinha)
14	PC 23ª Cia Eng Cmb Mec (Lagoa do Veado)	31	PC 43º BIMEc (Santo Inácio)
15	P Seg 08 (Faz Saco da Lagoa)	32	PC 32º GAC (Lagoa do Cedro)
16	P Seg 09 (Faz Retiro)	33	P Seg 13 (Córrego do Cedro)
17	PC 22º BIMEc (Faz Pindaíba)	34	P Seg 14 (Ponte)

Quadro 1 – Locais de passagem da viatura de apoio logístico da 6ª Cia Com Mec

A Figura 1, gerada com o uso do software Google Earth®, mostra o local do estudo do presente artigo (Campo de Instrução de Formosa, próximo à cidade de Formosa, estado de Goiás, Brasil) e o grafo formado (vértices e arestas).

Com o uso desse software, foi possível também medir as distâncias entre os pontos numerados na Figura 1, correspondentes aos postos de telecomunicações operados por militares da 3ª Bda Inf Mec dispostos na área apresentada.

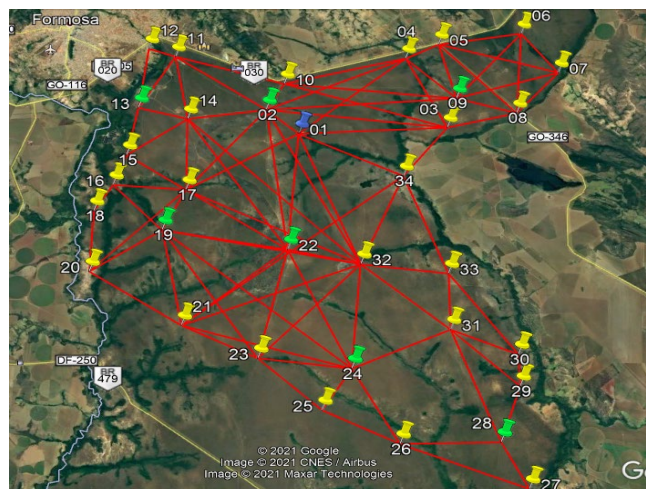


Figura 1 – Grafo do percurso da viatura de apoio logístico a ser percorrido

Fonte: Elaborado pelos autores

A solução exata do problema foi obtida modelando-se a formulação matemática de (Miller et al., 1960) por meio do software AMPL, usando o solver CPLEX®, e a solução heurística foi obtida implementando-se o algoritmo VMP com o refinamento 2-OPT em VBA® (*Visual Basic for Applications*), executado através do Microsoft Excel®.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a solução exata (ótima) obtida pelo otimizador CPLEX® no AMPL e a solução heurística do problema, obtida pela aplicação do algoritmo VMP com o refinamento 2-OPT, executada com o VBA no Microsoft Excel®.

Exata (CPLEX)		Heurística (VMP)		Heurística (VMP+2-OPT)	
Percurso (km)	Tempo (s)	Percurso (km)	Tempo (s)	Percurso (km)	Tempo (s)
122,8	8,08	133,2	2,06	133,2	2,23

Tabela 1 - Solução obtida

As Figuras 2 e 3 ilustram os grafos resultantes das soluções exata e heurística, respectivamente.

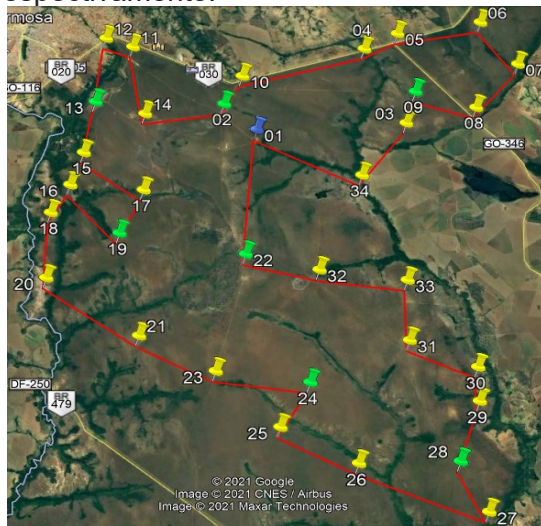


Figura 2 – Grafo resultante da rota gerada pela solução exata.

Fonte: Elaborado pelos autores.

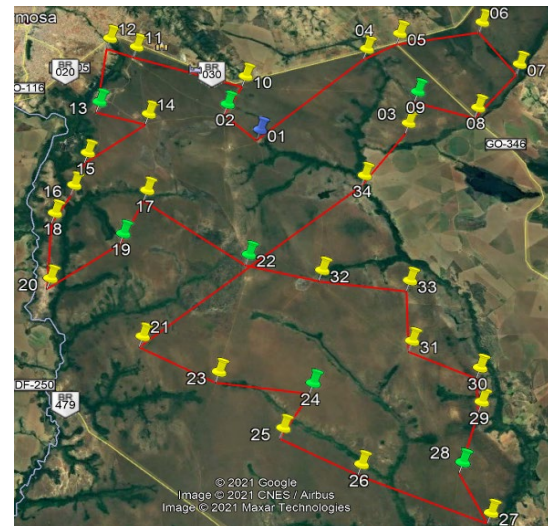


Figura 3 – Grafo resultante da rota gerada pela solução heurística do VMP.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A solução heurística, embora seja obtida mais rapidamente do que a solução exata, implica em uma rota cerca de 8% maior, comparada com a rota correspondente à solução ótima obtida.

Em termos práticos, o consumo de combustível, a 7 km/l com velocidade de 40 km/h (conforme Brasil 2002), e o tempo de deslocamento feito pela viatura logística são apresentados no Quadro 2, para os dois métodos empregados.

Solução	Distância percorrida	Consumo (OD)	Tempo de deslocamento
Solução exata (CPLEX)	122,8 km	17,54 litros	3 horas e 04 min
Solução heurística (VMP+2OPT)	133,2 km	19,03 litros	3 horas e 20 min

Quadro 2 – Consumo de combustível e tempo de deslocamento para cada solução



Comparando-se a solução exata e a solução heurística, a diferença de 10,4 km iria refletir em um consumo maior de 1,49 litros de OD pela viatura logística e por um tempo de deslocamento cerca de 16 minutos a mais por viagem realizada.

No entanto, o tempo de processamento computacional para a resolução exata do problema pelo AMPL foi de 8,08 segundos e o tempo necessário para a obtenção da solução heurística pelo Microsoft Excel® foi de 2,06 segundos. Portanto, a obtenção da solução exata levou cerca de 4 vezes mais tempo do que a obtenção da solução heurística. Deve-se observar que, para problemas de maiores dimensões, o tempo necessário para obter a solução heurística deve aumentar linearmente, enquanto o tempo necessário para obter a solução exata deve aumentar exponencialmente.

Assim, embora a solução heurística não alcance o mesmo resultado obtido pela solução exata, as diferenças a mais encontradas (em termos de distância, consumo de combustível e tempo de deslocamento) podem não ser tão relevantes, frente ao esforço computacional necessário, em particular quanto ao aumento na quantidade de postos visitados, o que valida e reforça a viabilidade de se utilizar heurísticas para a solução do problema em estudo.

Assim, acredita-se que o transporte logístico feito por uma Cia Com Mec para suprir postos de telecomunicações em apoio a uma Bda Inf Mec do Exército Brasileiro pode ser melhor planejado usando-se os métodos aqui propostos.

4. CONCLUSÃO

Com a utilização de formulação matemática e métodos heurísticos para o alcance das soluções exata e aproximada, foi possível definir duas rotas de transporte logístico para postos de telecomunicações de uma Bda Inf Mec do Exército Brasileiro.

A proposta deste artigo apontou aperfeiçoamentos para o planejamento de apoio logístico feito por uma Cia Com Mec, perante um caso concreto de estabelecimento de um sistema de comunicações em proveito de uma operação militar de adestramento de uma Bda Inf Mec enquadrante, reduzindo-se custos operacionais e apontando considerações satisfatórias ao uso dessa metodologia científica.

Como melhorias futuras, sugere-se que outros métodos de otimização possam complementar e aperfeiçoar a abordagem sugerida, com a utilização, por exemplo, da heurística construtiva de Inserção Mais Próxima (IMP) e a heurística de refinamento 3-OPT, de modo a buscar uma aproximação ainda maior da solução heurística em relação à solução exata, principalmente considerando que, para problemas de maiores dimensões (escalões superiores a uma Bda), a obtenção da solução exata pode-se tornar inviável devido ao tempo computacional necessário.

5. REFERÊNCIAS

ANDREOLLA L. e KRIPKA R. M. L. (2011): Otimização de roteiros para o setor de vigilância da universidade de passo fundo. Revista CIATEC-UPF, v.2, n.2, p. 46-61. Acessado: 2021-04-20. <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/download/1892/1204>.

