

MULTIMETODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS Y
MEJORA DE SISTEMAS SOCIALES Y
TECNOLÓGICOS.
HACIA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

COMPILADORES:
JOSÉ LUIS ZANAZZI
CATALINA LUCÍA ALBERTO
CLAUDIA ETNA CARIGNANO



MULTIMETODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS Y MEJORA DE SISTEMAS SOCIALES Y TECNOLÓGICOS.
HACIA EL DESARROLLO SUSTENTABLE por JOSÉ LUIS ZANAZZI; CATALINA LUCÍA ALBERTO;
CLAUDIA ETNA CARIGNANO se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo económico que permitió financiar parcialmente esta edición.

PREFACIO

Este libro reúne aportes realizados en el ámbito de la Investigación Operativa, por profesores que trabajan en el tema, en las Facultades de Ciencias Económicas y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba. Si bien cada capítulo de esta obra analiza problemas particulares, con metodología específica, un denominador común es la concepción de que los sistemas estudiados tienen una componente técnica y otra social. Los autores consideran que ambas componentes deben ser consideradas a la hora de tomar decisiones.

La disciplina científica denominada Investigación Operativa (*IO*), se orienta a facilitar la toma de decisiones en distintos tipos de procesos. Se busca proponer tanto metodologías como modelos de naturaleza matemática, que agreguen información sobre los posibles resultados de cada alternativa de decisión.

La disciplina nació durante la Segunda Guerra Mundial, con la creación de equipos de científicos de diferentes áreas, que analizaban problemas militares para proponer soluciones adecuadas. Si bien parece que los primeros grupos se asentaron en Gran Bretaña, la modalidad de estudio se desarrolló con rapidez en otros países, como Estados Unidos.

Al finalizar la guerra, destacados científicos como Churchman y Ackoff, se abocaron a trabajar sobre estas propuestas y su combinación con el Enfoque de Sistemas. El crecimiento de esta vertiente se enriqueció durante los años setenta, con la introducción del componente humano y social, como parte clave del sistema en su conjunto.

Sin embargo, la consideración de las personas en la solución de problemas operativos fue, al menos parcialmente, olvidada con posterioridad. En un artículo imperdible que se titula: "The future of Operational Research is Past", publicado en 1979, el propio Ackoff denuncia la pérdida del carácter interdisciplinario de la disciplina.

En efecto, ya en ese momento era evidente que la comunidad científica había desarrollado una cierta obsesión por la optimización y que la búsqueda de esos resultados ideales se apoyaba esencialmente en herramientas matemáticas. Las necesidades de las personas, los requerimientos sociales, la realidad de las organizaciones, dejaron de ser elementos relevantes a la hora de buscar soluciones e intentar mejorar los sistemas.

La realidad devolvió una cruda imagen de los resultados que se obtienen por este camino. En 1996, Rosenhead planteó abiertamente la cuestión en un trabajo titulado: "What's the problem? An introduction

to problem structuring methods". En ese aporte, pone en evidencia los reiterados fracasos de la disciplina; asegura que la IO matemática puede proporcionar resultados interesantes solo en procesos altamente repetitivos y con estructuras organizacionales rígidas y verticales.

Una situación bien distinta se presenta cuando las personas pueden influir sobre los resultados. Las conductas individuales y grupales, generalmente afectan de modo significativo los resultados devueltos por las acciones acordadas.

Esa realidad ha obligado a replantear las cosas, al punto que este año, el editorial del número 249 de la *European Journal of Operational Research*, retoma explícitamente la cuestión. Ese documento, escrito por Franco y Hämäläinen, tiene un título altamente sugestivo: "Behavioural operational research: returning to the roots of the OR profession".

La propuesta parece razonable cuando se acepta que los profesionales de la Investigación Operativa, deben acercarse a los problemas con una visión sistémica. En caso contrario, la complejidad introducida tanto por los puntos de vista e intereses personales, como por la interacción grupal, tornan inútiles o poco efectivas, las soluciones planteadas.

En sintonía con esa concepción, los trabajos incluidos en este libro se caracterizan por abordar de modo explícito el carácter complejo de los problemas. También analizan a las organizaciones bajo las dos perspectivas, tanto la individual como la grupal.

De hecho, el libro pretende realizar diversos aportes positivos. Por una parte, analiza y enumera métodos que contribuyen a estructurar los problemas de decisión. Estas aproximaciones son muy útiles en situaciones que presentan un elevado nivel de complejidad, en las que no resultan evidentes los objetivos a cumplir, ni las acciones posibles; inclusive donde el entorno es difícilmente valorable.

Además se desarrollan y aplican, diferentes métodos de apoyo a la toma de decisiones, que ofrecen un sustento adecuado cuando la responsabilidad por la decisión recae en un decisor único o una entidad que funciona como tal.

Otro aporte que se considera valioso es la presentación del paradigma de la decisión grupal, como una problemática diferente a la tradicionalmente adoptada cuando el tomador de decisiones es único. Para fortalecer este aspecto, se analizan algunas metodologías que pueden utilizarse cuando la responsabilidad por la decisión recae en un grupo.

Sin duda las aplicaciones desarrolladas en los distintos capítulos constituyen un destacable aporte adicional. En efecto, se analizan problemas en ámbitos tanto públicos como privados y se consideran diferentes niveles, que incluyen cuestiones estratégicas, tácticas y operativas.

Por último, cabe precisar que los contenidos de cada capítulo se fundamentan en trabajos presentados por los autores en distintos Congresos, tanto a nivel nacional como internacional. Cabe destacar que son aportes que han pasado por evaluaciones controladas por los comités científicos de cada uno de los eventos, lo que avala el cumplimiento de los estándares de calidad para este tipo de documentos.

De este modo, se presenta este producto al juicio de los lectores. Por supuesto, con esta obra se espera generar un mayor interés en la temática y en los requerimientos actuales de la disciplina. Desde ya, los autores invitan a formular los comentarios que se consideren pertinentes.

Gracias, por explorar este libro.

ÍNDICE

EVALUACIÓN DEL MÉRITO AL CRÉDITO DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO EMPLEANDO EL MÉTODO UTADIS. <i>Mariana Funes</i>	13
DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE POSTULANTES MEDIANTE EL MÉTODO MOORA. CASO DE CONCURSO PÚBLICO EN LA UNC. <i>Miguel Curchod, Catalina Alberto, Claudia Carignano.</i>	23
EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EMPLEANDO DEA PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS FINANCIEROS <i>Sofía Cortabería, Josefina Racagni, Hernan Guevel</i>	37
RANKING OF PERFORMANCE THROUGH A NON PARAMETRIC MODEL.CASE OF JUSTICE IN ARGENTINA <i>Catalina Alberto, Miguel Curchod, Noelia Azcona</i>	45
RETURNS TO EDUCATION IN ARGENTINA: A REGIONAL ANALYSIS <i>Facundo Quiroga Martínez, Esteban Fernández Vázquez, Catalina Lucía Alberto</i>	57
MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN UNIVERSIDADES NACIONALES ARGENTINAS. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN EN EL PERIODO 2008-2010 <i>Facundo Quiroga Martínez</i>	69
LOS SERVICIOS FINANCIEROS Y LA SUSTENTABILIDAD <i>Laura Bravino, Oscar Margaría, Elena Rojas Heredia</i>	87

ÍNDICE

SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL: ENFOQUE MULTIMETODOLÓGICO EN LA IMPLEMENTACIÓN <i>Daniel Pontelli, Jose Francisco Zanazzi, Nadia.Luczywo, José Luis Zanazzi, Laura Boaglio</i>	107
VERIFICACIÓN DE NORMALIDAD CON MUESTRAS PEQUEÑAS: DETERMINACIÓN DE POTENCIAS <i>Gabriela Cabrera, José Luis Zanazzi, Laura Boaglio, Jose Francisco Zanazzi</i>	127
ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RUIDO EN LA TOMA DE DECISIONES <i>Gabriela Cabrera, José Luis Zanazzi, Laura Boaglio, José Francisco Zanazzi</i>	143
DECISIÓN MULTICRITERIO GRUPAL APLICADA A LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES, PARA GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS <i>Nadia Luczywo, Jose Francisco Zanazzi, Daniel Pontelli, Laura Boaglio, José Luis Zanazzi</i>	161
DISEÑO DE UN BANCO DIDACTICO MEDIANTE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QDF) <i>Daniel Pontelli, Sergio Gangi, Laura Boaglio, José Francisco Zanazzi</i>	173
MAPA COGNITIVO COMPARTIDO: UNA APLICACIÓN EN EQUIPOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE CIENTÍFICO-TÉCNICO <i>Alicia Salamon, José Cuozzo, María Alejandra Boggio, Natalia Mira, Laura Boaglio</i>	185
ASPECTOS DE CALIDAD EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE DISTRIBUÍDO APLICANDO INTEGRACIÓN CONTÍNUA <i>Alicia Salamon, José Cuozzo, María Alejandra Boggio, Laura Boaglio, Sofía Pérez</i>	199

EVALUACIÓN DEL MÉRITO AL CRÉDITO DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO EMPLEANDO EL MÉTODO UTADIS

MARIANA FUNES

mcfunes@eco.uncor.edu

Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional de Córdoba

Palabras clave: Países en Desarrollo, Mérito al Crédito, Función de Utilidad Aditiva, UTADIS.

1. INTRODUCCIÓN

Los países en desarrollo necesitan atraer capitales que les permitan mejorar y ampliar su infraestructura y la calidad de la prestación de los servicios públicos con el propósito de fortalecer su desarrollo. Dada la relación que se establece entre las evaluaciones de mérito al crédito de estos países y el acceso a los mercados de capitales internacionales, es deseable que las evaluaciones de inversiones y préstamos a estos países se hagan sobre la base de indicadores transparentes y confiables, basadas en un modelo que permita dar cuenta de la realidad económica y política de estos países.

El propósito de un indicador del mérito al crédito de los países es el de condensar una variedad de información cualitativa y cuantitativa referida a aspectos económicos, sociales y políticos de un país, en un único valor que pueda ser fácilmente interpretado, y posteriormente empleado en el proceso de evaluación que involucra comparaciones entre diferentes países respecto de su potencial capacidad y voluntad de cumplir con sus obligaciones en los términos estipulados.

En este trabajo se presenta un indicador del mérito al crédito de 98 países en desarrollo obtenido por aplicación del Método UTADIS (U**TI**lité**S** A**DI**tivos **DIS**ciminantes) sobre la base de 7 criterios, que permite clasificarlos en 9 clases previamente determinadas empleando métodos estadísticos multivariados.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de resumen extendido en el XXVIII Encuentro

Nacional de Docentes de Investigación Operativa – XXVI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa - RED M VIII¹. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. EL MÉTODO UTADIS

El Método UTADIS (Jacquet-Lagrèze y Siskos, 1982; Zopounidis y Dimitras (2010) asume la base axiomática de la Teoría de la Utilidad Multi Atributo (Keeney y Raiffa, 1993) y adopta el principio de desagregación de preferencias.

Empleando programación lineal, busca inferir funciones de utilidad aditivas lineales por partes, basadas en múltiples criterios, dada la clasificación propuesta por el evaluador sobre un conjunto de alternativas de referencia, de manera que la estructura de preferencias resultante de estas funciones sea tan consistente como sea posible con la dada por el evaluador.

Las posibles discrepancias entre la clasificación dada por el evaluador y la dada por el modelo, para cada alternativa, se reflejan en errores potenciales de sobre y sub estimación que se busca minimizar.

En virtud de la limitación de espacio en este resumen extendido, las especificaciones del modelo lineal correspondiente fueron expuestas en la presentación oral de este trabajo.

3. CRITERIOS EMPLEADOS

Los 7 criterios empleados fueron seleccionados de un conjunto de 17 indicadores realizando un análisis de reducción de dimensión a partir de los resultados del Análisis de Componentes Principales Robustas (Croux, Filzmoser y Fritz, 2013)², buscando subindicadores con altos coeficientes de correlación con la primera componente principal y con baja o nula correlación en las siguientes:

¹ Ver Funes (2015).

² El Análisis de Componentes Principales Robustas obedece a la existencia de valores atípicos.

1. Producto Bruto Interno per cápita en dólares de Paridad de Poder Adquisitivo (PBIpc)
2. Inflación medida a través de Deflactor de Precios Implícitos del PBI (DPBI)
3. Relación Deuda Pública y Públicamente Garantizada / Exportaciones (DPPGEx)
4. Relación Deuda Pública y Públicamente Garantizada/PBI (DPPGPBI)
5. Relación Deuda de Corto Plazo sobre Deuda Total Externa (DCPDT).
Fuente: *World Development Indicators - World Bank*
6. Indicador de Efectividad Gubernamental (EG07)
7. Indicador de Calidad Regulatoria (CR07)
Fuente: *Governance Matters VIII – World Bank*

4. RESULTADOS

El modelo de utilidad aditiva desarrollado a partir del método UTADIS fue capaz de clasificar correctamente el 91% de los países en su clase original.

La Tabla 1 presenta un análisis detallado de los errores de clasificación. En a) se indica el número de países en cada clase (en filas, la clasificación original y en columnas, la clasificación realizada por el modelo de utilidad aditiva). La diagonal representa los países correctamente clasificados y el resto de las celdas contiene los errores de clasificación. En b) se presenta la misma información expresada en porcentaje del número de países pertenecientes a la clase original.

Tabla 1: Resumen de errores de clasificación obtenidos por aplicación del Método UTADIS

		Clases Estimadas								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Clases Originales	C1	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	C2	-	5	1	-	-	-	-	-	-
	C3	-	-	1	8	3	-	-	-	-
	C4	-	-	-	8	2	-	-	-	-
	C5	-	-	-	4	9	2	-	-	-
	C6	-	-	-	-	1	10	1	-	-
	C7	-	-	-	-	-	1	11	-	-
	C8	-	-	-	-	-	-	-	13	-
	C9	-	-	-	-	-	-	-	-	11

a) Número de países por clase

		Clases Estimadas								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Clases Originales	C1	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
	C2	-	83%	17%	-	-	-	-	-	-
	C3	-	-	8%	67%	-	-	-	-	-
	C4	-	-	-	80%	20%	-	-	-	-
	C5	-	-	-	27%	60%	13%	-	-	-
	C6	-	-	-	-	8%	83%	8%	-	-
	C7	-	-	-	-	-	8%	92%	-	-
	C8	-	-	-	-	-	-	-	100%	-
	C9	-	-	-	-	-	-	-	-	100%

b) Porcentaje del número de países pertenecientes a la clase original

El modelo funciona perfectamente al clasificar los mejores y los peores países en términos del mérito al crédito, ya que el porcentaje de clasificación en relación a la clase original es del 100% para las clases extremas 1, 2, 8 y 9. Su desempeño es satisfactorio para los países de las clases 4, 6 y 7, con un porcentaje de clasificación superior o igual al 90 % respecto de la clase original, y es moderado para las clases 3 y 5, con un porcentaje de clasificación del 75% y 80%, respectivamente.

La Tabla 2 presenta la función de utilidad global y las clases asignadas a cada país, así como la clasificación original, ordenando los países de mayor a menor valor de utilidad global.

Los errores de clasificación se identifican en la tabla, coloreando la celda del país en la columna "Clase Original", de color celeste si fueron asignados a una clase inferior a la original, y de color naranja, en caso contrario. Tres de estos errores corresponden a países asignados por el modelo a una clase con mayor mérito al crédito que la original y los seis restantes, a países asignados a clases con un menor mérito al crédito que la original.

En la evaluación del riesgo crediticio, el primer tipo de error (error tipo I) es más grave que el segundo (error tipo II), por lo que el modelo de utilidad aditiva resulta conservador, con una tasa de error del 3% y 6% para los errores tipo I y II, respectivamente.

Tabla 2: Función de Utilidad Global del Mérito al Crédito de los países obtenida aplicando el Método UTADIS

País	Clase Estimada	Utilidad	Clase Original
Letonia	1	0,92645	1
Lituania	1	0,91633	1
Sud Africa	1	0,89159	1
Chile	1	0,88959	1
Santa Lucía	1	0,88727	1
Malasia	1	0,87556	1
Botsuana	1	0,86256	1
u_1		0,83796	
Costa Rica	2	0,83604	2
Mauricio	2	0,83258	2
Polonia	2	0,81683	2
China	2	0,78626	2
Méjico	2	0,78504	2
Seychelles	2	0,77583	2
u_2		0,77582	
Tailandia	3	0,77581	3
Bulgaria	3	0,76591	3
San Vicente y las Granadinas	3	0,74782	3
Panamá	3	0,71679	3
San Cristobal y Nieves	3	0,71122	3
Dominica	3	0,70020	3
Turquía	3	0,69025	3
Rumania	3	0,68474	3
Uruguay	3	0,68474	3
u_3		0,68473	
Tunisia	4	0,68472	4
Macedonia	4	0,68472	4
Colombia	4	0,68472	3
Brasil	4	0,68354	3
Maldivas	4	0,67496	4
Rep. Dominicana	4	0,66596	3
El Salvador	4	0,66206	4
Jamaica	4	0,65282	4

País	Clase Estimada	Utilidad	Clase Original
Fiyi	4	0,64940	4
Kazajistán	4	0,64895	4
Ucrania	4	0,64618	4
Rusia	4	0,63885	5
Albania	4	0,63545	5
Bielorrusia	4	0,63474	4
u ₄		0,63473	
Guatemala	5	0,63472	5
India	5	0,63472	5
Azerbaiyán	5	0,63472	5
Granada	5	0,63472	5
Armenia	5	0,63197	5
Vanuatu	5	0,62850	4
Georgia	5	0,62592	5
Suazilandia	5	0,62441	5
Jordania	5	0,61966	5
Filipinas	5	0,61947	5
Marruecos	5	0,61046	5
Vietnam	5	0,59714	5
Perú	5	0,58444	5
u ₅		0,58443	
Bosnia y Herzegovina	6	0,58443	6
Indonesia	6	0,58442	6
Argentina	6	0,58442	6
Paraguay	6	0,57982	5
Egipto	6	0,57433	6
Honduras	6	0,56599	6
Venezuela	6	0,56208	6
Moldavia	6	0,55464	6
Samoa	6	0,55015	6
Papua Nueva Guinea	6	0,54999	6
Ecuador	6	0,52643	6
Belice	6	0,52426	6
Kenia	6	0,50328	7
u ₆		0,49717	
Senegal	7	0,48185	7
Camboya	7	0,47740	7

País	Clase Estimada	Utilidad	Clase Original
Bolivia	7	0,47359	7
Lesoto	7	0,46643	7
Mongolia	7	0,45745	6
Pakistán	7	0,45631	7
Tonga	7	0,43998	7
Islas Salomón	7	0,43958	7
Nigeria	7	0,43457	7
Ghana	7	0,42425	7
Bangladés	7	0,42019	7
Tanzania	7	0,41998	7
u ₇		0,41997	
Mozambique	8	0,41996	8
Líbano	8	0,41996	8
Guyana	8	0,41996	8
Kirguistán	8	0,40618	8
Madagascar	8	0,39610	8
Malí	8	0,39371	8
Costa de Marfil	8	0,38847	8
Benín	8	0,38472	8
Camerún	8	0,38384	8
Nepal	8	0,38141	8
Tayikistán	8	0,37568	8
Uganda	8	0,36338	8
Haití	8	0,36157	8
u ₈		0,36051	
Congo	9	0,36042	9
Togo	9	0,33155	9
Sudán	9	0,32246	9
Etiopía	9	0,29574	9
Guinea	9	0,27251	9
Ruanda	9	0,25885	9
Gambia	9	0,25368	9
Laos	9	0,25347	9
Níger	9	0,25208	9
Nicaragua	9	0,22756	9
Sierra Leona	9	0,07941	9

En la Tabla 3 se detallan las ponderaciones de los siete criterios en el modelo de utilidad que clasifica a los países.

Tabla 3: Ponderaciones de los criterios

Criterio	PBIpc	DPBI	DPPGEx	DPPGPBI	DCPDT	EG07	CR07
Ponderación (%)	14,13	7,37	31,79	15,02	7,91	17,15	6,63

5. CONCLUSIONES

La evaluación del mérito al crédito de los países ha ganado interés significativo a partir de la intensificación del proceso de globalización de la economía mundial y, en particular, con la internacionalización de los mercados en las últimas décadas, que ha expandido en forma excepcional y diversificado las posibilidades de inversión.

Tanto para los tomadores de préstamo como para los colocadores de fondos resulta necesario contar con indicadores confiables de mérito al crédito de los países.

La metodología multiatributo sugerida permite inferir un modelo de utilidad en función de una clasificación dada con una baja tasa de error, otorgando transparencia a la evaluación, constituyendo una metodología apropiada para esta temática.

6. REFERENCIAS

- Croux, C., Filzmoser, P. Y Fritz, H. (2013): *Robust Sparse Principal Component Analysis*. Technometrics, Vol. 55, Iss. 2, pp. 202-214.
- Funes, M. (2015): *Evaluación Del Mérito Al Crédito De Los Países En Desarrollo Empleando El Método Utadis*. Anales XXVIII Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa – XXVI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa - RED M VIII. Bahía Blanca, Argentina.

- Jacques-Lagrèze, E. Y Siskos, Y. (1982): *Assessing a Set of Additive Utility Functions for Multicriteria Decision-making, The UTA Method*. European Journal of Operational Research, 10 (2), pp. 151-164.
- Keeney, R.L. Y Raiffa, H. (1993): *Decision with multiple objectives: Preference and value trade-offs*. Cambridge University Press, Cambridge.
- World Bank. *Governance Matters VIII*. Acceso al documento y base de datos en <http://worlbank.org/wbi/governance>.
- World Bank. *World Development Indicators databank*. Acceso en <https://publications.worlbank.org>.
- Zopounidis, C. y Dimitras, A. (2010): *Multicriteria Decision Aid Methods for the prediction of business failure*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE POSTULANTES MEDIANTE EL MÉTODO MOORA CASO DE CONCURSO PÚBLICO EN LA UNC

MIGUEL ANGEL CURCHOD

curchod@gmail.com

CLAUDIA CARIGNANO

claudiacarignano@gmail.com

CATALINA LUCÍA ALBERTO

catalina.alberto@gmail.com

Universidad Nacional de Córdoba

PALABRAS CLAVE: Evaluación de candidatos; MCDA; Método MOORA. Decisiones grupales.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Córdoba (UNC) es una universidad argentina con sede en la ciudad Córdoba. Su fundación data de 1613; hecho que la convierte en la universidad más antigua del país. Su enseñanza es libre, gratuita y laica. Para dar una idea de la magnitud e importancia de la UNC se puede señalar que esta institución agrupa aproximadamente a 10.000 docentes, 100.000 estudiantes y 3.000 no docentes. Si bien, goza de autonomía para administrar su presupuesto, elegir sus autoridades y dictar sus normas; financieramente depende del Estado Nacional. Por esta razón, como en toda entidad pública, es deseable que sus decisiones, desde las más complejas y estratégicas hasta las más rutinarias y operativas, sean susceptibles de ser explicadas y justificadas con procesos que demuestren equidad y justicia.

El Estatuto de la UNC delega en sus respectivas Unidades Académicas la potestad de establecer el régimen de concursos públicos para la incorporación y promoción de los Auxiliares Docentes y Auxiliares de Investigación. En la Facultad de Ciencias Económicas este procedimiento está regulado por la Ordenanza del Honorable Consejo Directivo N° 323/88 y sus modificatorias. Los aspirantes a ocupar un cargo, o acceder a uno superior, deben someterse a un

proceso formal de evaluación realizado por un jurado designado *ad hoc* conformado por tres miembros. La normativa vigente establece que el tribunal debe justipreciar tanto los antecedentes del postulante como así también una prueba de oposición consistente en una clase oral y pública y una entrevista posterior. La norma es amplia, determina los aspectos a considerar en grandes rubros y establece el peso relativo que cada uno de estas categorías aporta a la calificación final. La flexibilidad de la legislación si bien confiere al tribunal cierta autonomía, también permite que se presenten diferencias entre los distintos procesos de evaluación. Como consecuencia de la discrecionalidad que aplican los distintos tribunales, es frecuente que los concursantes presenten solicitudes de ampliación de dictámenes, impugnaciones o recusaciones. De no resolverse las diferencias en las instancias administrativas, a través de los recursos de reconsideración y jerárquico en subsidio, pueden continuar sus reclamos por la vía judicial.

En este contexto y con la finalidad de minimizar los desacuerdos de los concursantes, se adhiere a presentar un modelo de decisión multicriterio discreta (MCDA por su sigla en inglés), adaptado a la toma de decisiones grupales, para la selección de candidatos a ocupar cargos docentes, con el fin de dar legitimidad y transparencia al proceso de selección. Específicamente, se propone utilizar el Método *MOORA* para estandarizar el proceso de admisión y promoción de los postulantes, a través del diseño de un sistema procedimental de evaluación de los candidatos.

Se espera que la metodología sea compartida y pueda ampliarse su ámbito de aplicación a otras decisiones institucionales.

Los autores declaran expresamente que la base de este capítulo dio lugar a un documento presentado en el XVII Congreso Latinoibero Americano – CLAIO 2014, Monterrey, México. El documento fue evaluado y aprobado por el comité científico del evento.

2. METODOLOGÍA

En el contexto del análisis multicriterio discreto (*MCDA Multi-criteria Decision Analysis*) el método elegido para resolver el problema fue *MOORA* (**M**ulti-**O**bjective **O**ptimization on the basis of

the Ratio Analysis). Este método fue presentado por primera vez por Brauers y Zavadskas (2006).

MOORA parte de los siguientes supuestos: a) se trabaja con escalas cardinales que luego son convertidas en números sin dimensión a través de un proceso de construcción de ratios. Por esta razón, en caso de tratarse de etiquetas lingüísticas, ellas son transformadas en una escala cuantitativa. Asimismo, tiene en cuenta que la preferencia lograda a través de números ordinales es más débil que aquella que se obtiene con la cardinalidad, b) el conjunto de elección tiene un número finito de alternativas y, c) existe una correspondencia entre los atributos y los objetivos del problema. Esta relación determina el sentido de los criterios de la evaluación (máximo ó mínimo).

El proceso que plantea el método es el siguiente: *MOORA* parte de una matriz de datos que representa las valoraciones de cada alternativa para cada criterio, generalmente llamada matriz de respuestas.

Luego, construye una segunda matriz de ratios que es ponderada por un vector de pesos, esto permite, en definitiva, realizar un ordenamiento de preferencias. El ordenamiento puede realizarse también introduciendo, como parte de *MOORA*, puntos de referencia. Estas referencias serán la mayor valuación del vector de ratios de alternativas respecto de cada criterio en caso de criterios de máximo o, la menor valuación de cada vector de alternativas respecto de cada criterio para el caso de mínimo.

Formalmente:

1. Se parte de una matriz de valoraciones de las alternativas respecto de cada criterio:

$$F(x) = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad [1]$$

2. Se construye una matriz de ratios de la forma:

$$\bar{X} = [\bar{x}_{ij}] \quad [2]$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad [3]$$

La construcción de este ratio, explicitado en Barba Romero y Pomerol (1997); como procedimiento de normalización, tiene la ventaja de transformar un vector n dimensional en otro vector, también de n componentes, de norma igual a 1.

Cada elemento del nuevo vector representa la valoración adimensional de las alternativas respecto de cada criterio y conjuntamente forman un vector de módulo = 1. Es importante señalar que este procedimiento respeta la proporcionalidad y permite la comparación adimensional *inter* e *intra* criterios.

3. Se define el vector de pesos de los criterios:

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \quad [4]$$

4. Se pondera la matriz de ratios multiplicando dicha matriz [2] por el vector de pesos [4].
5. Se determina la función de agregación para valorar cada alternativa.

$$S(x_i) = \sum_{i=1}^h \bar{x}_{ij}^* - \sum_{i=h+1}^n \bar{x}_{ij}^* \quad [5]$$

\bar{x}_{ij}^* = ratio ponderado por el peso w_j de cada alternativa i en el criterio j

$i = 1, 2, 3, \dots, h$ se corresponde con los criterios de máximo e

$i = h+1, h+2, \dots, n$ se corresponde con los criterios de mínimo.

6. De acuerdo a la valoración obtenida en el paso anterior se determina un ordenamiento confeccionando el *ranking* de preferencias.
7. Como consecuencia que el problema que se presenta se corresponde con una decisión grupal se propone agregar las decisiones individuales a través de una operación \otimes . En el presente trabajo se eligió la media geométrica, pudiéndose seleccionar otra operación que, a criterio de los decisores, sea más representativa.

Es decir; del paso [6] surgirán tantas valoraciones y ordenamientos como decisores compongan el grupo de decisión, por esta razón, se propone que la decisión grupal final esté representada por el ordenamiento resultante de la operación de síntesis elegida por el grupo de decisores:

$$DG = \otimes S^d(x_i)$$

Dónde:

DG = Decisión Grupal

\otimes = operación de síntesis (media geométrica, media aritmética, media armónica, etc.)

$S^j(x_i)$ = función de agregación del método *MOORA* para la alternativa *i* y del decisor *j*

En esta aplicación particular, donde se eligió como operación de síntesis a la media geométrica:

$$DG = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S^j(x_i)} \quad [6]$$

Respecto del método *MOORA*, en Brauers et al. (2008), se advierte la posibilidad de utilizar otros ratios, como por ejemplo, a) total ratios, b) Schärilig ratios, c) Weitendorf ratios, d) Van Delft and Nijkamp ratios de valor máximo, e) Jüttler ratios, Stopp ratios, etc.

En el último trabajo mencionado, también se realizan consideraciones respecto de la Teoría de los Puntos de Referencia: *maximal objective reference point*, *utopian objective reference point* y *aspiration objective reference point*.

También, se debate sobre las formas de medir las distancias a un punto de referencia. Todos estos puntos hacen a la esencia misma de *MOORA*, como así también, de otros métodos de *MCDA* como *TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Point*), Hwang y Yoon (1995) o *VIKOR* (*Vlsekriterijumska Optimizacija Kompromiso Resenje method*, Opricovic) y Tzeng (2004).

En Brauers et al. (2010) se presenta *MULTIMOORA method* como una extensión del método *MOORA*.

3. APLICACIÓN

3.1. Descripción del problema

El presente trabajo desarrolla un sistema para la selección de candidatos a ocupar cargos docentes por concurso público en la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC. La valoración se realiza sobre los antecedentes de cada aspirante, una prueba de oposición y una entrevista personal. El llamado a concurso se realiza para ser asignado a la materia Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones. La asignatura corresponde a las currículas de las carreras de grado: Contador Público y Licenciado en Administración. El proceso está organizado por el Departamento de Estadística y Matemática de la Facultad. Los puestos a cubrir son 5 (cinco).

El sistema propuesto se desarrolla en conformidad con la legislación vigente y a través de técnicas de Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA). Estos problemas son conocidos dentro del análisis multicriterio como problemas tipo Y (Roy, 1985).

La metodología utilizada para abordar y resolver el problema, sigue las etapas generalmente reconocidas como fundamentales por la Teoría de MCDA, es decir: estructuración, evaluación y síntesis de los resultados.

3.2. Estructuración

Esta fase provee los elementos esenciales para comprender problemas complejos a través de un conjunto integrado de niveles. Como resultado de esta primera etapa se diseñó la siguiente estructura jerárquica de seis niveles. (Ver Anexo 1)

- Nivel 1 – **Objetivo:** Valorar los antecedentes y la prueba de oposición de los aspirantes a cubrir cargos de auxiliares docentes y/o auxiliares de investigación en base a los criterios que sustentan la evaluación determinando su de orden de mérito.
- Nivel 2 – **Criterios:** Títulos, Promedio, Desempeño, Clase Oral y Entrevista.
- Nivel 3 – **Subcriterios:**
 - *Desempeño* se derivan: a) Docencia, b) Investigación y c) Otros.
 - *Clase Oral* se consideran: a) el conocimiento que el aspirante demuestre del tema, b) la forma de organizar la clase y c) las cualidades didácticas.
- Nivel 4 – **Subcriterios:**
 - *Docencia* se consideran: a) cargo actual, b) antigüedad, c) capacitación, d) producción en docencia y e) otros antecedentes docentes.
 - *Investigación* se desprenden: a) categoría del investigador, b) proyectos acreditados y c) producción en investigación.
 - *Otros Antecedentes* se consideran: a) participación en comités evaluadores b) actividades de gestión, c) actividades de extensión y d) actividad profesional.
- Nivel 5 – **Subcriterios:** en la rama de la Investigación
 - *Producción en investigación* se abrirá en: a) Libros y/o capítulos de libros, b) publicaciones en revistas y c) exposiciones en congresos.
- Nivel 6 – **Alternativas:** el conjunto de alternativas está conformado por todos los aspirantes inscriptos para acceder

a un cargo por concurso público en este caso particular son 11 aspirantes.

Es relevante destacar que la citada Ordenanza explícitamente define los criterios de Nivel 2 con sus pesos y los subcriterios de Nivel 3 que se desprenden del criterio "Desempeño". El aporte sustancial en esta etapa fue la apertura de la estructura jerárquica en otros 3 niveles a través de un trabajo conjunto con un equipo de expertos. El conjunto de criterios definidos cumple las propiedades reconocidas en el MCDA, es decir: exhaustividad, coherencia y no redundancia.

En el modelo que se propone se recomienda que la asignación de pesos a los subcriterios de los Niveles 3 a 5 sea realizada por cada evaluador en forma independiente.

3.3. Evaluación

Esta fase implica seleccionar un procedimiento adecuado para resolver el problema, el método de MCDA elegido, como se dijo anteriormente, fue *MOORA (Multi- Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis)*. En el Anexo N° 2 se explicita la matriz de valoraciones (matriz de respuestas) de cada evaluador y los pesos asignados por cada uno de ellos.

3.4. Síntesis

El resultado de esta fase, permite contar con los elementos suficientes para poder emitir un dictamen que coadyuve al logro del objetivo planteado. Para concluir este proceso se construye un modelo que retoma las valoraciones individuales y las integra mediante el cálculo de la media geométrica.

En el Anexo N° 3 se detallan los resultados alcanzados: a) valoración y orden de mérito asignado por cada miembro del tribunal, b) decisión grupal (valoración y orden de mérito dictaminado).

4. CONCLUSIONES

Respecto del caso presentado y a los resultados detallados en el Anexo 3 se puede inferir:

- En esta aplicación todos los criterios son a maximizar, por lo tanto, la función de agregación del método se reduce

$$S(x_i) = \sum_{j=1}^h \overline{x_{ij}^*}$$
. Su ordenación debe realizarse en orden descendiente.

- En el caso presentado no hay diferencias significativas entre los distintos evaluadores. No obstante; debe tenerse en cuenta que al presentarse 11 candidatos y haber disponibles solamente 5 vacantes, diferencias mínimas pueden significar el acceso o no a uno de los puestos concursados.
- En el caso de los puestos: primero y segundo, si bien existen diferencias en las valoraciones no hay diferencia en la posición que ocupan en el orden de mérito.
- La misma situación del punto anterior se presenta en el caso del postulante D que ocupa el orden de mérito N° 5.
- En el caso de la tercera posición, 2 miembros del tribunal se la asignan al postulante E y el miembro restante se la asigna al aspirante B. La media geométrica define la tercera posición para el postulante E y la cuarta para el B.
- Las diferencias que se presentan entre las valoraciones de cada miembro del tribunal, se debe a la importancia relativa (peso) que cada evaluador asigna a cada subcriterio como así también a la subjetividad propia de los seres humanos para realizar una evaluación. Por esta razón se considera importante explicitar la metodología.

Respecto del método elegido se puede concluir que:

- ✓ El trabajo respeta todos los supuestos del método *MOORA* (variables cardinales, número finito de alternativas y correspondencia entre criterios y objetivos).
- ✓ El método permite trabajar con un número grande de criterios y de alternativas (específicamente en este estudio: 15 criterios y 11 alternativas).
- ✓ El proceso matemático que propone es sencillo. Se puede resolver a través de una planilla de cálculo y no necesita un *software ad hoc*.