ARENALES M., ARMENTANO V., MORABITO R. e YANASSE H. (2007): *Pesquisa Operacional*. Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Portaria N° 097-EME, de 15 de outubro de 1998 (1998): Manual de Campanha C 11-30 As Comunicações na Brigada. Brasília, 2ª Edição. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/388/1/C-11-30.pdf>. Acessado: 2021-04-20.



BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. Portaria Nº 008-COTER, de 04 de dezembro de 2002 (2002): Caderno de Instrução CI 32/1 Prevenção de Acidentes na Instrução. Brasília, 1ª Edição. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/1/833/1/CI%2032-1%20Preven%C3%A7%C3%A3o%20de%20Acidentes%20de%20Instru%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acessado: 2021-07-07.

FERNANDO P. H. L., LIXANDRÃO K. C. L., NAKAMOTO F. Y., ASATO O. L. e SALGADO S. A. B. (2019): O problema do caixeiro viajante aplicado na distribuição de peças/componentes do almoxarifado para a montagem de caminhões especiais em uma linha de produção na indústria automobilística. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/389/463>. Acessado: 2021-04-20.

JOHNSON D. S. (1974): "Approximation algorithms for combinatorial problems". *Journal of Computer and System Sciences*, v. 9, n. 3, pp. 256-278.

MARTINS L. F. F. e LOPES L. A. S. (2014): "Roteirização de veículos de cargas perecíveis usando sistema de informações geográficas". *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, v. 31, n. 3, pp. 51-66.

MATAI R., SINGH S. P. e MITTAL M. L. (2010): "Traveling salesman problem: An overview of applications, formulations, and solution approaches". In: Davendra, D. (ed.) *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications*. Rijeka, Croácia: InTech. pp. 1-25.

MILLER C.E., TUCKER A.W. e ZEMLIN R.A. (1960): "Integer Programming Formulations and Traveling Salesman Problems". *Journal of the ACM*, 7, pp. 326-329. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/321043.321046>. Acessado: 2021-06-30.

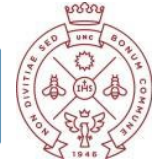
OLIVEIRA J. F. e CARRAVILLA M. A. (2009): "Heuristics and Local Search". v. 2. Acessado: 2021-07-06.

<https://paginas.fe.up.pt/~mac/ensino/docs/OR/CombinatorialOptimizationHeuristicsLocalSearch.pdf>.

PALHARES R. A., PALHARES R. A. e ARAÚJO M. C. B. (2019): "Roteirização de veículos: aplicação do problema do caixeiro viajante em uma distribuidora de laticínios". *Revista Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*. v. 11, n. 2, pp. 105-126, Rio de Janeiro. SOBRAPO. Acessado: 2021-04-20. Disponível em: <https://www.podesenvolvimento.org.br/podesenvolvimento/article/view/583/420>.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio para a realização deste trabalho.



PREDICCIÓN DEL ÍNDICE DE CONFIANZA DEL PRODUCTOR AGROPECUARIO MEDIANTE TEXT ANALYTICS

MARIA VERA RUEDA¹ - XAVIER GONZALEZ² - MARIANO BONOLI ESCOBAR¹ - EMILIO PICASSO^{1,2}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias-Universidad Católica Argentina

²Facultad de Ingeniería-Universidad de Buenos Aires

maria.vera-rueda@tum.dex - gonzalez@fi.uba.com.ar - mbonoli@fi.uba.ar- epicasso@fi.uba.ar

RESUMEN

El trabajo investiga la relación entre el ICEA (Índice de Confianza del Empresario Agricultor) y la opinión del público agricultor expresada en redes sociales y a partir de eso, se crea un modelo estadístico que predice los valores futuros del ICEA. El modelo usa datos obtenidos de Twitter, extrayendo aquellos *tweets* que contuvieran ciertas palabras claves y que hayan sido publicados por usuarios relevantes. Se cuantificó la actitud expresada en los *tweets* mediante *sentiment analysis* y a partir de estos se construyó un modelo dinámico predictivo. Además, se definió qué conjunto de palabras claves representan más significativamente al ICEA. El modelo consiguió un coeficiente de determinación de 0,90 y las temáticas relevantes que definieron dicha confianza fueron: clima, macroeconomía nacional e impuestos.

Palabras Clave: CONFIANZA – AGROPECUARIO - TEXT ANALYTICS - OTRAS METODOLOGÍAS Y APLICACIONES EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA

ABSTRACT

The study researches the relationship between the ICEA (Agricultural Entrepreneur's Confidence Index), and the public opinion expressed in social networks, and from that, a statistic model that predicts future values of the ICEA is created. The model makes use of data obtained from Twitter, extracting those tweets that contain certain keywords and that were published by relevant users. The expressed attitude on each tweet was quantified through sentiment analysis and from that, a predictive dynamic model was built. Furthermore, the groups of keywords that significantly represented the ICEA were defined. The model achieved a coefficient of determination of 0.90 and the relevant topics that defined the named confidence were: climate, national macroeconomics, and taxes.

Keywords: CONFIDENCE – AGRICULTURAL - TEXT ANALYTICS - OTHER METHODOLOGIES AND APPLICATIONS IN RESEARCH OPERATIONS

1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario es un gran aportador de divisas para la Argentina debido a sus volúmenes de exportación, una fuente de trabajo y un productor de materia prima para otras industrias, Calzada y Treboux (2019). La agricultura es mayoritariamente un negocio privado, su desarrollo y crecimiento depende de las estrategias individuales elegidas por los propios productores agropecuarios. Estas decisiones son determinadas en gran parte por la confianza que los productores tienen en relación con el contexto económico, financiero y sectorial. La medición de esta confianza es un parámetro de gran importancia en la economía argentina ya que la evolución de este índice sirve potencialmente para inferir el desempeño económico general.



Para cuantificar la confianza del productor, el movimiento CREA mide el Índice de Confianza del Empresario Agricultor (ICEA) desde 2012 a través de encuestas cuatrimestrales, Fusco, Pederiva y Barelli (2017). Este índice refleja los movimientos de la actividad económica y evalúa la disposición de crecimiento del sector. Sin embargo, un mecanismo que permita obtener este índice de una forma más rápida sería conveniente. La información está disponible en las redes sociales y requiere de una estructura para poder cuantificarla.

Se propone una forma alternativa de medir la confianza del agricultor a través de la minería de datos en Twitter desarrollando un modelo estadístico basado en esta información, que sea capaz de predecir el Índice de Confianza del Agricultor de forma inmediata y menos costosa.

El objetivo del presente trabajo es investigar la relación entre el ICEA (Índice de Confianza del Empresario Agricultor) y la opinión del público agricultor expresada en *tweets* y a partir de eso crear un modelo estadístico que prediga los valores futuros del ICEA.

Las preguntas de investigación a responder son las siguientes: ¿Es posible estimar la confianza del productor agropecuario a través de lo que *tweetean* usuarios interesados en el tema? ¿A través de qué modelo estadístico se podría conseguir un buen ajuste de los datos? ¿Qué información contenida en los *tweets* influyen significativamente en la confianza del productor agropecuario argentino?

2. DESARROLLO

La metodología que se utilizó para el desarrollo del trabajo se divide en las siguientes cuatro partes:

2.1. Recolección de datos

Para armar la base de datos se recurrió a Twitter, seleccionando aquellos *tweets* publicados por usuarios relevantes entre el 01/05/2014 hasta el 31/07/2020.

2.1.1. Identificación de usuarios relevantes a analizar

El primer paso fue seleccionar los usuarios de los cuales se extrajeron los *tweets*. Para eso, se identificaron cinco cuentas relevantes en el sector agropecuario: @crea_arg (CREA), @agrositio (Agro Sitio), @infocampoweb (Info Campo), @intaargentina (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y @LNcampo (LA NACION Campo). Se consideró que los usuarios que siguieran a las cinco cuentas en simultáneo representarían al público objetivo de CREA.

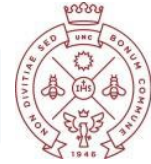
2.1.2. Extracción de tweets

Mediante Python a través del módulo de *Get Old Tweets*, Henrique (2018). Se extrajeron los *tweets* de los usuarios seleccionados anteriormente.

2.2. Procesamiento de datos

2.2.1. Segmentación de tweets

Para facilitar la lectura de los textos provenientes de los *tweets*, se segmentó el texto con la librería NLTK de Python, Bird, Klein y Loper (2009). La segmentación consiste en desglosar un texto en una lista para que al analizarlo se lo pueda hacer con cada palabra individualmente.



2.2.2. Normalización del texto

Se normalizaron cada una de las palabras, eliminando tildes y convirtiendo las letras de mayúscula a minúscula, para que los textos queden homogéneos.

2.2.3. Filtración de tweets

Posteriormente, se filtraron los *tweets* que contuvieran al menos una palabra clave de lista de la tabla 1.