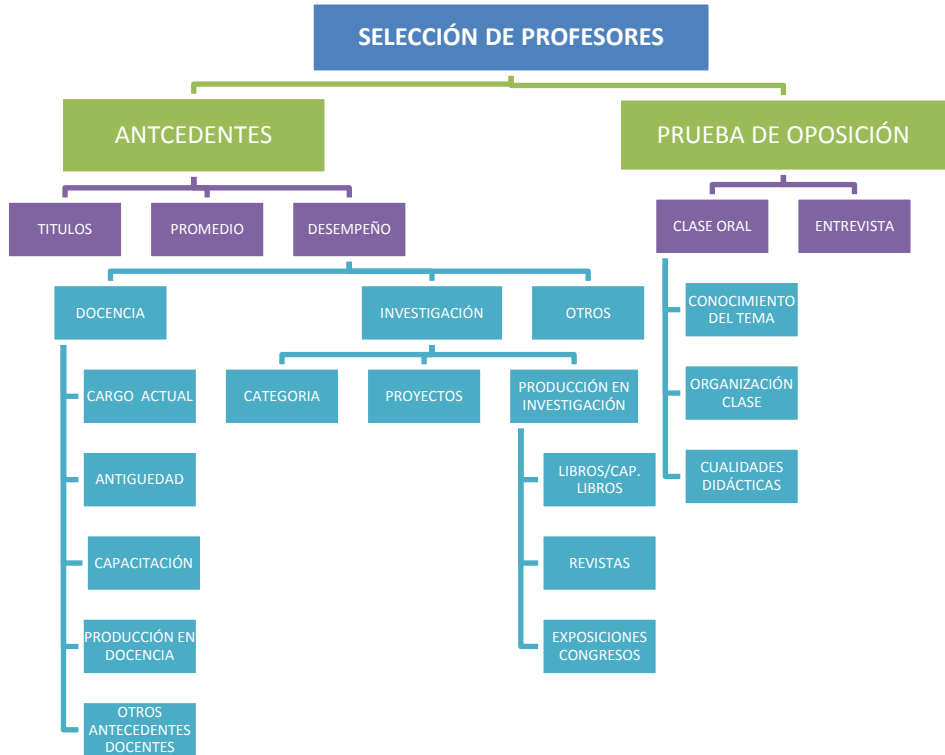
- ✓ Se permite introducir variaciones según sea el problema a resolver, como por ejemplo, puntos de referencias.
- ✓ Con respecto a las decisiones grupales, la metodología presentada pretende que el proceso de deliberación entre los decisores se realice *ex – ante* sobre la definición del proceso de decisiones, criterios y valores a considerar y no *ex post* sobre la valoración de las alternativas.
- ✓ Es importante destacar que el modelo busca que la decisión grupal se construya a partir de las opiniones individuales intentando que represente las preferencias y valores de todos los miembros del grupo de decisión.
- ✓ Los procesos deliberativos buscan lograr un consenso; van puliendo las decisiones individuales incorporando diferentes puntos de vista, con el objetivo de que sean aceptadas por todo el grupo y que no sean rechazadas individualmente por ninguno de los integrantes. No obstante; estos procesos presumen una serie de supuestos, como por ejemplo: el compromiso y la voluntad de participación de todos los integrantes del grupo de decisión, la igualdad de fuerza o poder, la capacidad de integración y comunicación, la independencia de intereses particulares, una conducta ética y responsable, etc. que no siempre se presentan en la misma proporción entre quienes toman las decisiones públicas.

REFERENCIAS

- Brauers W., Zavadskas E. (2006): "The MOORA method and its application to privatization in a transition economy". Control and Cybernetics, vol 25, N° 2.
- Brauers W., Zavadskas E., Peldscus F., Turskis Z. (2008): "Multi.Objective Decision Making for Road Design versión obtenida el 17/12/2013. www.transport.vgtu.lt
- Brauers W., Zavadskas E. (2010): "Project Management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies." Technological and Economic Development of Economy. Versión obtenida el 20/01/2014.

- http://www.researchgate.net/publication/247904798_Project_management_by_multimooora_as_an_instrument_for_transition_economies
- Opricovic S., Tzeng, G. (2004): "Compromise Solution by MCDM methods: a comparative analysis of Vikor and TOPSIS" European Journal of Operational Research, 156, pp. 445-45
- Honorable Consejo Directivo. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba. Ordenanza N° 323/88. Versión obtenida el 15/02/2014
- <http://sistemas.eco.unc.edu.ar/normativa/archivos/3%20Ord.%20323-88%20Mod.%20Ord.%20335-89,%20399-02%20y%20402-02.pdf>
- Roy, B. (1985): "Methodologie Multicritère d'Aide a la Decision" Económica. Paris, Francia.
- Yoon, K., Hwang, C.L. (1995): "Multiple Attribute Decision Making: An Introduction". Sage. California, USA.

Anexo N° 1: Jerarquía del problema por niveles



Anexo N° 2: Matriz de respuestas y pesos asignados por cada evaluador

DECISOR	POST.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
A	A	5	5.18	4	10	7	0	0	0	4	4	1	8	7	7	10
	B	5	9.22	5	10	10	5	7	0	10	10	8	10	9.50	9.50	7
	C	7.50	6.28	8	10	10	4	7	8	8	9	8	10	10	10	8
	D	6.25	9.96	7	0.50	0	2	7	0	0	0	1	10	9.50	9.50	10
	E	8.50	9.53	5	10	7	0	7	0	5	2.50	2	10	9.50	9.50	9
	F	5.50	7.02	4	6	7	0	2	0	6.50	1	2	10	9.50	9.50	7
	G	5	6.99	0	0	3	0	1	0	3	3	0	4	4	4	7
	H	7.50	7.20	8	9	10	7	2	8	8	10	8	10	9.50	9.50	8
	I	7	6.10	6	10	8	0	2	0	0	2	2	8	7	7	9
	J	5	4.47	6	10	5	0	0	0	2	1	3	7	7	7	9
	K	5	8.98	4	3	7	0	2	0	4	0	3	8	8	7	10
PESOS		0.080	0.120	0.035	0.042	0.028	0.021	0.014	0.016	0.012	0.012	0.020	0.200	0.140	0.060	0.200
B	A	5	5.18	4	10	8	1	1	0	5	5	1.50	8	8.50	8	10
	B	5	9.22	4	9	8	5	6	2	9	9	9	9	9.50	9	8
	C	7	6.28	8	10	9	5	7	7	8	9	8	10	9	10	8
	D	6	9.96	8	1	1	3	6	0	1	0	2	9	9	9	9
	E	8	9.53	5	9	8	0.50	7	4	4	3	2	10	9.50	10	9
	F	5	7.02	4	6	7	0	3	0	6.50	1	3	8	9.50	10	8
	G	4.50	6.99	1	1	4	0.50	1	0	4	3	1	6	6	5	7
	H	7	7.20	7	8	9	6	3	7	8	9	7	10	10	10	9
	I	7	6.10	7	9	8	1	2	0	1	2	2	9	8.50	8	8
	J	5	4.47	5	10	6	0.50	1	0	3	1	3	6	7	7	9
	K	5	8.98	4	4	7	0	2	0	4	1	3	8	8	7	10
PESOS		0.080	0.120	0.030	0.044	0.030	0.024	0.012	0.014	0.013	0.013	0.020	0.220	0.150	0.030	0.200
C	A	4	5.18	4.36	8	6.44	0	0	0	5.20	2.50	1.15	7.60	6.23	6.30	7.80
	B	4	9.22	5.45	8	9.20	6	7.84	0	10	10	9.20	9.50	8.45	8.55	5.46
	C	7.50	6.28	8.72	8	9.20	4.80	7.84	7.20	8	9	9.20	9.50	8.90	9	6.24
	D	6.25	9.96	7.63	0.40	0	2.40	7.84	0	0	0	1.15	9.50	8.45	8.55	7.80
	E	8.50	9.53	5.45	8	6.44	0	7.84	0	5.50	3	2.30	9.50	8.45	8.55	7.02
	F	5.50	7.02	4.36	4.80	6.44	0	2.24	0	8	1	2.30	9.50	8.45	8.55	5.46
	G	5	6.99	0	0	2.70	0	1.12	0	2.50	3.50	0	3.80	3.56	3.60	5.46
	H	7	7.20	8.72	7.20	9.20	8.40	2.24	7.20	9	10	9.20	9.50	8.45	8.55	6.24
	I	6.50	6.10	6.54	8	7.36	0	2.24	0	0	1.50	2.30	7.60	6.23	6.30	7.02
	J	5	4.47	6.54	8	4.60	0	0	0	1.50	1.20	3.45	6.65	6.23	6.30	7.02
	K	5	8.98	4.36	2.40	6.50	0	2.24	0	4.20	0	3.45	7.60	7.12	6.30	7.80
PESOS		0.080	0.12	0.040	0.030	0.030	0.018	0.014	0.019	0.015	0.014	0.02	0.21	0.12	0.070	0.200

Anexo N° 3. Resultados

ALTERN.	DEC. A	ALTERN.	DEC. B	ALTERN.	DEC. C	ALTERN.	GRUPAL
H	0.3476	H	0.3495	H	0.3484	H	0,3485
C	0.3460	C	0.3403	C	0.3483	C	0,3448
B	0.3270	E	0.3316	E	0.3258	E	0,3276
E	0.3254	B	0.3253	B	0.3221	B	0,3248
D	0.3047	D	0.2922	D	0.3067	D	0,3011
F	0.2748	I	0.2813	F	0.2766	F	0,2734
K	0.2710	A	0.2754	K	0.2723	K	0,2728
I	0.2662	K	0.2750	I	0.2631	I	0,2701
A	0.2568	F	0.2688	A	0.2516	A	0,2611
J	0.2404	J	0.2361	J	0.2388	J	0,2384
G	0.1662	G	0.2001	G	0.1678	G	0,1774

EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EMPLEANDO DEA PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS FINANCIEROS

SOFIA C. CORTABERRIA - JOSEFINA RACAGNI - HERNAN P. GUEVEL
scortaberria@gmail.com - jracagni@gmail.com - heguevel@gmail.com

Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Córdoba

Palabras Clave: Eficiencia, DEA, Índice de Malmquist, Empresa de Servicios Financieros, BSC.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo representa la profundización del análisis de eficiencia aplicado a una importante empresa de Servicios Financieros de la ciudad de Córdoba, comparativo con los resultados provistos por el Tablero de Comando (BSC) con que trabaja internamente la institución. Aquella etapa previa, junto con el trabajo realizado con sus autoridades, resultó determinante al momento de seleccionar las variables con las que hemos trabajado.

El objetivo de la etapa presentada a continuación es analizar si las variaciones en la eficiencia de las sucursales de la empresa bajo estudio consideradas³, se deben a una mejora (desmejora) en el uso de los recursos asignados a las mismas, a un cambio técnico en los procesos que le permiten generar los servicios brindados, o a una combinación de ambos, y si tal combinación se traduce o no en un cambio en su productividad. Para ello, utilizamos el Índice de Malmquist orientado a las entradas, bajo el supuesto de retornos constantes a escala⁴, de acuerdo al enfoque propuesto por Färe *et al.*

³ Por razones de confidencialidad no divulgaremos el nombre de la misma ni de sus sucursales.

⁴ Cabe aclarar que también es posible calcular esta medida de cambio productivo como las diferencias en el máximo output alcanzable dados determinados niveles de inputs (orientado a los outputs), e incluso suponer retornos variables a escala. En el presente, continuamos trabajando con los supuestos empleados al analizar la eficiencia del sistema al final de cada semestre.

(1994) y Lovell (2003), sobre la base de los trabajos previos de Malmquist (1953) y Caves *et al.* (1982).

El texto base del presente capítulo dio origen a un trabajo presentado bajo la modalidad de “Resumen Extendido” en el **XXVIII ENDIO** (Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa) - **XXVI EPIO** (Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa) – **RED-M VIII** (Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicriterio)⁵, habiendo sido evaluado y aprobado por el comité científico del evento.

2. METODOLOGÍA

Para analizar la eficiencia de las sucursales consideradas, empleamos el Análisis Envolvente de Datos (*Data Envelopment Analysis*). En este marco, todas las unidades evaluadas (*Decision Making Units*, en adelante, DMUs), utilizan las mismas m entradas para generar las mismas s salidas y trabajamos con un sistema conformado por n DMUs.

Cuando hablamos de eficiencia, nos referiremos a la “eficiencia técnica” en el sentido de Pareto-Koopmans, es decir que una unidad es eficiente si no puede aumentar sus salidas sin aumentar alguna entrada, o bien, si no puede disminuir alguna entrada sin disminuir alguna salida. Aunque es frecuente emplear los términos “eficiencia” y “productividad” en forma indistinta, Coll Serrano y Blasco (2006), los diferencian afirmando que la productividad media de un factor se refiere al número de unidades de *output* que se pueden producir por unidad de *input* empleada, existiendo la posibilidad de que una empresa sea técnicamente eficiente pero no haya logrado la máxima productividad, que podría alcanzar, por ejemplo, por cuestiones de economías de escala.

A los fines de clasificar las variables como “entradas” o “salidas”, siguiendo a Alberto *et al.* (2000), adoptamos el criterio de considerar a un indicador como “variable entrada” cuando, manteniendo constantes los valores de todos los demás indicadores, la eficiencia de las DMUs disminuye, en caso de aumentar el valor del indicador considerado; y considerar a un indicador como “variable salida” si, al

⁵ Ver Cortaberría, Racagni y Guevel (2015).

augmentar el valor de tal indicador, manteniéndose constantes los valores de los restantes, la eficiencia de la DMU aumenta.

En cuanto a la evolución de la eficiencia en el tiempo, y su relación con el concepto de productividad, el Índice de Malmquist (IPM), permite descomponer los cambios en la productividad total de los factores, entre el cambio en la eficiencia (llamado también efecto “*catching-up*”) y el cambio técnico o desplazamiento de la frontera (progreso o regreso técnico). Tal como lo expresa Pastor (1995), tal descomposición se realiza comparando las variaciones en las medidas de eficiencia de dos períodos consecutivos, t y $t+1$, y tomando como referencia la tecnología de uno de ellos. Por tanto, existe la posibilidad de obtener dos índices de productividad, dependiendo de cuál de ellos se tome como período de referencia. Para resolver esta situación, Färe *et al.* (1992) proponen trabajar con un índice calculado como la media geométrica de ambos.

Teniendo en mente las consideraciones precedentes, el cálculo del IPM orientado a las entradas, suponiendo rendimientos constantes a escala para una determinada DMU₀, al que llamaremos IPM₀, se calculará como:

$$IPM_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \frac{D_0^t(y^t, x^t)}{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \sqrt{\frac{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D_0^{t+1}(y^t, x^t)}{D_0^t(y^t, x^t)}} \quad (1)$$

y requiere que se calculen cuatro medidas de distancia a partir de las observaciones de cada período de tiempo:

$D_0^t(y^t, x^t)$ representa la medida de eficiencia técnica obtenida para la DMU₀ en el período t , empleando las observaciones de tal período, para esa y las demás DMUs;

$D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})$ representa la medida de eficiencia técnica obtenida para la DMU₀ en el período $t+1$, empleando las observaciones de ese período, para todas las DMUs;

$D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})$ representa la medida de eficiencia técnica obtenida para la DMU₀ en el período t , empleando las observaciones para la misma del período $t+1$ y para las demás DMUs, las del período t .

$D_{DMU_0}^{t+1}(y^t, x^t)$ representa la medida de eficiencia técnica obtenida para la DMU_0 en el período $t+1$, empleando las observaciones para la misma del período t y para las demás DMUs, las del período $t+1$.

El primer factor de (1) representa el cambio en la eficiencia técnica y el segundo, bajo la raíz, el desplazamiento de la frontera técnica para la DMU_0 entre t y $t+1$.

3. APLICACIÓN

La empresa cuyas sucursales fueron analizadas opera en todo el territorio de la República Argentina. Es la principal emisora de tarjetas de crédito del país con 7.155.614 tarjetas activas, alrededor de 215 sucursales, 204.570 comercios adheridos, 3.771 colaboradores. Su volumen de actividad al momento del estudio rondaba las 117.858.000 operaciones anuales y una facturación anualizada en 2014 de \$39.522 millones.

El territorio nacional se divide para su organización en 10 regiones, según la geografía y su estrategia corporativa, subdivididas en zonas compuestas por sucursales, que pueden ser de dos tipos:

- Polifuncionales: son aquellas que brindan servicios a los clientes y comercios y además realizan ventas a nuevos clientes.
- Funcionales: subdividas y especializadas en:
 - Ventas: sólo realizan ventas de productos y servicios a nuevos clientes.
 - Comercios: sólo brindan servicios a comercios.
 - Clientes: solo brindan servicios a clientes de la empresa.

En general, en las ciudades más grandes hay varias sucursales de clientes. Las especializadas en ventas y comercios suelen utilizar el lugar físico de las sucursales de clientes, pero se identifican como centros de costos diferenciados.

Se trata de una organización con una fuerte orientación al cliente, plasmada en una política de calidad que ocupa una posición muy importante entre los objetivos de su conducción y que es permanentemente evaluada a través de un Tablero de Comando (BSC), que sintetiza en un único cuadro o tablero, los indicadores y objetivos que muestran como la empresa trabaja en función de su

visión y estrategia, es decir, logra traducir la estrategia en mediciones de cómo se están alcanzando los objetivos planteados.

El BSC presenta las cuatro perspectivas tradicionales de esta herramienta donde se incluyen indicadores con objetivos a alcanzar, porcentajes de cumplimiento y puntajes asignados al cumplimiento logrado para el cómputo del puntaje general de cada unidad. El tablero totaliza 400 puntos, donde cada perspectiva suma 100 puntos que se dividen en la cantidad de indicadores que cada una tenga, utilizando distintas ponderaciones según el juicio de expertos, de la conducción de la organización, relacionadas con su impacto en la estrategia de la empresa.

En particular, emplearemos una selección de variables, extraídas de entre los indicadores confeccionados por la Empresa para su BSC, relevantes para la medición de la eficiencia de las 31 DMUs que conforman el sistema estudiado.

Consideraremos 19 variables en total. La variable “Gastos del local (sin ventas) por resumen ajustado”, representa el importe promedio erogado del semestre, medido en pesos, y es la única variable clasificada como “entrada”. Los 18 indicadores restantes, clasificados como variables de “salida”, son⁶: Resúmenes de cuenta, Aperturas de cuenta ponderadas, Stock / Venta de débitos, Adicionales nuevos clientes, Adicionales clientes activos, Revista, Facturación por resumen, % de recupero Mora hasta 30 días, % de recupero Mora hasta 60 días, % de recupero Mora hasta 90 días, Gestión Operativa Titulares, Gestión Operativa Comercios Adheridos, Gestión de Mora, Acciones Comerciales, Resultado Evaluación Democrática a Conductores, Expertos en Atención a Clientes, Expertos en procesos de Titulares y Expertos en procesos de Comercios Adheridos, medidas a través de los porcentajes de cumplimiento de objetivos, acumulados para los semestres finalizados en Octubre de 2011, Abril de 2012, Octubre de 2012 y Abril de 2013.

Todos los datos fueron procesados empleando el paquete “*nonparaeff*” del software “R”. De los resultados obtenidos surge la Tabla 1, que muestra el valor promedio para el IPM y su descomposición para cada par de períodos.

6 Para mayor detalle sobre la descripción de las variables consultar Cortaberría y Racagni (2014).

Tabla 1: Variación promedio del IPM y Valores Máx y Mín

	Abril 12/Oct 11			Oct 12/Abril 12			Abril 13/Oct 12		
	IPM	CE	CT	IPM	CE	CT	IPM	CE	CT
Promedio	0,874	1,262	0,698	0,895	0,988	0,905	1,066	1,033	1,029
Maximo	1,258	1,993	0,864	1,347	1,458	1,028	1,596	1,522	1,248
Minimo	0,441	0,788	0,441	0,534	0,587	0,723	0,714	0,715	0,855

Observando la comparación Abril2012-October2011, podemos notar que las DMUs mostraron, en promedio, una menor productividad, plasmada en una desmejora promedio del 13%, con valores que van desde una mejora del 25,8% hasta una desmejora máxima de 53,9%. El cambio en la medida de eficiencia, muestra, en promedio, una evolución positiva del 26,2%, mientras que los efectos del desplazamiento de la frontera técnica, que revelan una desmejora promedio del 14,6%, serían los responsables del deterioro de la productividad, impactando negativamente sobre la evolución de todas las filiales de la empresa en este período.

Para el período Abril2012-October2012, se sigue observando, en general, una situación desfavorable, con una caída en la productividad promedio del 10,5%, aunque con índices de cambios en la eficiencia y tecnológico más cercanos a 1, lo cual indica una evolución más estable. Respecto a las causas de tal comportamiento, la variación media, tanto de la eficiencia en el uso de los recursos, como del desplazamiento de la frontera, son negativas, mostrando un retroceso promedio del 2,2% y 9,5% respectivamente, con un menor impacto del cambio en la eficiencia.

Finalmente, entre October2012 y Abril2013, mejora levemente el desempeño general, plasmado en un IPM (promedio) de 1,066. Tanto el valor medio de la evolución en la eficiencia como el cambio tecnológico, superan la unidad. Respecto a las causas, no pueden ser fácilmente atribuibles a alguno de los dos efectos.

Se observa también, una evolución positiva con el transcurso del tiempo. Tanto en el IPM como en sus componentes, el número de DMUs que experimentaron una mejora en su productividad, semestre a semestre, es de 7 de 31 entre Abril de 2012 y October de 2011, 5 de 31 entre October y Abril de 2012 y 15 unidades sobre el total, entre Abril de 2013 y October de 2012.

4. CONCLUSIONES

Al tratarse de un problema multi-período, el Índice de Malmquist permitió desagregar la evolución en la productividad entre el cambio en el uso de los recursos y los cambios “tecnológicos” en los procesos internos de las unidades y, a partir de esta nueva información, revisar las recomendaciones obtenidas al realizar el análisis de eficiencia previo, que se refería puntualmente a cada semestre.

La información suministrada por el índice resulta útil para agregar valor a la toma de decisiones respecto a la gestión de las sucursales analizadas. Permite reconocer los avances (retrocesos) en la utilización de recursos en cada sucursal y agrega información sobre las mejores prácticas, que aporta una perspectiva más amplia para la asignación de recursos y la orientación de esfuerzos dentro de la empresa.

Sería deseable trabajar con una selección diferente de variables, independientes de los indicadores del BSC y mejorar la relación entre el número de Entradas-Salidas/DMUs a fin de lograr una mejor discriminación entre unidades eficientes e ineficientes y lograr una mejora en las recomendaciones a brindar a la Empresa en cuanto a los cambios necesarios para mejorar el desempeño de las diferentes sucursales.

5. REFERENCIAS

- Alberto, C. L.; Pérez Mackeprang, C. O., Carignano, C. E.; Funes, M. (2000): *Evaluación de la Eficiencia en Investigación Científica y Desarrollo Experimental en Países Iberoamericanos*. Publicado en Anales del X CLAIO. México D.F., México.
- Caves, D. W., Christensen, L. R. Y Diewert, W. E. (1982): *The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity*". *Econometrica*, Vol 50 (6), pp. 1393-1414.
- Coll Serrano, V. y Blasco, O. (2006). *Evaluación de Eficiencia Mediante el Análisis Envolvente de Datos. Introducción a los Modelos Básicos*. Universidad de Valencia. ISBN: 84-690-1436-6. Libro electrónico de

acceso gratuito en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/197/>.

- Cortaberría, S. y Racagni, J. (2014): *Evaluación de Eficiencia Empleando DEA Aplicada a Sucursales de una Empresa Financiera*. Publicado en Anales del XVII CLAIO. Monterrey, México.
- Cortaberría, S., Racagni, J., Guevel, P. (2015): *Evolución de la Eficiencia y Productividad empleando DEA para una Empresa de Servicios Financieros*. Anales XXVIII Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa – XXVI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa - RED M VIII. Bahía Blanca, Argentina.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang. Z. (1994): *Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries*. The American Economic Review, Vol 54, pp. 56-83.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. y Roos, P. (1992): *Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Nonparametric Malmquist Approach*. Journal of Productivity Analysis, Vol 3 (3), pp. 85-101.
- Lovell, C.A.K. (2003): *The Decomposition of Malmquist Productivity Indexes*. Journal of Productivity Analysis, Vol 20, pp. 437-458.
- Malmquist, S. (1953): *Index Numbers and Indifference Surfaces*. Trabajos en Estadística, Vol 4, pp 209-242.
- Pastor, J. (1995): *Eficiencia, Cambio Productivo y Cambio Técnico en los Bancos y Cajas de Ahorro Españolas: un Análisis de Frontera no Paramétrico*. WP-EC 95-09. ISBN 84-482-1023-9. Valencia.

RANKING OF PERFORMANCE THROUGH A NON PARAMETRIC MODEL CASE OF JUSTICE IN ARGENTINA

CATALINA LUCÍA ALBERTO
catalina.alberto@gmail.com

MIGUEL ANGEL CURCHOD
curchod@gmail.com

NOELIA AZCONA
noelia.azcona@gmail.com

National University of Córdoba
Argentina

Key words: Data Envelopment Analysis. Justice. Argentina.

1. INTRODUCTION

The objective of the study is to deepen the analysis of the performance of the administration of justice in the provinces of the Argentina⁷. In this opportunity we propose to do an analysis of technical efficiency by the comparison of the used inputs, the outputs obtained and ideal of each of these values. In this way, comparisons are made between the inputs used in the process of transforming inputs variables in output variables and the minimum necessary quantities; or, between the outputs obtained and the maximum achievable.

Among the techniques most widely used for measuring technical efficiency are models DEA that calculate an empirical border from the observed data using non-parametric techniques. The consulted bibliography recounts abundantly the use of these methods in the efficiency evaluation in the courts of Justice in countries like United States, Canada and European countries

⁷ The authors presented a preliminary study in which addressed with a MCDA method analysis of the Judicial System in Argentina. Fourth Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Making (Eureka 2013). Mazatlan, Mexico. November 6-8 of 2013.

(Francisco García J. et al, 2007); however, it is not so common in Latin American countries. In the consulted works you can see that the technique usually employed, in cases similar to the one that concerns us, is DEA, even when they have also been found using parametric models (Pedraja, f. et to the. 1996). Also, it has been observed that, independently of the technique used, (inputs) inputs and outputs (outputs) defined do not differ mostly in the reviewed work. The work is organized as follows, in paragraph 2 discusses the characteristics of the system of administration of Justice in Argentina. In point 3 the DEA models used are described. Next is the implementation, results and conclusions of the study.

The authors expressly stated that the basis of this chapter text gave rise to a paper presented at the Eureka Virtual Physical Meeting 2014, Culiacan, Mexico. The paper was evaluated and approved by the scientific committee of the event.

2. CHARACTERIZATION OF THE JUSTICE SYSTEM IN ARGENTINA

The administration of justice in Argentina is organized in two jurisdictions: the ordinary justice and the federal justice.

The ordinary justice is administered and organized by each province according to the autonomy that the Constitution confers on article 5°. For this reason, the judicial organization is different in each province of the Republic in accordance with established by the respective provincial constitutions. Most of the provinces are organized through Magistrates Courts, Courts of First Instance, Cameras of Appeal and a High Provincial Court. The Argentine Republic recognizes 24 provincial jurisdictions on which the analysis is performed in this work.

The federal justice is the exception and deals with the cases specially established in the Constitution. The territory of the Republic is divided in 17 federal jurisdictions.

The present study is carried out on the provincial jurisdictions without dabble in different topics serving the service of Justice, this is: criminal, civil, commercial and labor. Neither organs distinction is done nor of instances. Its intention is to give an integral vision of the use of the resources allocated by each province in terms of its efficiency.

3. DEA MODELS

From this methodology it is possible to identify the technological frontier based on units that, by its good results, are considered as those that perform the best production practices in relation to the other units. In this way, establishing a frontier of reference through which it is possible to define efficiency measures. These measures are calculated as the ratio between the weighted sum of outputs and the weighted sum of inputs. These weights are determined for each DMU through the results of an optimization model and ensure the highest possible efficiency.

It is essential for the application of DEA to analyze units (DMUs - decision making units), in this case the units of administration of justice in the Republic of Argentina, are relatively homogeneous (Charnes et al. 1978), this means that perform similar tasks in similar market conditions and looking for similar objectives.

Suppose n DMUs to evaluate where each DMU_j ($j = 1, \dots, n$) produces s outputs y_{rj} ($r=1, \dots, s$) using m inputs x_{ij} ($i=1, \dots, m$).

DEA uses the following measure of efficiency for the DMU_j :

$$h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

Where v_i ($i=1, \dots, m$) and u_r ($r=1, \dots, s$) are the weights or weights of the inputs and outputs, respectively. These weights for the j^{th} DMU can be calculated using the following problem of mathematical programming:

$$\begin{aligned} h_o^* &= \max h_o \\ \text{suje}to & a \\ h_j &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n \\ v_i, u_r &\geq 0 \\ i &= 1, \dots, m \\ r &= 1, \dots, s \end{aligned} \quad (2)$$

The expression (3) represents the ratio of the weighted sum of outputs and the weighted sum of inputs for the evaluated DMU (DMU_o). Calculating this model for each unit, to obtain the n DEA efficiency rates, h_j^* associated with each DMU, where each of them will be associated with $(m+s)$ optimal weights, corresponding to each input and each output weights.

$$h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (3)$$

While large is h_j^* , the better will be the performance of the DMU_j with respect to its efficiency. However, the greatest possible value is 1, because of the restrictions imposed in the mathematics program. If $h_j^* = 1$ then DMU_j is relatively efficient.

The first DEA model was proposed by Charnes, Cooper, and Rhodes in 1978, called CRS Model assumes constant returns to scale. The second model, called the VRS assumes variable returns to scale (Banker, Charnes and Cooper, 1984). Several formulations of DEA models were subsequently developed.

The CRS and VRS models generally get more of a DMU with rates equal to one, that is, several units sharing first place preventing obtain a total order strict. To prevent this from happening, Andersen and Petersen (1993) introduce a modification to the model (2) excluding the restriction $h_o \leq 1$ for DMU_o, of the form:

$$\begin{aligned} h_o^* &= \max h_o \\ \text{sujeto a} \\ h_j &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad y \quad j \neq o \\ v_i, u_r &\geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

This allows to evaluate efficient DMUs with efficiency ratios bigger than one, breaking with the draws that frequently occur in the applications of DEA, which make it difficult to perform a strict ordering. This model is known by the name of Superefficient Model.

4. APPLICATION

To analyze the performance of the ordinary justice in each province we propose to use the Superefficient model with constant returns.

The following input variables are defined:

- ✓ Magistrates (M): this variable represents the number of judges, appellate judges, members and ministers appointed by province.
- ✓ Staff (S): The number of judicial officials.
- ✓ Employees (E): The number of judicial employees.

Output variables considered are:

- ✓ Resolution rate (RR) = defined as the ratio between the number of resolved cases and the number of entered cases. The numerator includes the cases that were resolved during the year under review, including endings for definitive judgments and other modes that put an end to the process (mediation, conciliation, transactions, expiration dates). The denominator on the other hand, indicates the number of cases entered for the first time in the judicial system in the year reported.
- ✓ Population (P): The number of habitants by province.

DMUs are defined as the administration of justice of each province and the Autonomous City of Buenos Aires (C.A.B.A)⁸

Thus defined, the conceptual model has 3 inputs and 2 output and 19 DMUs, fulfilling recommended by Cooper, Seiford and Tone rule (2004), which indicates that:

$$n \geq \text{Max} \{(m * s); 3(m + s)\}$$

The data is for the year 2010 (shown in Appendix 1) and were obtained from published statistics judicial of the Argentine Provinces and CABA Board prepared by the Federal Courts and Superior Courts of the Argentine Provinces and City Autónoma de Buenos Aires.

To resolve the Super-efficient DEA model we used Banxia 4 Frontier Analyst software.

⁸ There was excluded from the study the judiciary of the provinces of Río Negro, San Luis, Saint John, Jujuy and Santa Cruz because is not information available for any of the analyzed variables.

The efficiency indices obtained for each province are shown in annex 2.

Annex 3 lists the following additional information:

- ✓ Number of times that each efficient province was referring.
- ✓ The references and the percentage of reduction of inputs and increased outputs are identified for the provinces that were inefficient.

These values of potential improvement provide very useful information to the inefficient units in the sense that you indicate the changes in inputs and outputs that you would be projected to the efficient frontier.

5. ANALYSIS OF THE RESULTS

The results obtained, we can emphasize the following aspects:

Regarding Efficient Units:

- ✓ Results shows that five provinces are efficient. They are: Tierra del Fuego, C.A.B.A, Formosa, Entre Ríos and Santa Fe.
- ✓ C.A.B.A was 14 times benchmark, then between rivers (12 times), Formosa and Tierra del Fuego in 10 opportunities, while Santa Fe only four times.

Regarding the Inefficient Units:

- ✓ Fourteen provinces were inefficient, with index values between 85% and 44%. The average efficiency in units inefficient group is 63.25%.
- ✓ Inefficient provinces: Buenos Aires, Santiago del Estero, Salta, la Pampa, La Rioja, Misiones and Tucumán obtained better performance than the average of their group.
- ✓ Seven inefficient provinces are below the average efficiency of its group (Córdoba, Corrientes, Chaco, Chubut, Neuquén, Catamarca and Mendoza).

Regarding the input and output variables:

- ✓ Global potential improvements (Annex 4) shows a strong influence of the output variable resolution rate (RR) in the potential of the system with respect to the remaining variables improvement.
- ✓ There are provinces whose potential to become efficient depends mainly on the increase in this variable (RR), such as large provinces such as Buenos Aires, Cordoba and Mendoza.
- ✓ Small provinces have mostly proportional potential improvements in outputs (zero values associated with the slack variables).

6. CONCLUSIONS

We believe that the study is useful for administrators of justice in the provinces of Argentina. Considering that the DEA models obtain efficiency values of a unit from the comparison with the performance of their peers, the results allow them aware of the situation of each province in comparison with the rest.

The case of inefficient provinces the results suggest the modifications that they should try to incorporate to increase its performance. It is considered important that the intervention measures put special emphasis of increasing the rate of resolution (RR), as this is a variable directly controllable by decision makers.

The work leaves open some lines of research that the authors addressed in future work. One is related to the greater disaggregation of the data, so for example, it would be desirable to deepen the analysis inherent in the different jurisdictions that serves the administration of justice (criminal, civil, labor and commercial).

We also expected to develop a hybrid model for integrating DEA with MCDA models as a way to use analysis and allow a greater degree of participation decision makers; increasing in this way, the possibilities of achieving the implementation of the recommendations arising from the results of the model.

REFERENCES

- Andersen P. y Petersen N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 39, 1261-1264.
- Banker R., Charnes A., Cooper W. (1984). *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA*. *Management Science*, Vol. 30 (9), pp. 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). *Measuring efficiency of decision making units*, *European Journal of Operational Research* 6, Vol 2, pp. 429 - 444.
- Cooper W., Seiford L. y Tone K. (2000): *Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, USA.
- Garcia F. and Castro J. R. (2007). Model Application Data Envelopment Analysis to the Court of Appeals. *Political Report Series* 98, ISSN 0717-1560.
- Pedraja-Chaparro F. And Salinas Jiménez J. (1996). *An assessment of the efficiency of Spanish Courts using DEA*. *Applied Economics* 28 (1996), 28, pp.1391-1403.
- Statistics judicial branches of the Argentine Provinces and CABA Retrieved from <http://www.jufejus.org.ar/assets/files/ACTIVIDADES/Estadisticas/Publicaciones/Indicadores%20provinciales%202010.pdf>.