2.2.4. Sentiment Analysis

Luego, se analizó el *sentiment* de los *tweets* obtenidos en los anteriores pasos mediante *Sentiment Analysis*, Das y Chen (2001), Tong (2001), Turney (2002). El objetivo de este paso fue traducir la opinión expresada en los textos a un número, denominado *score*. La obtención del *score* se realizó a través de la plataforma de Google Cloud, utilizando la API de *Natural Language*, Google (2020).

2.3. **Construcción del índice de *sentiment***

Una vez obtenido el *score* de cada *tweet* se construyó el Índice de *Sentiment* (IS) de la siguiente forma:

- 1- Promedio del IS (*score*) de cada usuario por mes:

$$\overline{IS}_i = \frac{\sum_{j=1}^n IS_j}{n} \quad (1)$$

i: Usuario

n: Cantidad de *tweets* relevantes del usuario por mes

- 2- Promedio de las medias de los IS de todos los usuarios por mes:

$$\overline{IS}_t = \overline{\overline{IS}_i} = \frac{\sum_{i=1}^m \overline{IS}_i}{m} \quad (2)$$

t : Número de mes del año

i: Usuario

m: Cantidad de usuarios por mes

- 3- Promedio cuatrimestral del IS mensual de los usuarios:

$$\overline{IS}_c = \frac{\overline{IS}_t + \overline{IS}_{t-1} + \overline{IS}_{t-2} + \overline{IS}_{t-3}}{4} \quad (3)$$

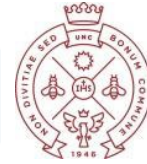
t: Número de mes del año

c: cuatrimestre

2.4. **Análisis para vincular el índice de *sentiment* con el icea mediante un modelo predictivo**

2.4.1. Modelo Dinámico

Para crear el modelo, se recurrió primero a un modelo lineal múltiple donde cada variable representara un subgrupo de palabras clave (tabla 1). La agrupación se realizó de forma tal que cada subgrupo contuviera aquellas palabras referentes a un mismo tema. De esta forma evaluamos la significancia de cada tema (cada variable) en el modelo.



Subgrupo (j)	Variable (X _j)	Keywords
1	X ₁	clima, inundacion, inundaciones, lluvia, luvias, sequia, sequias, helada, heladas
2	X ₂	sanitario, plagas, agroquímica, agroquímicos
3	X ₃	impuesto, impuestos, tributario, tributarios, tributaria, tributarias, retención, retenciones, derecho de exportación, derechos de exportación
4	X ₄	commodity, comodity, commodities, comodities
5	X ₅	regulación, regulaciones
6	X ₆	tambo, tambos
7	X ₇	inflación, dolar, dolares, tasa, tasas
8	X ₈	situacion
9	X ₉	gobierno, presidente, presidencia, ministerio, ministro, ministra, política
10	X ₁₀	gubernacion, gobernador, gobernadora
11	X ₁₁	economia, económica, economicas, hacienda
12	X ₁₂	costos, precio, precios

Tabla 1 – Clasificación de palabras clave

El modelo lineal múltiple inicial del que se partió relaciona cada una de las 12 variables con la variable respuesta (el ICEA). El modelo es el siguiente:

$$Y_c = \beta_0 + \beta_1 X_{1c} + \beta_2 X_{2c} + \beta_3 X_{3c} + \beta_4 X_{4c} + \beta_5 X_{5c} + \beta_6 X_{6c} + \beta_7 X_{7c} + \beta_8 X_{8c} + \beta_9 X_{9c} + \beta_{10} X_{10c} + \beta_{11} X_{11c} + \beta_{12} X_{12c} + \varepsilon_c \quad (4)$$

Siendo,

Y_c : Valor del ICEA del período c

X_{jc} : *Sentiment* medio de los *tweets* que contienen las palabras del subgrupo j dentro del período c

ε_c : Error de la predicción del período c

Se aplicó el método LASSO, Hastie, Tibshirani y Friedman (2009), para evitar la redundancia y elegir las variables de mayor influencia en el índice de confianza, que resultaron ser: X_1 , X_3 y X_7 . Es decir, aquellos *tweets* que hicieran referencia al clima, macroeconomía e impuestos representaban el *sentiment* de los usuarios.

Se agregaron componentes dinámicas, Peña (2010), al modelo lineal anterior, resultando:

$$Y_c = \beta_0 + \beta_1 X_{1c} + \beta_3 X_{3c} + \beta_7 X_{7c} + \rho Y_{c-1} + \eta_c \quad (5)$$

$$\eta_c = \phi_1 \eta_{c-1} + \phi_2 \eta_{c-2} + \varepsilon_c \quad (6)$$

Donde ε_c es ruido blanco.

ρ : Coeficientes dinámico de la variable rezagada

ϕ_k : Coeficientes autorregresivos de decalage cuatrimestral k

η_{c-k} : Error del k – ésimo período anterior

Se utilizaron los softwares R para estimar el modelo lineal con LASSO, y E-views para el modelo dinámico.

3. CONCLUSIONES

El modelo estadístico resultante para predecir valores futuros del Índice de Confianza del Empresario Agricultor en base a los *sentiment* obtenido es:



$$\tilde{Y}_c = 53,18 - 322,72X_1 + 118,64X_3 + 261,78X_7 + 0,603Y_{c-1} + \eta_c \quad (7)$$

$$\eta_c = -0,46\eta_{c-1} - 0,677\eta_{c-2} \quad (8)$$

Los indicadores de desempeño general del modelo son:

R^2 (coeficiente de determinación)	0,895
R^2_{adj} (coeficiente de determinación ajustado)	0,821
SBC (indicador bayesiano de Schwarz)	7,455
SE_{Reg} (sum of squared errors regression)	6,85
SS_{Res} (sum of squared residuals)	469

Tabla 2 – Desempeño modelo

En el siguiente gráfico se observa la evolución del ICEA real y el ICEA predicho por el modelo del presente trabajo. Además, se agregó la predicción esperada para 11-2020 y se comparó con el valor real medido por la encuesta de dicho cuatrimestre:

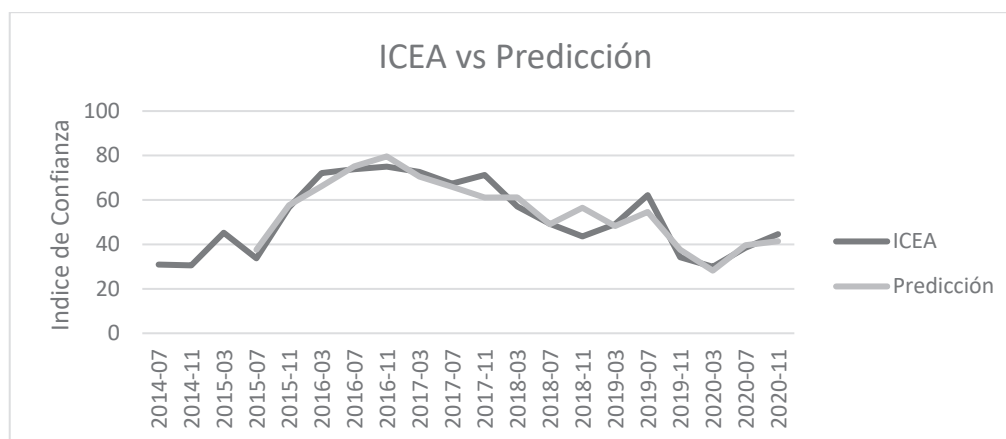


Gráfico 1 – ICEA vs Predicción

$$\tilde{Y}_c = 41,1$$

$$ICEA_c = 44,6$$

Con este resultado se pueden responder las preguntas de investigación planteadas. La primera plantea si es posible estimar la confianza del productor agropecuario a través de lo que *twitter* usuarios interesados en el tema. A lo largo del trabajo se logró encontrar satisfactoriamente la relación entre el ICEA y el *sentiment* representado en *tweets* sobre distintos subtemas dentro de la agricultura. Esto se alcanzó, contestando a la segunda pregunta, a través de un modelo de regresión múltiple combinado con un modelo dinámico. El modelo resultante consiguió un coeficiente de determinación de 0,90, lo cual se concluye que se logró un muy buen ajuste. La tercera pregunta cuestiona qué información contenida en los *tweets* influyen significativamente en la confianza del productor agropecuario argentino. Las temáticas resultantes fueron: clima, impuestos y macroeconomía nacional.

Como conclusión, la predicción de la confianza del productor agropecuario a través de *tweets* es posible y con una precisión aceptable. Comprobamos que ciertos



tweets con ciertas palabras logran representar lo que el ICEA refleja. Como próximos pasos proponemos una refinación en la recolección de datos, especialmente aquellos datos sobre el clima, y un aumento del tamaño de muestra – actualmente $n= 19$ – para poder conseguir un resultado aún más preciso.

4. REFERENCIAS

BIRD S., KLEIN E., LOPER E., (2009): “Natural Language Processing with Python” O’Reilly Media Inc. Versión obtenida en 11/2020. <https://www.nltk.org/book>

CALZADA J., TREBOUX J. (2019): “Importancia económica del sector agropecuario y agroindustrial en la República Argentina”. *Bols. de Comer. Rosario Inf. Sem.*

DAS S. y CHEN M. (2001): “Yahoo! for Amazon: Extracting market sentiment from stock message boards”. Proceedings of the Asia Pacific finance association annual conference (APFA), vol. 35, pp. 43.

FUSCO M., PEDERIVA L. y BARELLI E. (2017): “Índice de confianza de los empresarios agropecuarios en Argentina”. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, vol. 1, pp. 1-16.

GOOGLE (2020): “Google Cloud Natural Language API”. Versión obtenida en 11/2020. <https://cloud.google.com/natural-language/>

HENRIQUE J., (2018): “GetOldTweets-Python”. Versión obtenida en 11/2020. <https://github.com/Jefferson-Henrique/GetOldTweets-python>

PEÑA D. (2010): *Análisis de series temporales*. Alianza Editorial.

TONG R. M. (2001): “An operational system for detecting and tracking opinions in on-line discussion”. Working Notes of the ACM SIGIR 2001 Workshop on Operational Text Classification, vol. 1, pp. 6.

TURNEY P. D. (2002): “Thumbs up or thumbs down? Semantic orientation applied to unsupervised classification of reviews”.



MODELO PREDICTIVO NEURONAL DE BASE RADIAL HIBRIDO

RODOLFO H. RODRIGO - GUSTAVO SCHWEICKARDT - PAUL FEMENÍA
Depto. Electromecánica Ing. UNSJ – CONICET/Universidad Tecnológica Nacional –
Dpto. Electromecánica Ing. UNSJ
rodrigoro@unsj.edu.ar – gustavoschweickardt@yahoo.com.ar – pfemenia@iunsj.edu.ar

RESUMEN

Las redes neuronales clásicas carecen de la capacidad predictiva fuera del área de entrenamiento y validación. Es una limitación de muchos modelos de caja negra basados en datos. Sin embargo, la modelación matemática de procesos físicos no presenta dicha carencia por basarse en primeros principios, de validez universal. Dentro de la ingeniería, se presentan problemas bajo incertidumbre por información acotada, lo cual dificulta enormemente la posibilidad de aplicar modelos basados en primeros principios. En este trabajo se propone un modelo híbrido neuronal que incorpora un modelo de regresión basado en primeros principios. La fusión de ambos modelos da lugar a una red con capacidad de extrapolar fuera del área de aprendizaje al utilizar el regresor basado en leyes físicas.

Palabras Clave: SIMULACIÓN – REDES NEURONALES – EXTRAPOLACIÓN – IDENTIFICACIÓN

ABSTRACT

Classical neural networks lack predictive capacity outside of the training and validation area. It is a limitation of many data-driven black box models. However, the mathematical modeling of physical processes does not present this lack because it is based on first principles, of universal validity. Within engineering, there are problems under uncertainty due to limited information, which makes it extremely difficult to apply models based on first principles. In this work, a neural hybrid model is proposed that incorporates a regression model based on first principles. The fusion of both models gives rise to a network with the ability to extrapolate outside the learning area by using the regressor based on physical laws.

Keywords: SIMULATION - NEURAL NETWORKS - EXTRAPOLATION - IDENTIFICATION

1. INTRODUCCIÓN

La modelación basada en leyes físicas es generalizada en ingeniería. El análisis estadístico viene a complementar la verificación basada en datos de dichos modelos. Sin embargo al momento de llevar tales modelos al campo de aplicación se presenta una barrera infranqueable. Esta es la incertidumbre por información acotada. Esto obliga a introducir simplificaciones en la modelación. El uso de parámetros concentrados, linealidad, variables de contorno constantes son frecuentes. En la medición las simplificaciones en cuanto a considerar el error de medición de tipo gaussiano es común. Todo lo cual conduce a errores de modelación e identificación de parámetros físicos que a la postre propagan la incertidumbre en la predicción de manera notable. Así es que los modelos de caja negra han ganado enorme popularidad. La ventaja de estos es la capacidad de los mismos de modelar de manera precisa y generalizar en



base a datos o mediciones aún contaminadas con ruido. Como se mencionó esto no puede realizarse fuera del área de entrenamiento, es decir en el dominio de entrada y salida donde no hay datos. Los antecedentes de modelos de caja gris que se encuentran en la literatura (Sjöberg et. al., 1995), (Simon, 2005), por caso, en general componen sistemas con diagramas en bloques de caja blanca y bloques de caja negra. Así el conjunto es calibrado para obtener un modelo entrenado con los datos suministrados para el caso de aplicación. Esta política difiere en general de la propuesta por Lennart, L. J. (1999) donde cada bloque es identificado por separado. Así entonces si los bloques neuronales no salen de su área de entrenamiento el modelo de caja gris es válido. Ambas políticas tienen ventajas e inconvenientes, sin embargo ninguna de las dos realiza una verdadera fusión entre modelos. La propuesta entonces es una fusión real de un modelo regresivo con capacidad de extrapolación y una red neuronal. El modelo regresivo no requiere de validación ya que por tratarse de un modelo basado en leyes físicas esto está garantizado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Caracterización de Sistemas Dinámicos

El problema de la caracterización se refiere a la representación matemática de un sistema; un modelo de un sistema se expresa como un operador P desde un espacio de entrada \mathcal{U} en un espacio de salida \mathcal{Y} el objetivo es caracterizar la clase \mathcal{P} a la que P pertenece. En aplicaciones prácticas muchas de estas decisiones dependen naturalmente de la información previa disponible acerca de la planta para ser identificada. Lennart, (1999). En sistemas dinámicos el operador P que define una determinada planta esta implícitamente definido por el par de funciones temporales $u(t), y(t)$. Siendo $t \in [0, T]$. En ambos casos – estático o dinámico– el objetivo es determinar \hat{P} tal que:

$$\|\hat{y} - y\| = \|\hat{P}(u) - P(u)\| \leq \epsilon; u \in \mathcal{U} \quad (1)$$

En los problemas que nos interesan, asumiremos que la planta P a identificar pertenece al espacio \mathcal{P} de operadores limitados, continuos, invariantes en el tiempo y causales. En este trabajo nuestro interés está principalmente en representaciones que permitan la identificación y control de sistemas dinámicos en términos de dimensiones finitas ecuaciones de diferencia no lineal (o diferencial):

$$x_{k+1} = \Phi(x_k, u_k); y_k = \psi(x_k) \quad (2)$$

En el caso de un sistema continuo toma la forma:

$$\dot{x}_t = \Phi(x_t, u_t); y_t = \psi(x_t) \quad (3)$$

2.2. Caracterización de Sistemas Dinámicos de Caja Negra ANN

Considérese uno de los modelos propuestos por Narendra y Parthasarathy, (1990), para un sistema no lineal. En ellos como se ve se utiliza una red Neuronal tipo Perceptron. Tal modelo tiene como ya se mencionó la incapacidad de extrapolar fuera del dominio de aprendizaje. El esquema mostrado en la Figura 1, puede subsumirse en la expresión (4):

$$y = (x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-p}, y_{k-1}, y_{k-2}, \dots, y_{k-q}) \quad (4)$$

Donde la red neuronal está representada por un mapeo estático f . Considerando las variables $x = [u_{k-1}, \dots, y_{k-1}, y_{k-2}, \dots]^T$. Se tiene $x \in \mathbb{R}^n$:

$$f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^1 \quad (5)$$

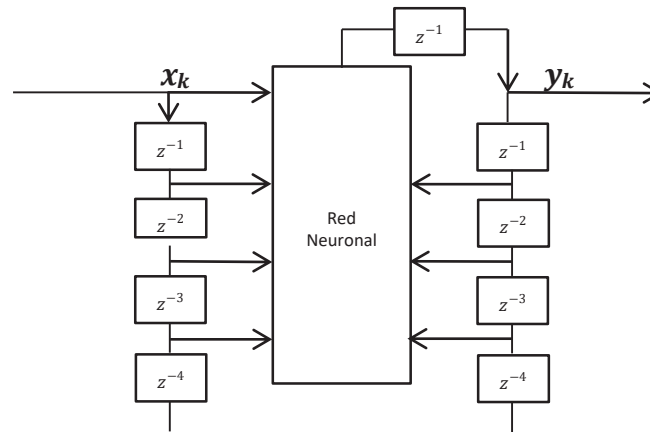


Figura 1 – Modelo dinámico de Narendra IV

Sin embargo se cuenta con una colección de datos que constituyen el conjunto de entrenamiento $\{(x, y)_1, (x, y)_2, (x, y)_3, \dots, (x, y)_N\}$, donde (x, y) constituyen los valores de entrada y salida en el instante de tiempo kT ; siendo T el tiempo de muestreo.