ANNEX 1
Data input and output variables

Province	Magistrates	Staffs	Employees	Population	Resolution Rate
Buenos Aires	1206	7820	10567	15625084	0.77
Catamarca	75	256	795	367828	0.72
Chaco	193	797	1381	1055259	0.72
Chubut	95	473	929	509108	0.74
C.A.B.A	65	969	1652	2890151	0.81
Córdoba	541	1304	3775	3308876	0.39
Corrientes	121	525	1408	992595	0.62
Entre Ríos	214	189	1028	1236300	0.65
Formosa	62	69	677	530162	0.57
La Pampa	121	154	485	318951	0.71
La Rioja	70	199	0	333642	0.65
Mendoza	239	1127	2620	1738929	0.35
Misiones	142	381	1072	1101593	0.33
Neuquén	71	495	941	551266	0.68
Salta	124	409	1164	1214441	0.58
Santa Fe	326	998	1829	3194537	0.73
Santiago del Estero	70	274	969	874006	0.29
Tierra del Fuego	33	122	248	127205	0.88
Tucumán	117	769	1299	1448188	0.76

ANNEX 2
Efficiency Ranking

Province	Score
Tierra del Fuego	421.45
C.A.B.A	356.12
Formosa	170.70
Entre Rios	125.14
Santa Fe	103.11
Buenos Aires	84.52
Sgo. del Estero	78.84
Salta	77.16
La Pampa	75.24
La Rioja	72.39

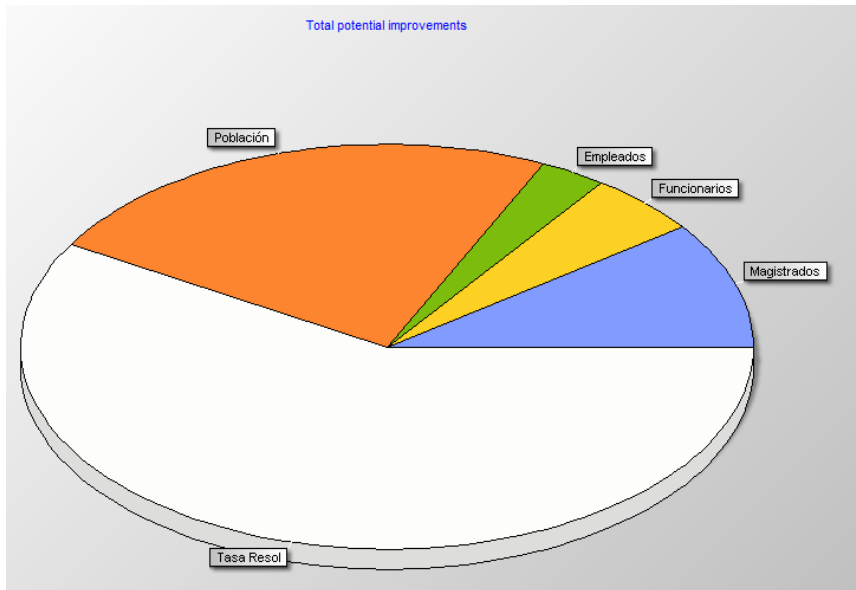
Province	Score
Misiones	71.97
Tucuman	69.38
Cordoba	61.58
Corrientes	54.41
Catamarca	53.97
Chaco	50.05
Neuquen	46.18
Chubut	45.77
Mendoza	43.98

ANNEX 3

Potential improvements. Benchmark units

Province	Score	Decrease Magistrates (%)	Decrease Staff (%)	Decrease Employee (%)	Increase Populatio (%)	Increase RR (%)	Times Benchmark
Buenos Aires	84.52	-65.52	-20.74	0.00	18.32	572.88	0
C.A.B.A	356.12	0.00	-73.74	-45.53	-71.92	-66.75	14
Catamarca	53.97	0.00	0.00	-1.74	85.28	85.28	0
Chaco	50.05	-59.76	-1.32	0.00	99.78	99.78	0
Chubut	45.77	0.00	0.00	0.00	118.49	118.49	0
Cordoba	61.58	0.00	0.00	0.00	62.38	454.47	0
Corrientes	54.41	0.00	0.00	0.00	83.80	83.80	0
Entre Rios	125.14	-48.32	0.00	0.00	-20.09	20.23	12
Formosa	170.70	-9.57	0.00	-57.45	-41.42	-41.42	10
La Pampa	75.24	-32.29	0.00	0.00	32.90	32.90	0
La Rioja	72.39	0.00	0.00	0.00	38.13	38.13	0
Mendoza	43.98	0.00	0.00	0.00	127.38	320.59	0
Misiones	71.97	0.00	0.00	0.00	38.95	87.23	0
Neuquen	46.18	0.00	0.00	0.00	116.57	116.57	0
Salta	77.16	0.00	0.00	0.00	29.60	29.60	0
Santa Fe	103.11	-68.30	0.00	0.00	-3.02	26.46	4
S. del Estero	78.84	0.00	0.00	0.00	26.84	137.42	0
T. del Fuego	421.45	-31.18	-79.28	0.00	52.67	-76.27	10
Tucuman	69.38	-44.31	-2.76	0.00	44.13	44.13	0

ANNEX 4 Global potential improvements



Magistrados	-10,08 %
Funcionarios	-4,99 %
Empleados	-2,94 %
Población	23,53 %
Tasa Resol	58,46 %

RETURNS TO EDUCATION IN ARGENTINA: A REGIONAL ANALYSIS

FACUNDO QUIROGA MARTÍNEZ ⁽¹⁾
fquirogamartinez@gmail.com

ESTEBAN FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ ⁽²⁾
evazquez@uniovi.es

CATALINA LUCÍA ALBERTO ⁽¹⁾
catalina.alberto@gmail.com

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba.
Argentina

⁽²⁾ Department of Applied Economics, Universidad de Oviedo. España

Keywords: Returns to human capital, Wage gap decomposition, Mincer equations, Argentina.

JEL: J3, R1, R2

1. INTRODUCTION

The study of regional differences in Argentina in terms of returns to education is highly relevant, primarily due to the existence of deep inequalities in the configuration of regional structures in this country. The main differences are based on several economic and demographic characteristics across regions that have an impact on the social dynamics of such regions.

This issue has been acknowledged in the literature, in order to get a full understanding of the dynamics that might explain those dissimilarities, especially in the educational and labour fields. However, empirical literature or the case of Argentina is still limited.

The analysis of regional differences in human capital, as well as their impact on private returns to education – i.e. income levels of individuals –, has been addressed in a number of studies, such as Winters (2012), Lopez-Bazo and Motellón (2012), and Ciccone et al. (2004), for the cases of the United States, Spain, and Italy, respectively.

For the Argentinean case, no attention has been paid to differences in the returns to education by region. Only a few recent studies, such as Giovagnoli et al. (2005), have approached this issue by using Mincerian equations as the methodological strategy to estimate the returns to education, combined with a quantile regression analysis to detect differences in the returns across the distribution of wages. However, the regional perspective was not incorporated in this study, even when wage differences between regions are remarkable.

On the other hand López Bóo (2010) quantify the returns to education in Argentina according different macroeconomic shocks from 1992 to 2003 but not including the regional perspective neither.

Several literature across the Latin-American countries quantifies the rates of the returns to education using –most of them– quintile regression or time series, such as: Psacharopoulos & Velez (1992) who estimate the returns of education in Colombia for a ten years period; López-Acevedo (2004) that analyse the contribution of educational inequality as a key variable for understanding earnings inequality in Mexico and Patrinos & Sakellariou (2010) who study the relation between the returns to education and the effect of the swings in economic activity on the demand and supply of education and skills in Venezuela for the period 1992 to 2002.

Nevertheless none of them use the regional perspective in their analysis, even when the different levels of returns to education can be explained through regional characteristics as a determinant of those differences.

It is surprising that being this issue greatly relevant in order to understand the heterogeneity among geographic regions in Argentina, no previous studies have considered the role played by human capital in order to explain the substantive regional differences within the national labour market.

This paper seeks to contribute to the study of regional labour markets in terms of their returns to education in Argentina. For that aim we firstly quantify the returns to education for every region using a typical Mincerian equation and then analyse the wage gap through the Oaxaca-Blinder decomposition.

The paper is organized in five sections, as follow: the next one describe the regional structure in Argentina, as well as the main

characteristics of the labour market and the endowment of human capital. Then we explain the methodological strategy so as to estimate the empirical wage model in the second section. A description and summary of the data set is briefly presented in third section. Before that we present the results for different specifications of the model by region in section fourth. Finally, in the last section the conclusions and future extensions.

The author expressly stated that the basis of this chapter gave rise to a paper presented at XI Conference of Labor Economics at the Universitat Autònoma de Barcelona, Spain. The paper was evaluated and approved by the scientific committee of the event.

1.1. Regional Differences

Argentina is divided into twenty three provinces which are grouped into in six geographic regions: Noroeste (NOA), Noreste (NEA), Pampeana, Cuyo, Patagonia and Gran Buenos Aires (GBA).

There is a remarkable concentration of population into major cities such as Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Córdoba and Rosario, furthermore we can also identify an dense urban conglomeration around those ones.

Each of these regions have also a very singular productive and economic configurations which contributes to intensify differences in labour market, especially if we considered the educational effects derived –for example– of number of Universities in every region.

In terms of years of schooling –in contrast– we can observe a similar distribution of the average across the regions which could mean preliminarily that there are not notable differences between them, a simple look of these means can be obtained from the second column in Table 1. If we consider the hourly wage for each region, we can also see the main differences between regions (see fourth column in Table 1), we analyse this issue in fourth section when we discuss the results of the Oaxaca-Blinder decomposition.

In the fifth column in Table 1 we presents the proportion of male and female in our sample, in all the cases males represents more than 55% and no more than 60%. Finally in the last two columns in Table 1 we show the proportion of kind of employment where is possible to see that Patagonia –the richest region– has the lowest proportion of

informal workers and on the other hand NOA (one of the poorest region) presents the higher coefficients. A similar pattern is observable if we see the type of work in terms of public or private employer: the richer the region the greater the share of private employment.

Region	N	Schooling	Hourly wage	Gender		Employment		Type of work	
				Male	Female	Formal	Informal	Public	Private
NOA	4,781	120.203	251.152	0.5806	0.4194	0.5867	0.4133	0.3428	0.6572
NEA	4,156	121.340	266.734	0.5751	0.4249	0.6092	0.3908	0.3511	0.6489
Pampeana	5,989	125.652	343.055	0.5559	0.4441	0.6838	0.3162	0.2409	0.7591
Cuyo	3,813	121.626	273.432	0.5893	0.4107	0.6163	0.3837	0.3328	0.6672
Patagonia	4,286	123.082	429.736	0.5621	0.4379	0.7982	0.2018	0.3672	0.6328
GBA	2,404	127.113	353.996	0.5578	0.4422	0.6726	0.3274	0.1685	0.8315

Additionally Table 2 shows the comparison of hourly wage means by region (Bonferroni Test) basing on 2013 data from the Annual Survey of Urban Households (EAHU) revealing significant differences in a pairwise comparison by region. More specifically, Patagonia and the metropolitan area of Buenos Aires (GBA) consistently present higher wages than the other regions.

In a specific way last line in Table 2 shows the difference between GBA and the other regions, where we can see that in all the cases –except in Patagonia– the metropolitan area of Buenos Aires has a better hourly wage. It means for example that an individual in GBA wins in average a 10.28% more than an individual in the region NOA, this pattern change when we compare GBA against Patagonia.

Row Mean / Col Mean	NOA	NEA	Pampeana	Cuyo	Patagonia
NEA	1.558**				
Pampeana	9.190***	7.632***			
Cuyo	2.228***	0.670	-6.962***		
Patagonia	17.858***	16.300***	8.668***	15.630***	
GBA	10.284***	8.726***	1.094***	8.0564***	-7.574***

Notes: *Statistically significant at the 10% level; **statistically significant at the 5% level; and ***statistically significant at the 1% level.

2. METHODOLOGY

In order to quantify the returns to education we estimate a Mincerian wage equation as shown in (1).

$$\log w_{ir} = \beta_0 + \beta_1 \text{SCH}_{ir} + \beta_2 \text{GEN} + \beta_3 \text{TE1}_{ir} + \beta_4 \text{TE5}_{ir} + \beta_5 \text{AGE}_{ir} + \beta_6 \text{AGE}^2_{ir} + \beta_7 \text{MAR}_{ir} + \beta_8 \text{PUB}_{ir} + \beta_9 \text{FOR}_{ir} + \beta_{10} \text{EXT}_{ir} + \beta_{11} \text{SER}_{ir} + \beta_{12} \text{I RND}_{ir} + u_{ir} \quad (2)$$

Where $\log w$ denotes the log of the wage of individual i in region r , SCH indicates years of schooling and the other coefficients denote the set of characteristics that affect the wage of this individual. To control the effects of one more year of schooling we used characteristics related to work and personal traits usually used in literature (gender, tenure, age and marital status), but also we included as control if the individual works in public sector or not, if he/she has formal employment and finally the economic sector in which he/she works.

The results of estimating (1) by Ordinary Least Squares (OLS) are presented in Table 3. Nevertheless, to avoid the bias of the OLS estimates due to the likely endogeneity of education, we employed a Two-Stage Least Squares (2SLS) regression analysis to instrument the years of schooling. In order to estimate (1) by 2SLS we follow López-Bazo and Motellón (2012) and defined two dummy variables, one of them allows us to account the effect of the educational reform applied in 1993 that increased the mandatory years of schooling in two years. The second dummy defined as an instrument consider if individual completed the last educational level on which was enrolled. Classical 2SLS post-estimation test are passed for all the equations estimated (endogeneity, relevance and overidentification). The results of this IV Model are presented in Table 4.

Finally we analyse the wage gap of these potential differentials by applying an Oaxaca-Blinder decomposition, with the aim of quantifying the net effect of education in wages and isolating the effect of the endowment of human capital across regions.

3. DATA

We use the Annual Survey of Urban Households (EAHU) built jointly by the National Institute of Statistics and Census (INDEC) and the Provincial Directorate of Statistics of Argentina (DPE). We focus our interest in the data for the fourth quarter of 2013 as they are the latest released.

According as indicated by INDEC, the Annual Survey of Urban Households is an extension of the continuous operating "EPH - 31 Urban Agglomerates" by joining the sample of private households belonging to towns of 2,000 or more inhabitants, not included in the domains of estimation of continuous operation, for all provinces except the Tierra del Fuego, Antarctica and South Atlantic Islands and the Autonomous City of Buenos Aires.

For the analysis of returns to schooling we used a sample including only salaried workers and with positive wage in the period under study. Additionally, we excluded those individuals with special education as well as those ones without information about the schooling level.

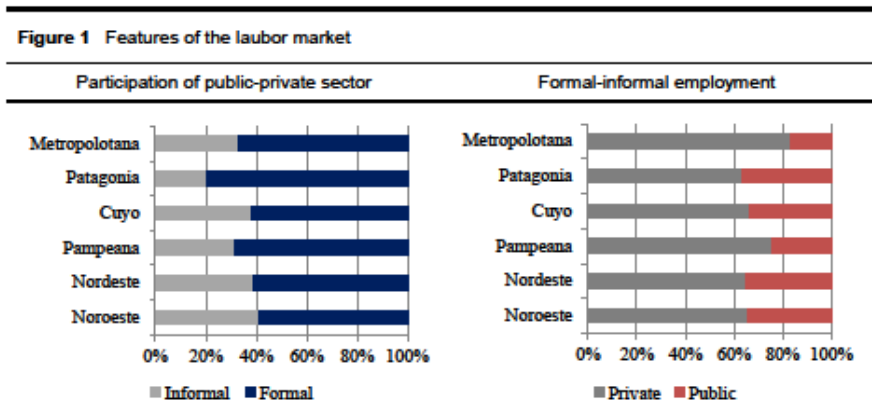
Variable schooling consider only years of study successfully completed, it means that we have not measure the years of school individual permanence, but the years that he/she has completed at each educational level.

We grouped the activities into four economic sectors: construction, extractive industries, services and manufacturing. These sectors have a very similar structure across the regions except in Patagonia, which a bigger weight of the extractive sector than the other ones, as reported in Table 3.

In the model presented in (1)

Region / Sector	Construction	Extractive	Services	Manufacturing
NOA	0,0956	0,046	0,7697	0,0887
NEA	0,1061	0,0306	0,7851	0,0782
Pampeana	0,0865	0,025	0,7569	0,1316
Cuyo	0,0863	0,0611	0,7291	0,1235
Patagonia	0,0593	0,0877	0,7692	0,0838
GBA	0,0562	0,0058	0,7737	0,1643

As explained in the previous section, we introduced two dummies to control if the individual works in public sector or not, and if he/she has formal job or not. The regional differences in terms of public-private sector, as well as formal-informal job are shown in Figure 1.



4. ESTIMATION RESULTS

The estimates of the Mincerian equation defined in (1) by using OLS show similar contributions of years of schooling to wage across regions, as we can see in Table 3:

	NOA	NEA	Pampeana	Cuyo	Patagonia	GBA
Schooling	0,0495 ***	0,0485 ***	0,0489 ***	0,0513 ***	0,0565 ***	0,0657 ***
Gender						
Male ⁽¹⁾	0,0289 *	0,0274 *	0,0696 ***	0,0319 *	0,0482 ***	0,0763 ***
Work type						
Formal ⁽²⁾	0,4916 ***	0,4347 ***	0,2972 ***	0,4914 ***	0,5027 ***	0,1864 ***
Public ⁽³⁾	0,2158 ***	0,1794 ***	0,189 ***	0,126 ***	0,1025 ***	0,1013 ***
Tenure ⁽⁴⁾						
<1	-0,1483 ***	-0,1179 ***	-0,1519 ***	-0,0289	-0,1326 ***	-0,1301 ***
	-0,0702 ***	-0,0228 ***	-0,0515 ***	-0,0108	-0,0678 ***	-0,0706 **
Age						
Level	0,007 ***	0,0077 ***	0,0081 ***	0,0087 ***	0,0065 ***	0,0065 ***
Squared	-0,0001 **	-0,0001 **	-0,0002 ***	-0,0002 ***	-0,0001 *	-0,0001
Marital status						
Married ⁽⁵⁾	0,0552 ***	0,0694 ***	0,069 ***	0,0676 ***	0,0803 ***	0,0566 **
Economic sector ⁽⁶⁾						
Extractive	-0,1382 ***	-0,1189 ***	0,1685 ***	-0,0739 *	0,2513 ***	0,2018
Services	-0,1225 ***	-0,0958 ***	0,0039	-0,1073 ***	-0,0002	0,0373
Industrial	-0,0977 ***	-0,012 ***	0,0642 **	-0,0327	0,1767 ***	0,0326
Constant	2,7961 ***	2,846 ***	3,0801 ***	2,8397 ***	3,0929 ***	3,1469 ***
N	4781	4156	5989	3813	4286	2404
R²	0.4564	0.4272	0.3306	0.4124	0.3642	0.2559

Notes: *Statistically significant at the 10% level; **statistically significant at the 5% level; and ***statistically significant at the 1% level. (1) Dummy for gender assume 1 if male. (2) Dummy for work type assume 1 if formal. (3) Dummy for participation of public sector assume 1 if the individual works in public sector. (4) Reference tenure of more than 5 years. (5) Dummy for marital status assume 1 if the individual is married. (6) Reference construction sector

Similarly, Table 4 presents the 2SLS estimates of (1). Both sets of results find a significantly positive effect of schooling to wages in Argentina and also the existence of regional variability in the return of education.

The OLS estimates indicate that the GBA region was the one with the biggest returns to schooling, being the rest of regions similar returns to each additional year of schooling. However, the picture that the 2SLS estimator show more substantial differences between regions in terms of these returns in comparison with the OLS estimates. Additionally, the GBA is not anymore the one with the biggest returns, being now in the Pampeana region the highest coefficient (9.09%), almost doubling the returns to schooling in other regions (NEA).

Furthermore, results in Table 4 show that there exists a regional heterogeneity regarding the type of work: for example a worker in

NOA earned 19.61% more if he/she works in the public sector whereas in Patagonia this effect was only 9.20%. Additionally, regions like Pampeana and GBA have smaller differences in terms of formal-informal job when compared with the other regions where this effect can be in the range of 40-50%.

Table 4 Returns to education by region in Argentina (IV)

	NOA	NEA	Pampeana	Cuyo	Patagonia	GBA
Schooling	0.0704 ***	0.0497 ***	0.0909 ***	0.0648 ***	0.0648 ***	0.0643 **
Gender						
Male ⁽¹⁾	0.0574 **	0.0290	0.1115 ***	0.0468 *	0.0546 ***	0.0746 *
Work type						
Formal ⁽²⁾	0.4551 ***	0.4326 ***	0.2408 ***	0.4656 ***	0.4902 ***	0.1890 ***
Public ⁽³⁾	0.1961 ***	0.1777 ***	0.1243 ***	0.1104 ***	0.0920 ***	0.1032 **
Tenure ⁽⁴⁾						
<1	-0.1263 ***	-0.1162 ***	-0.0914 ***	-0.019	-0.1255 ***	-0.1316 ***
01-may	-0.0707 ***	-0.0224	-0.0419 **	-0.0132	-0.0680 ***	-0.0710 **
Age						
Level	0.0083 ***	0.0078 ***	0.0106 ***	0.0097 ***	0.0070 ***	0.0064 ***
Squared	-0.0001	-0.0001 **	-0.0001 ***	-0.0002 ***	-0.0001	-0.0001
Marital status						
Married ⁽⁵⁾	0.0450 **	0.069 ***	0.0546 ***	0.0622 ***	0.0756 ***	0.0572 *
Economic sector ⁽⁶⁾						
Extractive	-0.1109	-0.1176 **	0.1903 ***	-0.0652	0.2497 ***	0.2045
Services	-0.1473	-0.0973 ***	-0.0602 *	-0.1244 ***	-0.0069	0.0383
Industrial	-0.0998	-0.0120	0.0204	-0.0379	0.1741 ***	0.0328
Constant	28.234	28.476 ***	31.298 ***	28.634 ***	31.069 ***	31.459 ***
N	4781	4156	5989	3813	4286	2404
R²	0.4475	0.4272	0.2863	0.4081	0.3627	0.2558

Notes: *Statistically significant at the 10% level; **statistically significant at the 5% level; and ***statistically significant at the 1% level. (1) Dummy for gender assume 1 if male. (2) Dummy for work type assume 1 if formal. (3) Dummy for participation of public sector assume 1 if the individual works in public sector. (4) Reference tenure of more than 5 years. (5) Dummy for marital status assume 1 if the individual is married. (6) Reference construction sector

Finally, if we considered the decomposition of the wage gap in Argentina it confirms the heterogeneity across the regions. In Table 5 we present the results of an Oaxaca-Blinder decomposition. A negative wage gap is obtained when the average wage in the region under analysis is higher than that in the rest of the country, as in the case of Patagonia (-0.3918), Pampeana (-0.1389) and GBA (-0.1277). Focusing on the effects of differences in endowments and in returns to human capital, they are shown in the seventh and eight columns of results in Table 5. These results seem to indicate that larger endowments of human capital are contributing positively to the relative higher wages only in the central regions of Argentina (Pampeana and

the GBA), being the contribution of larger returns in these regions less significant or statistically insignificant. Interestingly, the positive wage gap found for the region of Patagonia is not significantly affected by differences in endowments or coefficients related to the returns of education.

Table 5 Regional wage gap by Oaxaca-Blinder decomposition

	Wage gap	Global Decomposition			Contribution of schooling	
		Endowment	Return	Residual	Endowment	Return
NOA	0,2969 ***	0,06 ***	0,2 ***	-0	0 ***	0
NEA	0,1923 ***	0,03 ***	0,2 ***	0 ***	0 ***	-0
Pampeana	-0,139 ***	-0 ***	-0 ***	0	-0 ***	-0 **
Cuyo	0,1509 ***	0,02 ***	0,1 ***	-0	0 **	-0
Patagonia	-0,392 ***	-0,1 ***	-0 ***	0 ***	-0	0
GBA	-0,128 ***	-0	-0 ***	-0	-0 **	-0

Notes: *Statistically significant at the 10% level; **statistically significant at the 5% level; and ***statistically significant at the 1% level.

5. CONCLUSIONS

There are regional differentials in the returns to education in Argentina for the period considered (5%-9%).

Larger endowments of human capital are contributing positively to the relative higher wages only in the central regions of Argentina.

Distinctions between public v.s private (9%-20%) or/and formal v.s informal (19%-50%) are much more important.

6. REFERENCES

- Beker, G. S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. *University of Chicago Press*, IL.
- Ciccone, A., Cingano, F., & Cipollone, P. (2004). The private and social return to schooling in Italy. *Annali di Economia* (63), 413–444.
- Giovagnoli, P. I., Fiszbein, A., & Patrinos, H. A. (2005). *Estimating the Returns to Education in Argentina: 1992-2002*. World Bank, 3715. La Plata: Working Paper.

- Leigh, A., & Ryan, C. (2008). Estimating returns to education using different natural experiment techniques. *Economics of Education Review* (27), 149–160.
- López-Bazo, E., & Motellón, E. (2012). Human Capital and Regional Wage Gaps. *Regional Studies* , 46 (10), 1347–1365.
- Winters, J. V. (2013). Human capital externalities and employment differences across metropolitan areas of the USA. *Journal of Economic Geography* (13), 799–822.

MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN UNIVERSIDADES NACIONALES ARGENTINAS ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN EN EL PERIODO 2008-2010

FACUNDO QUIROGA MARTÍNEZ
fquirogamartinez@gmail.com

Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Córdoba. Argentina

Palabras clave: Eficiencia, DEA, Universidades Nacionales, Evaluación, Políticas Públicas.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de las políticas públicas -en particular aquellas vinculadas con el sistema de educación superior- han adquirido en Argentina una relevancia particular a partir de la reforma del Estado producida durante los años noventa.

Este proceso de reconversión del papel del sector público avino en una nueva estructura de relaciones entre las Universidades y la sociedad. Las demandas emergentes de esta última en torno a la rendición de cuentas y al manejo de los recursos públicos, pusieron de manifiesto la necesidad de contar con instrumentos de evaluación que fueran capaces de reconocer la singularidad de la práctica universitaria.

Los requerimientos de mayor eficiencia y el establecimiento de estándares de medición de desempeño impactaron de manera directa en el rol de las Universidades Nacionales y en el diseño autónomo de sus propias políticas.

Estos fenómenos sociales han determinado un nuevo escenario que exige modernizaciones y significativos progresos en la alta gestión universitaria, a la vez que vuelve necesaria la generación de indicadores que permitan medir la performance del sector público.

Por otra parte, resulta preciso significar que el incremento de la magnitud del sistema universitario argentino también contribuyó a la necesidad de efectuar un análisis profundo de las propiedades particulares, que operan en cada una de las Universidades Nacionales (UUNN), y que podrían determinar los niveles de desempeño observados en cada una de ellas.

El interés creciente en la exploración de las causas que determinan la eficiencia en la gestión de recursos públicos en las UUNN, no puede explicarse exclusivamente como la respuesta que -a partir de la sanción de la Ley de Educación Superior- las Universidades debieron dar al Estado Nacional, bajo la regulación introducida desde el mercado y las reformas políticas derivadas de la mercantilización de la educación. Aquella necesidad por evaluar la naturaleza de las configuraciones de la dinámica universitaria ha sido también el resultado de la indagación *introspectiva* que las propias universidades comenzaron a hacer a principios del siglo XX.

Existen importantes y abundantes investigaciones en el plano regional e internacional que evalúan la eficiencia en Universidades -o en departamentos universitarios- empleando métodos no paramétricos y econométricos para medir el desempeño. Nuestra atención se enfoca en el DEA (Data Envelopment Analysis) el que ha sido empleado de manera recurrente en la evaluación de políticas públicas.

Para abordar esta problemática compleja y polifacética que importa la *gestión del conocimiento* -en el más amplio sentido de la expresión- a través de los claustros universitarios, nos proponemos trabajar sobre una indagación acerca de las variaciones observadas - en el periodo que comprende a los años 2008, 2009 y 2010- en los niveles de eficiencia en Universidades Nacionales argentinas.

El autor declara expresamente que la base de este capítulo dio lugar a un documento presentado en el XXII Encuentro de Economía Pública. Reformas y nuevos retos de los estados de bienestar: eficiencia y equidad, organizado por la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Cantabria, España. El documento fue evaluado y aprobado por el comité científico del evento.

2. DESARROLLO

2.1. Marco Teórico

La estrategia analítica del presente trabajo, se enfocará en un tipo especial de proceso decisorio en el marco de la alta gestión universitaria: aquel que se relaciona con la aplicación de recursos a las funciones básicas de cada UUNN, (Atencio & Arrieta, 2005). Este nivel de análisis -y en particular el tipo de decisión de que se trata- admite un abordaje estructural similar al empleado en otras investigaciones que se ocupan del tema.

De la revisión bibliográfica se destacan el trabajo que utiliza el DEA para determinar los niveles de rendimiento de 16 departamentos de una universidad pública, que estudia en particular los rendimientos constantes a escala (Halkos, Tzeremes & Kourtzidis, 2010).

La metodología ha sido empleada también en investigaciones relacionadas con la utilización de métodos no paramétricos, para medir eficiencia en el sistema de universidades argentinas (Alberto, 2005); y en el reciente trabajo de evaluación de la «*Eficiencia técnica en las universidades de gestión estatal argentina*» (Coria, 2008). Ambos, reconocen algunas limitaciones del modelo en cuanto a la selección de las variables de entrada y salida, dado que la producción en los niveles educativos genera otro tipo de bienes sociales y externalidades positivas que no pueden ser cuantificadas y medidas con rigurosidad, pero que impactan positivamente en la producción social.

Por otra parte, existe también abundante bibliografía internacional de similares características, en las que se realizan análisis de financiación y eficiencia de las universidades públicas españolas (Caballero, Galache, Gómez, Molina & Torrico, 2001); (Trillo del Pozo, 2002), o en departamentos universitarios españoles (Giménez García, 2004), (Diez de Castro & Diez Martín, 2005), en universidades australianas (Abbott & Doucouliagos, 2003), instituciones de educación superior inglesas (Johnes, 2005), universidades estatales griegas (Halkos, Tzeremes, & Kourtzidis, 2010), y universidades alemanas (Warning, 2004), entre otras.

Tanto en bibliografía argentina como en internacional se advierte una tendencia en el empleo de métodos no paramétricos (como el DEA), para efectuar evaluación de eficiencia en la gestión pública, en particular en el área de educación.

2.2. Metodología

Se utilizará un diseño del tipo exploratorio y descriptivo, conjuntamente con una evaluación de niveles de eficiencia con una metodología de decisión no paramétrica.

Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El análisis envolvente de datos es una técnica no paramétrica que construye una envolvente, también llamada frontera eficiente o función de producción observada, con base en la información de las unidades eficientes.

Aquellas unidades de decisión (DMUs por sus siglas en inglés *Decision Making Units*) que no se encuentran sobre la frontera serán

consideradas ineficientes, permitiendo evaluar su *eficiencia relativa*, es decir compararla con las DMUs referentes -cercanas- en términos de la tecnología que las mismas aplican.

Se trata de definir la frontera de producción empírica formada por las mejores unidades observadas, construyendo un perímetro de eficiencia por segmentos que envuelve a las unidades estudiadas, para posteriormente cuantificar el grado de eficiencia de las observaciones que forman parte de la muestra, o sea, su distancia con relación a la frontera. (Coria, 2008)

De esta manera, la medida de eficiencia de una unidad mediante la técnica DEA implica: la construcción del conjunto de posibilidades de producción tecnológicamente factibles y la estimación de la máxima expansión factible del producto (output) de la unidad dentro del conjunto de posibilidades de producción.

Así, una unidad de decisión será considerada eficiente toda vez que no sea posible reducir la cantidad de entradas (inputs) sin disminuir en al menos una unidad la cantidad de salidas (outputs). De manera análoga una DMU será considerada eficiente siempre que no fuera posible incrementar la cantidad de salidas (outputs) sin tener que aumentar en al menos una unidad la cantidad de entradas (inputs).

Dentro de la metodología se pueden encontrar distintos modelos, de acuerdo a los supuestos utilizados. Estos modelos pueden clasificarse según estén orientados al producto o a los insumos, así como también pueden diferenciarse según el tipo de rendimientos a escala que caracteriza la tecnología de producción (Coria, 2008).

El enfoque seguido por la mayoría de los autores consultados en la revisión bibliográfica indica que, para el caso de evaluación de eficiencia en universidades (en especial en Argentina), se prefiere utilizar un modelo orientado a las salidas.

La razón de esta decisión se encuentra en la escasa -o nula- flexibilidad de los insumos usualmente empleados (docentes, recursos presupuestarios, espacio físico, etc.), además de que la administración del volumen de los mismos es considerada una variable exógena del modelo, por depender de decisiones en las que las DMUs no intervienen.

Por otra parte toda vez que se evalúe el sistema de educación superior han de considerarse las restricciones que este tipo de

proceso productivo posee, y que por lo tanto son limitaciones del modelo para evaluar su eficiencia.

Dentro de los obstáculos existentes en la realización de trabajos cuyo propósito sea evaluar la eficiencia interna de los centros encargados de impartir educación superior, el más importante es el de la conceptualización y posterior medición de los productos educativos: la existencia de múltiples objetivos, a menudo ambiguos, y la multidimensionalidad del output educativo y su carácter intangible dificultan la especificación de una magnitud que se podría identificar con la idea de producto educativo. (Martín Rivero, 2007)

Las limitaciones que se derivan de la alta complejidad del proceso productivo universitario, es decir las restricciones para realizar una aproximación *aceptable* a través de un modelo explicativo del mismo, hacen necesario realizar una exploración más profunda del mismo, siendo necesario -a nuestro entender- que se realice un abordaje multidisciplinar del mismo.

Este enfoque reciente del denominado proceso productivo universitario, permitirá en el corto plazo diseñar modelos no paramétricos, como el DEA, que representen de una manera más fiel la naturaleza polifuncional de las universidades, en especial de aquellas que poseen una matriz estructural asociada a las funciones esenciales del Estado como prestador de un bien público, en nuestro caso la educación.

En síntesis, aunque el DEA presenta limitantes en su alcance, consideramos que la aproximación a un modelo explicativo de la *conducta* del proceso productivo universitario puede realizarse a través de esta vía. Poniendo de manifiesto toda vez que sea necesario que, el alcance de las conclusiones obtenidas mediante la aplicación de esta metodología deben ser entendidas en el marco de las consideraciones expuestas hasta aquí.

2.3. Sistema Universitario Argentino

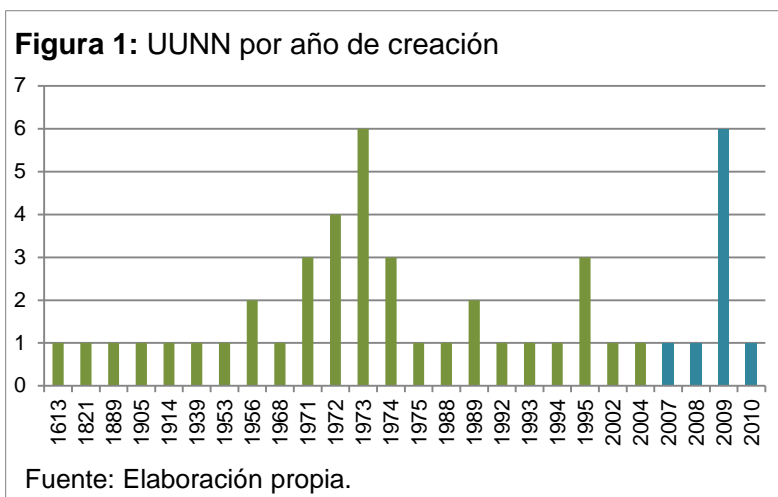
El Sistema de Educación Superior en Argentina se compone de cuarenta y siete (47) Universidades Nacionales, cuarenta y nueve (49) Universidades Privadas, siete (7) Institutos Universitarios Estatales, catorce (14) Institutos Universitarios Privados, una (1) Universidad Provincial, una (1) Universidad Extranjera y una (1) Universidad Internacional.