3. APLICACIÓN

3.1. Definición del problema a resolver

El ejemplo de tiro oblicuo es muy ilustrativo de un modelo matemático basado en principios físicos. Bajo ciertas hipótesis y simplificaciones es posible describir la trayectoria de un punto material como una parábola. En general una cónica para cuerpos que orbitan o se acercan a un cuerpo celeste. Es claro que cuando se disponen datos coordinados de dicha trayectoria sobre un lapso corto de tiempo, puede utilizarse la parábola como modelo de regresión para establecer la distancia de impacto $(x, y = 0)$.

$$y = \omega_1 x^2 + \omega_2 x + \omega_3 \quad (6)$$

Donde se tiene una muestra de datos es:

$$\{x_k, y_k\}, y(x_k) = y_k, k = 1..N \quad (7)$$

Es posible obtener $\{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$ por mínimos cuadrados:

$$E = \sum_{k=1}^N [y_k - \omega_1 x^2 + \omega_2 x + \omega_3]^2 \quad (8)$$

Con lo que se obtiene los valores óptimos $\{\hat{\omega}_1, \hat{\omega}_2, \hat{\omega}_3\}$. Dichos parámetros pueden ser obtenidos a partir de parámetros físicos como gravedad, velocidad inicial, ángulo de salida. En caso cuando se trata de un proyectil que se dispara desde la horizontal en el origen de coordenadas, se tiene $\hat{\omega}_3 = 0$. Así entonces la solución de:

$$\omega_1 x^2 + \omega_2 x = 0 \quad (9)$$

Nos da dos soluciones, una la trivial asociada al origen de coordenadas y otra correspondiente a $x_a = -\omega_2/\omega_1$ siendo este el valor de alcance del disparo del proyectil. Teniendo una muestra de disparos donde se tenga una muestra de $k: 1..N$, de $\{x_a, (x_1, y_1), (x_2, y_2)\}_k$ asociados a diferentes disparos con ángulo y munición diferentes



se podrá entrenar una red de base radial, que tenga en cuenta estados ocultos del sistema:

$$x_a = -\frac{\omega_2}{\omega_1} k(\omega_1, \omega_2) \quad (10)$$

El valor de $k(\omega_1, \omega_2)$ fuera del área de entrenamiento es $k(\omega_1, \omega_2) = 1$ a fin de que en el modelo propuesto solo trabaje el regresor predictivo basado en primeros principios.

3.2. Modelo Propuesto

Entonces la función de activación de base radial propuesta es (11). Donde $i = 1..n$, es la cantidad de neuronas utilizadas para el modelo. α

$$u_i = e^{-\frac{\|\omega - \mu_i\|^2}{\sigma^2}} \quad (11)$$

$$f: \{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\} \rightarrow \omega = [\omega_1, \omega_2]$$

$$k(\omega_1, \omega_2) = v^T u + 1$$

Se tiene entonces para el modelo híbrido propuesto como entradas $x = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\}$ las que se usan para la determinación de $\omega = [\omega_1, \omega_2]$. A su vez esto permite calcular el vector u como salida de la capa de neuronas de base radial. Finalmente se integra con una neurona lineal $\{v^T u + b, b = 1\}$ para obtener $k(\omega_1, \omega_2)$ y así $x_a = -\omega_2/\omega_1 k(\omega_1, \omega_2)$ en la capa de salida y .

En la Figura 2 se muestra el esquema de la red propuesta:

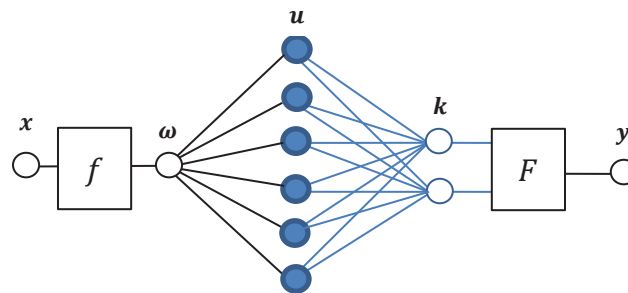


Figura 2 – Estructura del Modelo Propuesto

Para el entrenamiento de la red, se propone un algoritmo semi-supervisado donde como primera instancia se propone, obtener los n agrupamientos neuronales a partir de un algoritmo no supervisado. Se propone el algoritmo de $kmean$ sobre $\{\omega_1, \omega_2\}_k, k = 1..N$ datos previos. Así se obtiene $\{\mu_i, i = 1..n\}$. Siendo σ estimada idéntica para todas las neuronas:

$$\sigma = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{\sqrt{2n}} \quad (12)$$

Puede así plantearse

$$\begin{bmatrix} e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \\ e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \end{bmatrix}_{N,n} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_N \end{bmatrix} \quad (13)$$

Haciendo la pseudoinversa se tiene:



$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_1 - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \\ e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_2 - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega_N - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \end{bmatrix}_{n,N}^+ \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_N \end{bmatrix} \quad (14)$$

Finalmente podemos calcular:

$$k(\omega) = \begin{bmatrix} e^{-\frac{\|\omega - \mu_1\|^2}{\sigma^2}} & e^{-\frac{\|\omega - \mu_2\|^2}{\sigma^2}} & \dots & e^{-\frac{\|\omega - \mu_n\|^2}{\sigma^2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} + 1 \quad (15)$$

Puede verse que la (4) permite obtener el vector $[k_1 \ k_2 \ k_3 \ \dots \ k_N]^T$ se obtiene de utilizar (4) para cada terna de valores $\{x_a, (x_1, y_1), (x_2, y_2)\}_k \rightarrow \{x_a, \omega_1, \omega_2\}_k \rightarrow k_k$.

El mecanismo puede ser generalizado. La (1) nos queda:

$$f(y, x, \omega) = 0 \quad (16)$$

Que define la relación entre la salida y la entrada, basada en primeros principios y la que nos permite conocer los parámetros ω a partir de un conjunto mínimo de datos. La (4) donde se introducen variables artificiales de ajuste queda:

$$F(y, x, \omega, k, b) = 0 \quad (17)$$

En el caso ideal que el modelo matemático represente el fenómeno físico y las mediciones no contengan errores de medición, los factores k deben ser neutros aditivos o multiplicativos. Entonces la (9) debe tener un bias igual a cero o uno dependiendo del caso (vector b).

3.3. Resultados

En la Tabla 1 puede visualizarse la base de entrenamiento generada a partir de simulación numérica, utilizando un modelo que considera viscosidad del aire y velocidad del viento, (Solo se muestran veinte datos de un total de N=100). El desempeño del modelo de Red Entrenada, se presenta en la Tabla 2.

	V	α	ω_1	ω_2	D real	D calculada	$k(\omega_1, \omega_2)$
	m/s	grados	-	-	m	m	-
1	179,43	29,80	0,0002023	0,57	2619	2832	0,92
2	152,85	36,50	0,0003249	0,74	2104	2279	0,92
3	160,20	29,95	0,0002546	0,58	2110	2265	0,93
4	165,41	34,33	0,0002629	0,68	2395	2599	0,92
5	174,82	53,51	0,0004539	1,35	2640	2981	0,89
6	108,38	42,77	0,0007750	0,93	1119	1195	0,94
7	191,33	32,80	0,0001896	0,64	3105	3401	0,91
8	182,58	29,36	0,0001937	0,56	2687	2906	0,92
9	199,61	46,73	0,0002620	1,06	3579	4057	0,88
10	144,27	26,02	0,0002918	0,49	1582	1674	0,95
11	196,19	27,30	0,0001614	0,52	2957	3201	0,92
12	177,49	22,71	0,0001830	0,42	2154	2289	0,94
13	186,87	59,28	0,0005382	1,68	2726	3129	0,87
14	139,98	26,30	0,0003115	0,49	1503	1587	0,95
15	180,01	34,19	0,0002213	0,68	2813	3073	0,92
16	191,06	41,91	0,0002426	0,90	3314	3702	0,90
17	126,38	30,68	0,0004152	0,59	1350	1430	0,94
18	113,61	29,05	0,0004973	0,56	1064	1117	0,95
19	157,97	61,62	0,0008699	1,85	1888	2130	0,89
20	114,50	47,24	0,0008118	1,08	1238	1333	0,93

Tabla 1 – Base de Entrenamiento



n	Comparación de desempeño				
	Error %	Fuera	Velocidad m/s	Angulo Grados	Distancia metros
1	4.9	Sí	84.8	42.0	729
2	2.28	Sí	73.7	20.5	363
3	0.4	No	133.8	65.4	1243
4	0.2	No	155.6	33.1	2096
5	0.2	No	140.5	38.3	1814

Tabla 2 – Evaluación de Desempeño de la Red Entrenada

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un modelo de caja gris constituido por tres bloques que pueden ser construidos de forma separada. Un bloque de identificación, una red de base radial con una capa radial más una lineal y finalmente una capa de regresión. Se han expuesto aspectos prácticos para su diseño y construcción. Se ha provisto de una breve descripción de aspectos teóricos utilizados. Todo lo cual se ha presentado en un ejemplo de aplicación. Debe enfatizarse que la utilidad de este tipo de modelos reside en la virtud de su carácter predictivo fuera del área de entrenamiento.