De esta manera la Ley de Educación Superior (24.521) en su artículo 26° establece que:

La enseñanza superior universitaria estará a cargo de las universidades nacionales, de las universidades provinciales y privadas reconocidas por el Estado nacional y de los institutos universitarios estatales o privados reconocidos, todos los cuales integran el Sistema Universitario Nacional.

Nuestro trabajo se enfocará en la evaluación evolutiva de la eficiencia de las universidades nacionales de gestión estatal. En la actualidad el conjunto de UUNN asciende a 47, sin embargo sólo será posible trabajar con 38 debido a que existe un grupo de 9 universidades de creación reciente, motivo por el cual no se dispone de información estadística -por restricciones materiales- que impiden su evaluación.

Por ello el conjunto de unidades de decisión a evaluar serán las 38 universidades nacionales cuya información estadística ha sido publicada en el Anuario 2010 de la SPU.



En el Sistema de Educación Superior (SES) en Argentina el sector estatal tiene una importante preponderancia sobre el privado,

lo que puede observarse en la cantidad de estudiantes que poseen uno y otro.

Por ello el impacto en la optimización de las políticas en educación superior en el sub-sistema estatal permitiría mejorar sustancialmente los indicadores del sistema global.

Tabla 1: Estudiantes, Nuevos Inscriptos y Egresados del SES 2010			
	Estudiantes	Nuevos Inscriptos	Egresados
Estatal	1.366.237	314.614	70.857
Privado	352.270	100.456	28.574
Total	1.718.507	415.070	99.431

Fuente: Departamento de Información Universitaria Secretaría de Políticas Universitarias

En forma comprensiva las DMUs de este modelo:

$[UN_i \in A; i \in I = \{i / i \in N \ 1 \geq i \leq 38\}]$

Dónde:

UN_i = Universidad Nacional i

A = Conjunto de Alternativas

En forma extensiva:

1. Universidad de Buenos Aires
2. Universidad Nacional de Catamarca
3. Universidad Nacional de Centro de la PBA
4. Universidad Nacional de Chilecito
5. Universidad Nacional de Comahue
6. Universidad Nacional de Córdoba
7. Universidad Nacional de Cuyo
8. Universidad Nacional de Entre Ríos
9. Universidad Nacional de Formosa
10. Universidad Nacional de Gral. San Martín
11. Universidad Nacional de Gral. Sarmiento
12. Universidad Nacional de Jujuy
13. Universidad Nacional de La Matanza
14. Universidad Nacional de La Pampa
15. Universidad Nacional de La Plata
16. Universidad Nacional de La Rioja
17. Universidad Nacional de Lanús

- 18.Universidad Nacional de Litoral
- 19.Universidad Nacional de Lomas de Zamora
- 20.Universidad Nacional de Luján
- 21.Universidad Nacional de Mar del Plata
- 22.Universidad Nacional de Misiones
- 23.Universidad Nacional de Nordeste
- 24.Universidad Nacional de Noroeste de la PBA
- 25.Universidad Nacional de Patagonia Austral
- 26.Universidad Nacional de Patagonia S. J. Bosco
- 27.Universidad Nacional de Quilmes
- 28.Universidad Nacional de Río Cuarto
- 29.Universidad Nacional de Rosario
- 30.Universidad Nacional de Salta
- 31.Universidad Nacional de San Juan
- 32.Universidad Nacional de San Luis
- 33.Universidad Nacional de Santiago del Estero
- 34.Universidad Nacional de Sur
- 35.Universidad Tecnológica Nacional
- 36.Universidad Nacional de Tres de Febrero
- 37.Universidad Nacional de Tucumán
- 38.Universidad Nacional de Villa María

2.4. Eficiencia

El rol atribuido a la educación -considerada en todos sus niveles- en Argentina, es el de un bien público. Por esta razón resulta imprescindible diseñar mecanismos de evaluación que -en un contexto de racionalización de políticas estatales- les permita a las universidades en particular, desempeñar sus funciones tradicionales - docencia, investigación y extensión- eficazmente (Trillo del Pozo, 2002).

De esta manera se pone de manifiesto que -no necesariamente- aquellas universidades que presenten mejores niveles de eficiencia con la utilización de DEA son aquellas que se ajustan mejor a los estándares de calidad educativa.

Sobre esta última no existe un consenso general en la disciplina sobre aquellas estrategias que permitan aproximarse a una medición precisa de la calidad en el nivel superior. Más aun, algunos autores señalan que el término *calidad* aplicado a la educación superior es uno de los síntomas de la aplicación de políticas propias del mercado a los bienes públicos.

Por este motivo, en este trabajo empleamos el término eficiencia en el sentido definido por Farrell (1957) como eficiencia técnica, es decir será empleado para significar la relación óptima entre insumos y productos de manera que se verifique que no puede incrementarse la cantidad de outputs con los inputs disponibles.

Futuras extensiones de este trabajo podrán abordar la relación existente entre los niveles de eficiencia y los indicadores de calidad educativa, empleándose no sólo aquellos definidos por el Estado Nacional, a través de su órgano de gestión y evaluación de la calidad en la educación superior (CONEAU), sino especialmente aquellos que son utilizados en los organismos internacionales de gestión de la calidad educativa.

2.5. Principales Indicadores

Para el cálculo de la eficiencia, el primer paso es definir los insumos y productos que serán considerados como relevantes. Como ya se dijo las UUNN (consideradas nuestras DMUs) tienen un conjunto heterogéneo y complejo de inputs y outputs en su *proceso productivo*. Motivo por el cual resultan particularmente significativos los elementos considerados insumos y productos del modelo.

Las universidades argentinas en particular, tienen un sistema de producción de conocimiento que no se restringe a la enseñanza y a la investigación, las que han sido tradicionalmente las funciones de los centros de educación superior en todo el mundo. Éstas además incluyen las labores de transferencia y vinculación con la comunidad, que se llevan a cabo a través de acciones de extensión. El principal limitante para incluir este fenómeno particular de las UUNN argentinas es la escasa -o nula- información sobre sus acciones en el medio.

Todos estos elementos hacen que sea compleja la definición de los insumos y productos que intervienen en el proceso de producción, así como la especificación de una función de producción de educación (Coria, 2008).

Asimismo, como se refirió previamente, una de las características distintivas de los sistemas de educación en general, y del superior en particular, es la inflexibilidad y la naturaleza exógena de los insumos. Por ello los modelos DEA han sido construidos para la evaluación de la eficiencia en educación superior enfocados a los productos (outputs).

La función de producción de las UUNN argentinas entonces deberá contener tres outputs que tengan relación con las tres funciones universitarias: docencia, investigación y extensión.

Para la realización de tales productos el sistema se abastece de un conjunto finito de insumos, aunque las restricciones del modelo nos impedirían incluir el total de factores tangibles que intervienen en el proceso productivo.

Por otro lado, aun cuando esto fuera posible existe otro conjunto de elementos intangibles, como la experiencia, la trayectoria, factores del medioambiente, etc., que no pueden ser medidos con fiabilidad y por lo tanto no pueden incluirse en un modelo como el que estamos desarrollando.

Por esas razones hemos optado por incluir como insumos del sistema dos factores esenciales en el proceso productivo universitario: capital humano (medido en términos del plantel docente) y capital físico (considerando el total de recursos financieros ejecutados por cada Universidad).

A continuación se presenta una síntesis del método de cálculo de cada uno de los insumos y productos considerados en el modelo.

Output 1: Enseñanza

Es considerado por la mayoría de los modelos como el principal componente del sistema productivo universitario, en los modelos multicriterio en general adquiere una relevancia preponderante por sobre el resto de los indicadores.

Como atributo de salida del modelo, la enseñanza será considerada como la relación existente entre los egresados del año 0 y los nuevos inscriptos del año 0 - 5, que es el plazo de duración teórica promedio de las carreras de grado de las universidades nacionales. Todos estos datos se extraen del Anuario Estadístico de la Secretaría de Políticas Universitarias.

De esta manera el output enseñanza se obtiene:

$$\text{Tasa de Egreso } t = \frac{\text{Egresados UN}_i(t)}{\text{Nuevos Inscriptos UN}_i(t-5)}$$

Dónde:

UN_i = Universidad Nacional i

t = es el año de la observación

Tabla 2: Indicadores de enseñanza 2009, 2010 y 2011

Indicadores	2009	2010	2011
Media	0,2076	0,2384	0,2216
Máximo	0,4504	0,4567	0,4452
Mínimo	0,0298	0,0277	0,0509
Desviación E:	0,0925	0,1194	0,1108
Fuente: elaboración propia.			

Output 2: Investigación

Se considera que el producto de la función de investigación, no es necesariamente la cantidad de proyectos y/o docentes incluidos dentro del Programa de Incentivos a los Investigadores, sino que éstos son factores estructurales que podrían favorecer el desarrollo de líneas de investigación. En este sentido preferimos considerar como producto de la docencia la cantidad de trabajos publicados por los investigadores de cada universidad.

Para ello utilizamos la base de publicaciones científicas del SCImago Research Group, en particular el SIR Iberoamérica SCImago Research Group, 2012a, que considera a todas las instituciones de educación superior de los países que componen Iberoamérica con al menos 1 documento (artículos, revisiones, cartas, conferencias, etc.) de la base de datos Scopus en el quinquenio.

De esta manera el output investigación se obtiene como la sumatoria de toda la producción científica considerada en la base referida previamente.

Tabla 3: Indicadores de investigación 2009, 2010 y 2011.

Indicadores output 2	2009	2010	2011
Media	826,85	856,92	951,25
Máximo	8846	9459	10150
Mínimo	3	3	5
Desviación Estándar	1647,6	1729,39	1854,05
Fuente: elaboración propia.			

Output 3: Extensión

Es una de las funciones universitarias con menos desarrollo en cuanto a sus indicadores de evolución, al respecto es preciso significar que la importancia de ésta acción universitaria debería tener un abordaje multidimensional que contemple las externalidades derivadas de las acciones de educación y producción científica, que exceden el alcance de este trabajo.

Por ello se considerarán la cantidad de proyectos desarrollados por cada Universidad en el marco del Programa Nacional de Voluntariado Universitario (PNVU).

Tabla 4: Indicadores de extensión 2009, 2010 y 2011.			
Indicadores	2009	2010	2011
Media	2009	2010	2011
Máximo	18,29	12,86	14,81
Mínimo	125	112	145
Desviación E:	1	1	2
Fuente: elaboración propia.			

Input 1: Docentes

Como medida del capital humano se considerarán los docentes que cada UUNN posee, realizando el equivalente al cargo dedicación exclusiva y contemplando como dedicación simple aquellos profesores contratados o asignados a funciones docentes con cargos encuadrados en el convenio de personal no docente.

De esta manera el input capital humano se compone:

$$\text{Docentes} = \text{DDE UN}_i + \text{DDSE} \times 2 \text{ UN}_i + (\text{DDS UN}_i + \text{DC}) \times 4$$

Dónde:

UN_i = Universidad Nacional i

DDE = Docentes Dedicación Exclusiva

DDSE = Docentes Dedicación Semi-Exclusiva

DDS = Docentes Dedicación Simple

DC = Docentes Contratados

A pesar de que los recursos humanos en las Universidades se componen con dos bloques de trabajadores: docentes y no docentes, se considera al primero como indicativo de las condiciones estructurales del plantel de personal global dado que existe una relación equilibrada entre ambos.

Tabla 5: Indicadores de capital humano 2009, 2010 y 2011.

Indicadores input 1	2009	2010	2011
Media	1502,57	1598,26	1657,51
Máximo	9753,75	9940,25	10199,25
Mínimo	164,75	174	185,5
Desviación Estándar	1827,03	1955,19	1987,06
Fuente: elaboración propia.			

Input 2: Presupuesto

Por otra parte como indicador del capital físico se considera la totalidad de recursos provenientes de la contribución gobierno (fuente 11) ejecutados por cada UUNN sin considerar los gastos de personal (inciso 1) por encontrarse implícitamente contenidos en el input 1.

Tabla 6: Indicadores de capital físico (en millones) 2009, 2010 y 2011.

Indicadores input 2	2009	2010	2011
Media	54,77	86,71	125,87
Máximo	583,06	761,47	950,64
Mínimo	7,03	8,77	20,11
Desviación Estándar	97,96	157,06	207,79
Fuente: elaboración propia.			

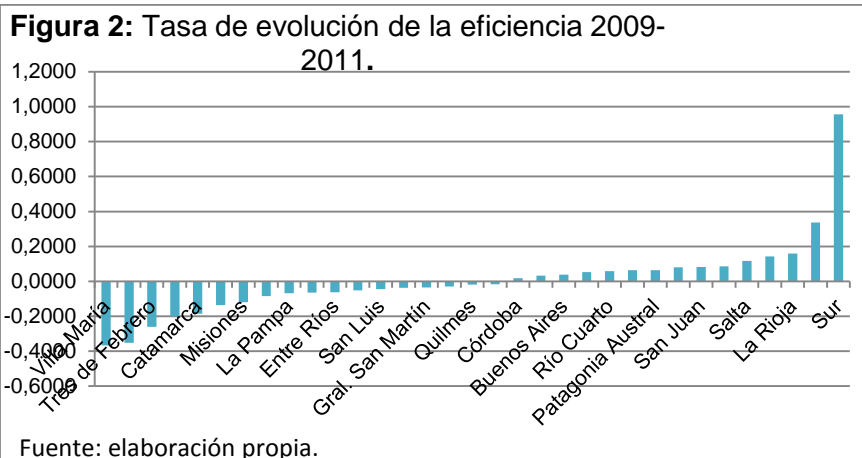
2.6. Evaluación de la eficiencia

Los resultados de la eficiencia de cada Universidad se muestran en el cuadro que sigue, allí mismo se consigna la tasa de variación para el periodo considerado.

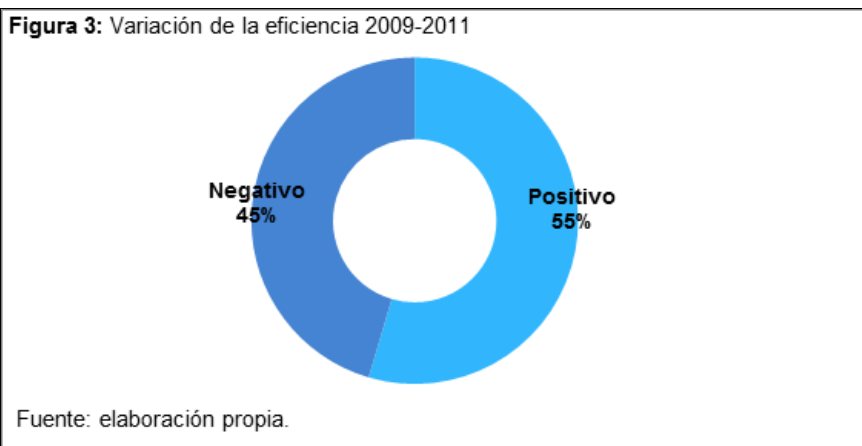
Tabla 7: Eficiencia de cada UUNN y tasas de variación 2009-2011

UJNN	2009	2010	2011	09-oct	10-nov	Tasa Promedio
Villa María	1,186	0,65	0,466	-0,4519	-0,2831	-0,3675
Santiago del Este	1,402	1,147	0,55	-0,1819	-0,5205	-0,3512
Tres de Febrero	0,904	0,841	0,46	-0,0697	-0,453	-0,2614
Formosa	4,063	1,971	2,195	-0,5149	0,1136	-0,2006
Catamarca	0,531	0,495	0,345	-0,0678	-0,303	-0,1854
Tucumán	0,55	0,435	0,408	-0,2091	-0,0621	-0,1356
Misiones	0,538	0,524	0,412	-0,026	-0,2137	-0,1199
Rosario	0,915	0,866	0,767	-0,0536	-0,1143	-0,0839
La Pampa	0,731	0,801	0,615	0,0958	-0,2322	-0,0682
Cuyo	0,469	0,47	0,409	0,0021	-0,1298	-0,0638
Entre Ríos	0,603	0,906	0,336	0,5025	-0,6291	-0,0633
Luján	0,768	0,866	0,665	0,1276	-0,2321	-0,0522
San Luis	0,782	0,676	0,709	-0,1355	0,0488	-0,0434
Comahue	0,761	0,823	0,696	0,0815	-0,1543	-0,0364
Gral. San Martín	1,582	1,215	1,411	-0,232	0,1613	-0,0353
La Plata	0,89	0,857	0,838	-0,0371	-0,0222	-0,0296
Quilmes	0,97	1,207	0,866	0,2443	-0,2825	-0,0191
Mar del Plata	1,045	0,897	0,993	-0,1416	0,107	-0,0173
Córdoba	0,56	0,618	0,577	0,1036	-0,0663	0,0186
Litoral	0,632	0,605	0,67	-0,0427	0,1074	0,0324
Buenos Aires	0,834	0,905	0,896	0,0851	-0,0099	0,0376
Jujuy	0,544	0,698	0,574	0,2831	-0,1777	0,0527
Río Cuarto	0,619	0,667	0,692	0,0775	0,0375	0,0575
Lanús	1,169	0,968	1,257	-0,1719	0,2986	0,0633
Patagonia Austral	0,259	0,272	0,293	0,0502	0,0772	0,0637
La Matanza	0,246	0,312	0,278	0,2683	-0,109	0,0797
San Juan	0,378	0,337	0,429	-0,1085	0,273	0,0823
Centro de la PBA	0,658	0,636	0,767	-0,0334	0,206	0,0863
Salta	0,43	0,432	0,531	0,0047	0,2292	0,1169
Patagonia S. J. B	0,345	0,419	0,449	0,2145	0,0716	0,143
La Rioja	0,427	0,49	0,573	0,1475	0,1694	0,1585
Gral. Sarmiento	1,283	1,35	2,188	0,0522	0,6207	0,3365
Sur	1,464	4,512	3,752	2,082	-0,1684	0,9568

Fuente: elaboración propia.