5. REFERENCIAS

LENNART L. J. (1999): *System Identification, Theory for the User. Second Edition.*

NARENDRA K. S. y MUKHOPADHYAY S. (s.f.): *Neural networks in control systems. [1992] Proceedings of the 31st IEEE Conference on Decision and Control.*

SIMON H. (2005): *Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Pearson Education. India.*

SJÖBERG J., ZHANG Q., LJUNG L., BENVENISTE A., DELYON, B., GLORENNEC, P.-y JUDITSKY A. (1995): "Nonlinear black-box modeling in system identification: a unified overview". *Automatica*, 31, 1691–1724. doi:10.1016/00051098(9.5)00120-8



ANÁLISIS DE LAS FILAS DE ESPERA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN AL CLIENTE USANDO REDES DE PETRI

CARLOS ALBACA PARAVÁN¹ – MARCELO E. MEDINA GALVÁN²
¹Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología–Universidad Nacional de Tucumán
²Facultad de Ciencias Económicas–Universidad Nacional de Tucumán
calbaca@herrera.unt.edu.ar - mmedina@face.unt.edu.ar

RESUMEN

Los modelos de filas de espera están presentes en todas partes, por esto, es que el tiempo de espera se convierte en un factor importante en la satisfacción del cliente y en la competitividad de una organización. En este contexto, el objetivo de este trabajo de consiste mostrar los avances realizados en una tesis de maestría que tiene el objetivo de optimizar el proceso de atención al cliente de un centro médico de San Miguel de Tucumán.

Palabras Clave: SIMULACIÓN – EVENTOS DISCRETOS – FILAS DE ESPERA – REDES DE PETRI – GESTIÓN DE PROCESOS.

ABSTRACT

Queue models are present everywhere, which is why waiting time becomes an important factor in customer satisfaction and in the competitiveness of an organization. In this context, the objective of this work is to show the progress made in a master's thesis that has the objective of optimizing the customer service process of a medical center in San Miguel de Tucumán.

Keywords: SIMULATION – DISCRETE EVENTS – WAITING LINES – PETRI NETS – PROCESS MANAGEMENT.

1. INTRODUCCIÓN

Los conceptos e instrumentos de la administración de operaciones ha sido un elemento medular para el incremento de la productividad que han registrado empresas de todo el mundo, y dentro de estos, la gestión de la espera en una empresa de servicios es fundamental, ella que los procesos tienen un efecto inmediato y directo en el cliente ya que es a él quien afecta el tiempo demandado, la naturaleza del servicio y la calidad percibida del mismo. Para poder llevar a cabo correctamente una gestión de la espera, los modelos de una línea de espera representan un estupendo instrumento matemático para analizar muchas situaciones que son comunes en los servicios, permitiendo analizar preguntas como cuántos cajeros debe tener un banco o cuántas líneas telefónicas se necesitan en una operación de servicios de Internet (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

El objetivo de este trabajo es mostrar el modelo de redes de Petri a utilizar para una futura optimización del proceso de atención al cliente usando simulación.

2. EL PROBLEMA

Un centro médico, brinda dentro de sus instalaciones una amplia variedad de servicios para sus afiliados, por ejemplo: consulta con médicos de atención primaria (pediatría, clínica médica, medicina familiar, ginecología y obstetricia) o de distintas



especialidades (cardiología, dermatología, endocrinología, etc.), y atención en enfermería.

En este contexto, se puede generar molestia e incomodidad debido a la lentitud en la atención a causa de un gran flujo de afiliados que cada día realizan largas y diversas filas de espera desde que llegan a las instalaciones de la empresa hasta que son atendidos por los profesionales correspondientes.

Por lo anteriormente mencionado, la empresa puede dañar su imagen y hasta puede llegar a perder afiliados debido a la insatisfacción que presentan los mismos. También se debe tener en cuenta que la empresa puede no estar asignando recursos (en este caso, personal de atención al público y profesionales de la salud) de manera óptima.

3. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo de corte transversal. Como técnica se recurre a las Redes de Petri para el modelado del proceso de atención al cliente.

Como fases del estudio se identifican: la formulación del problema, el diseño del modelo conceptual (usando Redes de Petri) donde se realizan los supuestos y decisiones para la creación del modelo, y recogida y tratamiento de los datos referidos al nivel de ocupación y a la aproximación de las distribuciones de probabilidad requeridas para el modelado.

La población objetivo es todos los afiliados que lleguen a utilizar los servicios de la empresa durante el horario de atención de la misma (lunes a viernes de 7:00 a 21:00) durante una semana.

4. EL PROCESO DE ATENCIÓN AL CLIENTE

La empresa cuenta con:

- 1 coordinadora administrativa y 1 coordinadora médica.
- 119 médicos, 2 enfermeras, 9 administrativos y 2 personas de seguridad.
- 23 consultorios médicos y 1 consultorio de enfermería.
- 5 secretarías distribuidas en las diferentes alas y pisos de la clínica.
- 1 sala de conferencia.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso de atención al cliente del centro médico (clínica).

5. EL PROYECTO DE SIMULACIÓN

5.1. Supuestos y decisiones para la creación del modelo conceptual

El diseño del modelo incluye un análisis conceptual básico en el cual es necesario hacer suposiciones y simplificaciones. La formulación requiere que el constructor del modelo seleccione o aisle del ambiente total aquellos aspectos de la realidad que son pertinentes para la situación en cuestión (Eppen, Gould, Schmidt, Moore & Weatherford, 2000).

Se realizaron las siguientes suposiciones y decisiones:

- Se hace la suposición que el paciente pide siempre los turnos por teléfono aunque se encuentre físicamente en la clínica. No se toma en cuenta usar el *balking* ni el *reneging* de los pacientes.
- Se decidió no incluir enfermería en el modelado ya que aporta menos del 10% de los turnos asignados a los pacientes y el aumento de complejidad en el modelo no justifica su inclusión.

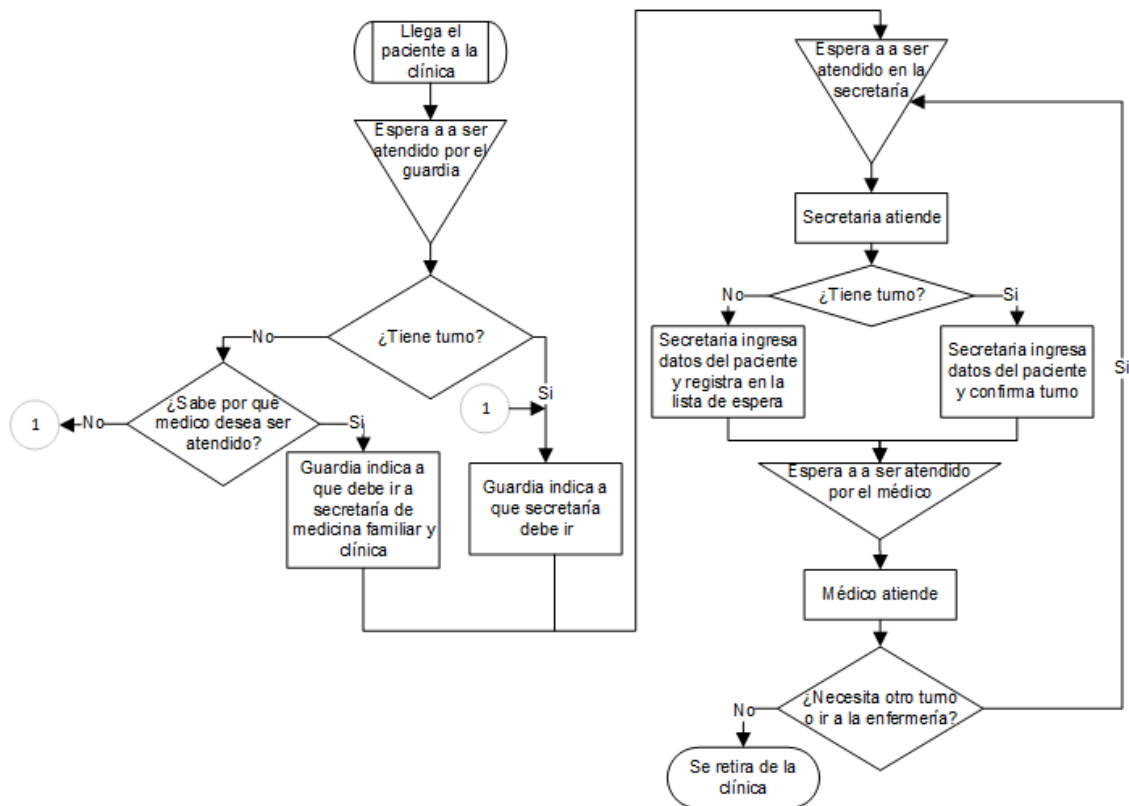


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de atención al cliente

5.2. Modelo conceptual de Redes de Petri

Para el diseño del modelo conceptual de la simulación se eligió el de Redes de Petri (RdP) ya que, entre los distintos formalismos para describir el modelo conceptual, este puede beneficiarse de todas las ventajas del desarrollo modular cuando la descomposición del sistema se realiza considerando tan solo los eventos que afectan a su comportamiento y que forman parte de las dinámicas de interés, al asociarse a cada módulo un único evento. Permiten representar de forma natural un modelo de eventos discretos (Huayna, Cortez, & Vega, 2009), y aunque no es el único formalismo que maneja eventos y actividades, es el único que representa formalmente el paralelismo y la sincronización (Silva & Valette, 1989).

Además de los aspectos formales de las RdP, estas poseen una gran documentación y respaldo basado en su uso en diferentes trabajos de investigación tanto en el modelado de sistemas de eventos discretos: (Torres Polonio, 2018) (Medina, Seck Tuoh Mora, & Hernández Romero, 2013), como en el modelado concreto de procesos de atención al cliente: (Causado-Rodriguez, Charris, & Guerrero, 2019) y específicamente de procesos de atención al cliente en sistemas de salud: (Ceballos, Betancur Villegas, & Betancur Villegas, 2014).

Luego de 2 iteraciones en la creación del modelo del proceso, la Figura 2 muestra la RdP definitiva del proceso de atención al cliente del centro médico con el total de secretarías y médicos disponibles.

Para modelizar se utilizó el software “Hierarchical Petri net Simulator (HiPS) v1.02” (HiPS, s.f).

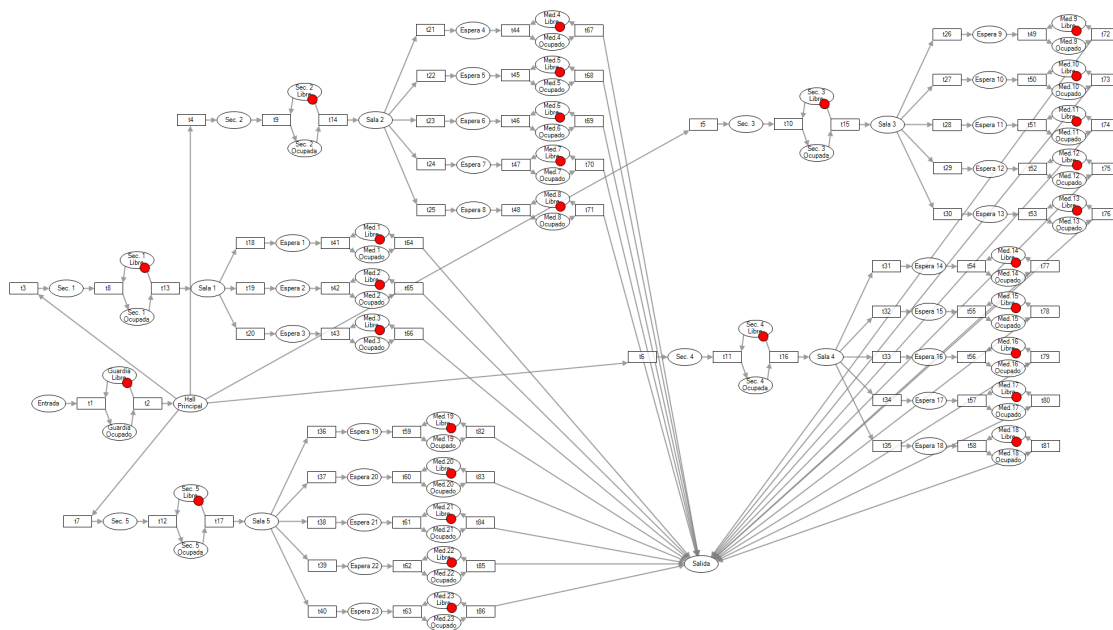


Figura 2. RdP definitiva del proceso de atención al cliente

5.3. Recogida y tratamiento de los datos

Los datos para la elaboración del proyecto de simulación fueron obtenidos descargando documentos del sistema informático de la clínica correspondiéndose al mes de noviembre de 2019. Los mismos se descargaron en formato PDF llevando una gran cantidad de tiempo su limpieza y transformación para poder utilizarlos para modelar.

Vale destacar que se usaron los datos de este mes debido a que era el mes más próximo (sin considerar la pandemia) al presente, en el cual, según la coordinadora médica de la clínica, el flujo de pacientes y asistencia de médicos era normal, debido a que entre los meses de diciembre y febrero por causa de las fiestas de fin de año y las vacaciones, hay disminución tanto de pacientes como de médicos en la clínica.

Como se puede observar en la Figura 3, las 10 primeras especialidades agrupan más del 80% del total de los pacientes atendidos en el mes (ranking de Pareto) monto que asciende a 7011 pacientes atendidos de un total de 8296 turnos asignados.

Además, la Figura 4 muestra la ocupación de turnos por día. Lo importante de observar de esta figura es que la tercera semana es la más estable en cuanto a fluctuación de pacientes por día y además coincide con la semana de mayor ocupación promedio de los turnos. De lo anterior se puede concluir que considerando solo los datos de la tercera semana para realizar las estimaciones se pueden obtener resultados bastante precisos debido al estado estable del flujo de pacientes durante la semana (Render, Stair, & Hanna, 2012).

5.4. Suposiciones y decisiones de modelado

El sistema de información de la clínica no registra el momento en el que el paciente ingresa a la misma y es atendido por el guardia de seguridad para ser derivado a la secretaría correspondiente. Por eso no se cuenta con información para inferir como es la llegada de los pacientes ni el tiempo de servicio del guardia, por lo que se los supone como se muestra a continuación.

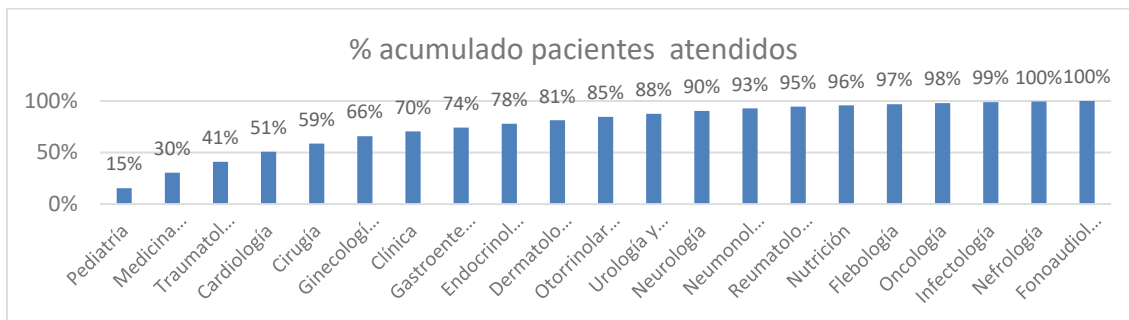


Figura 3. Ranking de Pareto para las especialidades del centro médico en función de la cantidad de pacientes atendidos por cada una

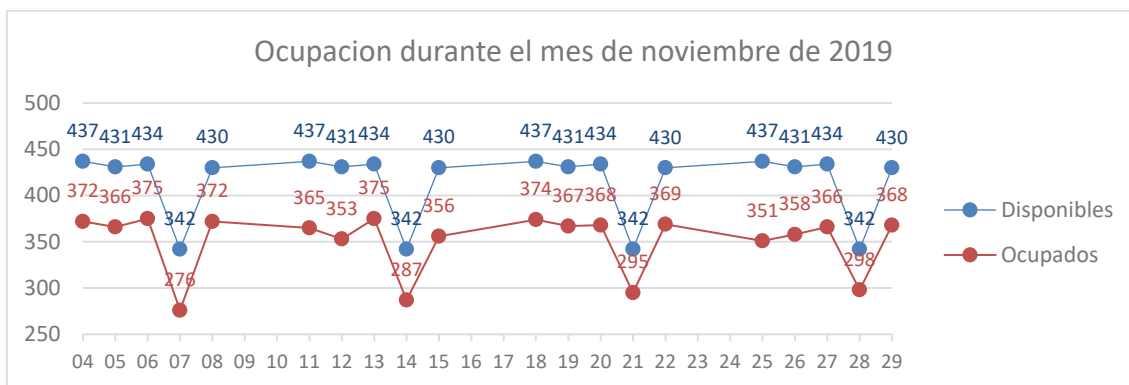


Figura 4. Ocupación diaria durante el mes de noviembre de 2019

- Llegada de pacientes a la clínica (Ecuación 1): se utilizó una distribución de Poisson, se decidió esto ya que Render (2012) explica que es la distribución que describe la llegada de clientes (pacientes) de manera independiente durante un cierto intervalo de tiempo, dependiendo este número de la amplitud del intervalo considerado. En este caso en particular, se usó como unidad de tiempo el minuto. Además, se calculó el número promedio de llegadas por unidad de tiempo usando la información del horario de atención al público, cantidad de días laborales y número de pacientes atendidos.
- Tiempo de atención del guardia (Ecuación 2): se utilizó una distribución exponencial ya que Render (2012) asegura que es la óptima para calcular los tiempos de servicio (atención al cliente) en líneas de espera. En este caso, como en el anterior, se usó como unidad de tiempo el minuto. Además, como no se dispone del valor μ , y apelando al uso de la probabilidad subjetiva mencionada por Render (2012), se consultó con la coordinadora administrativa el tiempo aproximado de atención al público por el guardia de seguridad, a lo que respondió que “en promedio es de aproximadamente 30 segundos”.

$$P(X) = \frac{0,52^X e^{-0,52}}{X!}$$

Ecuación 1. Distribución de Poisson para la llegada de pacientes.

$$f(X) = 2e^{-2X}$$

Ecuación 2. Distribución exponencial para el tiempo de servicios del guardia.

5.5. TRABAJO FUTURO

A partir de la información registrada por el sistema, se procederá a calcular las distribuciones de los tiempos de servicio de los médicos y se realizarán las pruebas de simulación pertinentes para obtener los resultados esperados. En esta fase futura se



evaluarán los resultados de la simulación con respecto al tamaño de la fila de espera, tiempos de espera y servicio entre algunos indicadores importantes.

6. CONCLUSIONES

Durante la ejecución de las tareas relacionadas a este trabajo, lo primero que se puede concluir es la gran dificultad que existe al momento de la recolección de datos debido a las falencias a causa de tener un sistema informático enlatado creado por un tercero, por lo que al no tener todos los datos disponibles se tuvo que apelar a distribuciones de probabilidad teóricas con la estimación de sus parámetros usando datos históricos o consulta de expertos.

Para la aplicación de las Redes de Petri para un proceso de filas de espera se requiere en primer lugar la comprensión del fenómeno, la cual se logra por medio de un diagrama de flujo del proceso, y el acceso a un software que permita implementar el modelo conceptual. En este trabajo se recurrió al software libre HiPS: Hierarchical Petri net Simulator.

7. REFERENCIAS

CAUSADO-RODRIGUEZ E., CHARRIS A. y GUERRERO, E. (2019): “Mejora Continua del Servicio al Cliente Mediante ServQual y Red de Petri en un Restaurante de Santa Marta, Colombia”. Información tecnológica, vol. 30, núm. 2, pp. 73-84.

CEBALLOS F., BETANCUR VILLEGAS J. P. y BETANCUR VILLEGAS J. D. (2014): “Simulación Discreta Aplicada a los Modelos de Atención en Salud”. Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 2, núm. 2, pp. 10-14.

CHASE R., JACOBS R. y AQUILANO N. (2009): *Administración de Operaciones*. McGRAW-HILL. México D.F., México.

EPPEL G., GOULD F., SCHMIDT C., MOORE J. y WEATHERFORD L. (2000): *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa (Quinta ed.)*. Prentice-Hall. México D.F., México.

HiPS: Hierarchical Petri net Simulator (s.f). <https://sourceforge.net/projects/hips-tools>

HUAYNA A., CORTEZ A. y VEGA H. (2009): “Aplicación de las redes de Petri a la simulación discreta de sistemas”. Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática, vol. 6, núm. 2, pp. 35-44.

MEDINA J., SECK TUOH MORA J. Y HERNÁNDEZ ROMERO N. (2013): “Aplicación de redes de petri en la modelación de sistemas de eventos discretos”. Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, vol. 1, núm. 1.

RENDER B., STAIR R. M. y HANNA M. E. (2012): *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Pearson. México D.F., México.

SILVA M. y VALETTE R. (1989): *Advances in Petri Nets*. Springer. Berlín, Alemania.

TORRES POLONIO A. (2018): *Estudio de las redes de Petri en el Modelado y simulación de sistemas de eventos discretos*. [Trabajo de titulación de grado, Universidad Estatal de Milagro].

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de la tesis de Maestría en Administración (MBA) de la Facultad de Ciencias Económicas (UNT) y de la beca para Maestrías y Doctorados del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) del autor principal.

ÍNDICE AUTORES

Nombre	Página	Nombre	Página
Abuabara, Leila	197	Federico, Emir	203
Albaca Paraván, Carlos	305	Femenía, Paul	299
Almeida, Isaque	227	Fernández Torre, Darío	33
Álvarez, María Belén	112	Figueroa Pérez, Juan Francisco	209
Arburua, Mariana	51	França Senne, Edson	269
Bastos, Ezequiel	287	Frutos, Mariano	281
Belderrain, Mischel Carmen	149, 197, 245, 269	Funes, Mariana	57
Berardi, María Betina	39	Gallardo, Juan Manuel	51
Bonoli Escobar, Mariano	105, 293	Garcia, Solange	149
Bueno, Moisés Evaristo	93, 118	Góes, Luiz C. S.	143
Cabral, Juan B.	257	Gomes, Carlos F. S.	227, 239
Carignano, Claudia Etna	87	Gonzaga Alves Araujo, Jonathas Vinícius	263
Carvalho, Leandro	222	Gonzáles, Matías	275
Carvalho, Tereza	149	González, Xavier Ignacio	203
Carvalho Rosa Bergiante, Níssia	161, 167, 173, 179 185, 191	Guardiola, Mariana	87
Castellini, María Alejandra	155	Guevel, Hernán Pablo	57
Cavadas da Silva, Lana Priscila	191	Guimarães Miranda, Eliezer	161
Cavallin, Antonella	281	Iñiguez, Patricia Alejandra	51
Chaves Alves, Isabela	167, 185	Lacerda Cabalhero, Kamilla Raquel	251
Cóccola, Mariana	275	Lavandeira, Lucas	81
Colombo, Pablo Martín	81	Leyva López, Juan Carlos	209
Cortaberría, Sofía Carla	75	Logullo, Ygor	245
Costa, Igor	239	López, María Teresa	75
Costa Morais, Danielle	197	Luczywo, Nadia Ayelén	257
Couto, Cássio	239	Macedo, Thiago F.	143
Curchod, Miguel Ángel	75	Machado, Emmanuel A.	143
da Silva Rocha Paz, Tainá	161	Marín, Emilio Germán	81
de Castro Corrêa, Alessandro	233	Martel, Hernán	99
de Pina Corriça, José Víctor	216	Martinez-Ramirez, Yobani	209
de Souza Aguiar, Leonlene	233	Martins Drei, Samuel	161
de Souza Gomes, Andrei Eduardo	233	Medina Galván, Marcelo Enrique	305
Do Nascimento Maeda, Sergio Mitihiro	216	Milin, Érica	99
Dondo, Rodolfo	275	Minoru Imaniche, Carlos César	269
Dos Reis, María Rosa	93, 118	Miranda, Raizza	149
dos Santos, Marcos	191, 216, 222, 227 233, 239, 263	Mizraji, Mariana	69
Esteban, Alejandra María	39	Molfese Greco, Sofía A.	281
Federico, Perusset	203	Morais, Danielle C.	245
		Moreira, Miguel	239
		Moura da Silva Lopes, Luma	173

ÍNDICE AUTORES

Nombre	Página
Nakayama, Beatriz Aya	173, 179
Nobre, Ismael	149
Pagano, Pablo	51
Peretto, Claudia	63, 69
Pérez Contreras, Edgar Omar	209
Picasso, Emilio	105, 293
Pinheiro Borges, Wagner Alan	233
Pinheiro de Araujo Costa, Arthur	216
Pinheiro de Araujo Costa, Igor	216
Pisani, María Virginia	124
Pontelli, Daniel	45
Pugnaloni, Emilio	105
Quintana, Alicia	124
Quiroga, Silvia	99
Rabbia, Evelín Mariel	87
Racagni, Josefina	57
Ramírez-Noriega, Alan	209
Ramos, Silvia Adriana	81, 203
Ribeiro, Amanda	149
Rodrigo, Rodolfo Horacio	299
Rojas Heredia, Elena	87
Romero, María del Carmen	112
Rosemberg Reis Mota, Víctor	161
Rossit, Diego G.	281
Schweickardt, Gustavo	130, 137, 299
Segarra Marinetti, Melany	155
Senne, Edson	287
Simões Gomes, Carlos Francisco	191, 216, 263
Souza Junior, Wilson	149
Stewart Harris, María	105
Teixeira, Bruno R.	143
Terzano, Iván Guillermo	81
Van Heerden, Natalia Andrea	257
Van Straaten, Hernán	155
Vera Rueda, María	293
Verão Françoço, Rafael	251
Vieira de Arruda Benites, Maryele	167, 185
Villarreal, Fernanda	124
Vitale, Ignacio	275
Wagner, Santiago	33
Zanazzi, José Francisco	45
Zanazzi, José Luis	45
Zárate, Claudia	39



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba



EPIO

Escuela de Perfeccionamiento
en Investigación Operativa