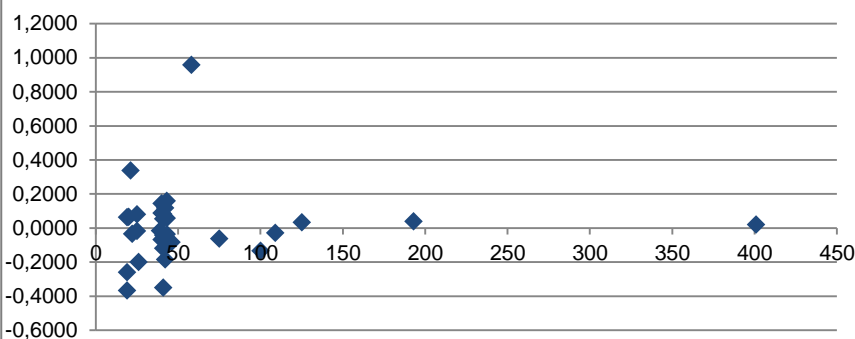


Estos resultados nos indican que un 55% de las Universidades mejoraron su posición en el periodo considerado. La fuerte caída de algunas (como Villa María) podría explicarse por el importante incremento en el input 2 (capital físico medido en términos de los recursos ejecutados) que se produjo desde el 2009 y cuyo impacto en los outputs del modelo es de esperar se produzcan en un periodo no inferior a los 5 años.



Por otra parte puede observarse que la variación de la eficiencia no tiene una relación directa con la antigüedad de las UUNN, como se advierte en la figura 4 incluida seguidamente.

Figura 4: Relación eficiencia-antigüedad



Fuente: elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

Sólo un 55% de las Universidades bajo análisis mejoraron su eficiencia técnica en el periodo 2009-2011.

No existe una tendencia generalizada de la evolución de la eficiencia técnica en Universidades Nacionales en el periodo 2009-2011.

La evolución de la eficiencia no tiene relación directa con la antigüedad de la UUNN.

La Universidad del Sur fue la que tuvo el mayor incremento de su eficiencia lo que puede explicarse por el incremento significativo de su producción científica y sus tasas de egreso, así como por la escasa cantidad de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, M., & DOUCOULIAGOS C. (2003) The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22, 89–97
- ALBERTO, C. (2005). *Medidas de eficiencia y programación matemática: su utilización para un sistema de evaluación de*

- universidades*. Tesis Doctoral. Escuela de Graduados Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- ATENCIO, L. & ARRIETA, B. (2005). El liderazgo y la toma de decisiones en las organizaciones de educación superior. *Omnia*, 11, junio.
 - CABALLERO, R., GALACHE, T., GÓMEZ, T., MOLINA, J. , & TORRICO, A. (2001). Efficient assignment of financial resources within a university system. Study of the University of Malaga. *European Journal Of Operational Research*, 133(2), 298-309
 - CORIA, M. (2008). *Eficiencia técnica de las universidades de gestión estatal en Argentina* (Documento de Trabajo 27) Buenos Aires: Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Pontificia Universidad Católica Argentina.
 - DÍEZ DE CASTRO, E. & DÍEZ MARTÍN, F. (2005). Un modelo para la medición de la eficiencia en los departamentos universitarios. *Revista de Enseñanza Universitaria, Escuela Universitaria de Estudios Empresariales, Universidad de Sevilla*, 25, 7-23.
 - FARRELL, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. 120, 253-281.
 - GIMENEZ GARCÍA, V. (2004). Un modelo FDH para la medida de la eficiencia en costes de los departamentos universitarios. *Revista de Economía Pública Hacienda Pública Española*, 168, 69-92.
 - HALKOS, G., TZEREMES, N., & KOURTZIDIS, S. (2010). A DEA approach for measuring university departments' efficiency. *Munich Personal RePEc Archive*, July 21, 24029.
 - JOHNES, J. (2005). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25, 273–288.
 - MARTIN RIVERO, R. (2007). La Eficiencia Productiva en el Ámbito Universitario: Aspectos Claves para su Evaluación. *Estudios de Economía Aplicada*, 25-3, 793-812.
 - TRILLO DEL POZO, D. (2002). *La función de distancia: un análisis de la eficiencia de la universidad*. Tesis Doctoral. Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

- WARNING, S. (2004). Performance Differences in German Higher Education: *Empirical Analysis of Strategic Groups*. *Review of Industrial Organization*, 24, 393–408.
- Ley de Educación Superior. (1995, 20 de julio). Boletín Oficial de la República Argentina 28204. Agosto 10, 1995.

Secretaría de Políticas Universitarias. (2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011). *Anuario de Estadísticas Universitarias*. Buenos Aires.

SIR Scimago Institutions Rankings, SIR Iberoamérica SCImago Research Group, 2012a. Recuperado el 22 de marzo de 2014 de: <http://www.scimagoir.com/index.php>

LOS SERVICIOS FINANCIEROS Y LA SUSTENTABILIDAD

LAURA S. BRAVINO
laubravino@hotmail.com

OSCAR A. MARGARIA
omargaria@hotmail.com

ELENA ROJAS HEREDIA
elena_rojasheredia@yahoo.com.ar

Universidad Nacional de Córdoba

Palabras claves: Inversiones socialmente responsables, servicios financieros en Argentina, sustentabilidad, RSE

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es habitual en las empresas hacer referencia acerca de la Responsabilidad Social Empresaria (RSE), negocios sustentables, inversiones socialmente responsables o éticas. Pero ¿qué significan estas expresiones? Marta de la Cuesta González (2005) define las inversiones socialmente responsables como “aquéllas que a los tradicionales criterios financieros añaden criterios sociales y medioambientales permitiendo a los inversores combinar objetivos financieros con valores sociales, vinculados a ámbitos de justicia social, desarrollo económico, paz y medio ambiente” (P.23).

Esta forma de “pensar de los inversores” es un factor a tener en cuenta por las empresas ya que las orienta hacia inversiones que tengan en cuenta otros aspectos además del rendimiento y el riesgo, tales como son la reputación, el buen gobierno, la sostenibilidad y las estrategias empresariales dirigidas a gestionar adecuadamente estos activos para atraer inversiones. En otras palabras, un negocio o empresa socialmente responsable implica una actividad económica que genera valor no sólo en este contexto, sino que también incluye prácticas éticas, sociales y ambientales, que afectan

directamente al público en general. El objetivo está orientado a reducir el consumo de bienes y servicios naturales, procurando además ser competitiva y promover el desarrollo sustentable de la sociedad.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el I Congreso Iberoamericano de Recursos Humanos y Responsabilidad Social Corporativa (V Jornadas Iberoamericanas Recursos Humanos y Responsabilidad Social Corporativa) realizado en la Ciudad de Celaya, Guanajuato, México durante los días 3 y 4 de marzo de 2016. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

1.1. Ética vs. Solidaridad. Criterios de valoración

Antes de profundizar el tema, es importante diferenciar las inversiones “éticas” de las inversiones solidarias.

➤ Una inversión es ética cuando se dirige a empresas que se ajustan a los criterios valorativos (y/o negativos) determinados por el inversor para contribuir a mejorar las condiciones de vida de la sociedad y el desarrollo sostenible del planeta. El *ideario ético* estará formado tanto por los criterios excluyentes como por los criterios valorativos o de inclusión del inversor y será el *filtro ético* en las decisiones de inversión.

➤ En cambio, las inversiones solidarias sólo se limitan a ceder parte de la rentabilidad a favor de organizaciones benéficas o proyectos sociales. En estas empresas no se exige el cumplimiento de criterios socialmente responsables.

Ahora bien, ¿cuáles son los criterios utilizados en la aplicación del filtro ético? En general están basados en acuerdos internacionales y pueden ir desde algunos de carácter excluyente o negativo, pasando por otros más controvertidos que dependen del grupo social en que se encuentre el inversor hasta otros criterios de valoración positivos. En resumen, según se muestra en el Cuadro 1, los criterios más frecuentes son¹:

Cuadro 1: Criterios de Exclusión y Criterios positivos

Criterios de Exclusión	Criterios positivos o valorativos
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inversión en países con regímenes políticos opresivos y que no respetan los derechos humanos. ✓ Utilización de técnicas productivas contaminantes, nocivas y peligrosas. ✓ Fabricación de material nuclear. ✓ Explotación laboral de menores. ✓ Destrucción del Medio Ambiente. ✓ Falta de reconocimiento de los derechos fundamentales de los trabajadores ✓ Industria de armamento. ✓ Industria de alcohol y tabaco. ✓ Industria de juegos de azar. ✓ Utilización de publicidad agresiva u ofensiva. ✓ Fomento de la violencia. ✓ Industria de la pornografía. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Promoción del desarrollo local o comunitario de los países en vías de desarrollo. ✓ Provisión de productos de alta calidad y servicios beneficiosos a largo plazo para la comunidad, mejorando el nivel de vida. ✓ Protección del Medio Ambiente. ✓ Conservación de la Energía y los recursos naturales. ✓ Colaboración con los países en vías de desarrollo. ✓ Respeto de los derechos fundamentales de los trabajadores. ✓ Proyectos integrados armónicamente en sus comunidades. ✓ Empresas en las que se facilite la igualdad de oportunidades. ✓ Empresas que generen empleo estable, y que sirvan para fijar la población. ✓ Empresas abiertas al examen de sus actividades.

Fuente: elaborado en base a De la Cuesta Gonzalez, M. (2005) *Las inversiones socialmente responsables como palanca de cambio económico y social* (P. 25)

1.2. Indicadores de inversiones éticas: una mirada internacional

En el mercado financiero mundial existen consultoras que realizan análisis y clasificación ética de las empresas, ofreciéndoles esta información sobre su comportamiento socialmente responsable.

Para poder evaluar si una empresa cumple con los valores o criterios de ética y responsabilidad social adecuados, en primer lugar se recopila y analiza la información disponible en bases de datos, memorias, informes de sostenibilidad o cuestionarios.

Por otro lado, se han desarrollado indicadores que permiten evaluar las prácticas de RSE. Entre los más importantes, se cuentan los siguientes (Cuadro 2):

Cuadro 2: Indicadores principales de prácticas de RSE

Indicadores	Características
Indice de Sostenibilidad Dow Jones (DJSI)	Integra a las empresas que cotizan en bolsa con las mejores prácticas de RSE dentro de sus respectivas industrias.
FTSE4Good	Evalúa el rendimiento de las empresas que cumplen con estándares mundiales reconocidos de RSE. Gestionado por el FTSE4GoodPolicy Committee. Se origina en la Bolsa de Londres.
Global 100	Lista las 100 corporaciones mundiales más sostenibles del mundo. Desarrollado por la Revista canadiense "Corporate Knights" y la empresa Innovest Strategic Value Advisors.
UN Global Compact	Iniciativa del Secretario General de la ONU. Avanza sobre los 10 principios fundamentales integrados en áreas de Derechos Humanos, trabajo, medio ambiente y anticorrupción.
World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)	Coalición de delegados de más de 180 empresas con prácticas de RSE. Se ingresa por invitación. Se necesitan grandes inversiones.
Global Reporting Initiative (GRI)	Estándar de información para los informes de la línea de base triple. Su base de datos se basa en la autoinformación.
Encuesta Internacional KMPG sobre Información RSE	Se basa en encuestas de prácticas de RSE de las 100 mayores empresas en cada uno de los 16 países de la encuesta.
Lista SustainAbility de los 100 mejores Informes de sostenibilidad	Evaluación bianual de los informes de las mejores prácticas de sostenibilidad.
ISO 14001	Estándar de certificado de gestión medioambiental creado a través de la International Standardisation Organisation (ISO). El certificado lo emite un tercer organismo de certificación. Es una herramienta de administración genérica, aplicable a todas las empresas.

Fuente: elaboración propia en base a Gjolberg, M (2009) *Cuantificando lo incuantificable? Creación de un índice de prácticas de RSE y rendimiento de la RSE en 20 países.*

Además, se pueden agregar:

➤ Los Principios del Ecuador: constituyen **un marco de gestión de riesgos, adoptado por las instituciones financieras para determinar, evaluar y gestionar los riesgos ambientales y sociales en los proyectos. Han adherido 80 entidades en el mundo, 10 de ellas en Latinoamérica y una en Argentina**⁹.

➤ Carbon Disclosure Project (CDP): busca transformar el sistema económico global para prevenir el cambio climático, proteger los recursos naturales y crear prosperidad a largo plazo a través de la asignación eficiente del capital. Cuenta con 822 organizaciones de todo el mundo, 67 en América Latina, sólo 1 en Argentina¹⁰.

A partir de la extensión de estos indicadores en el ámbito de los negocios, es posible encontrar distinto nivel de desarrollo en cuanto a su incorporación a la hora de tomar decisiones de inversión. Así por ejemplo:

➤ **España:** lanzó al mercado el índice FTSE4Good IBEX. Es el primer índice ético que se crea con empresas exclusivamente españolas que cotizan en los mercados operados por Bolsas y Mercados Españoles. Sirve de referente para la creación de nuevos productos financieros, fondos de inversión éticos, etc.

➤ **Colombia:** La Bolsa de Valores de Colombia (BVC) ha desarrollado iniciativas orientadas a promover aspectos como gobierno corporativo, relación con inversionistas, estándares de revelación de información y sostenibilidad e inversión responsable: proyectos como el Fondo Inversor, un fondo de inversión de impacto que busca resolver retos sociales y ambientales mediante modelos de negocio sostenibles y rentables económicamente. La BVC directamente y a través del Fondo Inversor hace parte del Pacto Global de Naciones Unidas.

➤ **México:** El índice IPC sustentable publicado por la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) desde diciembre de 2011, integra empresas que involucran dentro de sus procesos actualizados a las demandas de información financiera, ambiental, social y corporativa. La BMV calcula y publica este índice en dos

⁹ <http://www.equator-principles.com/> consulta al 31/08/2015

¹⁰ <http://cdpla.net/> consultada 31/08/2015

versiones: en una de ellas incluye los dividendos en efectivo (versión retorno total), y en otra los excluye (versión precio).

➤ **Brasil:** Posee el Índice de Sostenibilidad Empresarial (ISE) introducido en el 2005, el cual se ha convertido en un referente global y nacional para la gestión sostenible. El índice ha contribuido significativamente al desempeño corporativo, puesto que es uno de los principales factores que impulsa la integración de la sostenibilidad a la gestión corporativa en el país.

Con respecto al Mercado de Carbono e ICO2, en el 2007 se introdujo una plataforma transaccional que permite negociar créditos de carbono, e incluye un registro central de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). El ICO2 es el índice que en su ponderación considera coeficientes de emisión de gases de efecto invernadero y busca reflejar el desempeño de este mercado.

➤ **Perú:** la Bolsa de Valores de Lima (BVL) introdujo el Índice de Buen Gobierno Corporativo (IBGC), en el año 2008. Los criterios para este índice, compuesto por 24 empresas que cotizan en la BVL, se basan en los principios de gobierno corporativo aplicables en Perú.

2. LA SUSTENTABILIDAD EN ARGENTINA

2.1. Antecedentes

Numerosas organizaciones no gubernamentales se desarrollaron en los últimos años tratando de orientar a las empresas hacia prácticas socialmente responsables. Una de ellas, el Instituto Ethos de Empresa y Responsabilidad Social es una organización no gubernamental creada en Brasil, en 1998, con la misión de sensibilizar y ayudar a las empresas a administrar sus negocios en forma socialmente responsable, con el fin de construir una sociedad sostenible y se ha convertido en una referencia a nivel internacional en este tema. Por tal motivo desarrolla los Indicadores Ethos para Negocios Sustentables y Responsables. Estos indicadores fueron desarrollados dando mayor énfasis a la Norma ABNT ISO 26000, a las Directrices GRI y el Carbon Disclosure Project (CDP), contemplando los avances sobre la Responsabilidad Social Empresaria tanto en Brasil como en el mundo, facilitando la generación de mejores informes y herramientas de gestión.

En Argentina, el Instituto Argentino de Responsabilidad Social Empresaria (IARSE) se crea a mediados del año 2002 con la misión de “promover y difundir el concepto y la práctica de la Responsabilidad Social Empresaria (RSE) para impulsar el desarrollo

sustentable en este país, trabajando junto a las empresas a través de redes de información, intercambio de experiencias y colaboración mutua”¹¹.

El IARSE produce información, conocimiento, divulga buenas prácticas, trabaja en red y establece alianzas con otras organizaciones comprometidas con la promoción de RSE en Argentina y en la región, para facilitar el compromiso gradual y creciente del mundo de los negocios con una gestión ética y socialmente responsable.

El IARSE es a su vez miembro desde marzo de 2006 de la organización GRI, la cual establece que las Memorias o Informes de Sostenibilidad deben presentar una imagen equilibrada y razonable del desempeño de una organización, incluyendo los aspectos positivos y negativos de su actividad en la economía, en el ambiente y en la sociedad. Es decir, debe ser una rendición de cuentas a los grupos de interés, tanto internos como externos a la organización.

2.2. Indicadores ETHOS-IARSE

Desde el año 2003 IARSE comenzó a adoptar los indicadores ETHOS de RSE, dando origen al componente *Indicadores del Programa Latinoamericano de Responsabilidad Social Empresarial (PLARSE)* que tiene por objetivo la utilización de un único patrón de indicadores de RSE para todos los países de América Latina que forman parte del programa. Los indicadores de RSE - PLARSE contemplan los aspectos comunes a la gestión de RSE en el contexto latinoamericano y comprenden el componente “*cuestionario*” referido a los Indicadores en Profundidad (Etapas). Además, se agregan preguntas particulares, Indicadores Binarios y Cuantitativos, que responden al contexto y realidad local de la RSE en Argentina. El objetivo es apoyar a las empresas en la incorporación de la sustentabilidad y responsabilidad social empresaria en sus estrategias de negocio. Permiten evaluar cuánto de sustentabilidad y de responsabilidad social han sido incorporadas en los negocios, ayudando a definir estrategias, políticas y procesos. Para ello las empresas deben contestar un cuestionario, organizado por dimensiones, desagregadas por

¹¹ IARSE Indicadores de Responsabilidad Social Empresaria Versión 2.0

temas, inspirados en la Normas ISO 26000 (de recomendaciones sobre los principios de responsabilidad social), los cuales se desagregan en subtemas y posteriormente en indicadores, tal como se muestran en el cuadro 3:

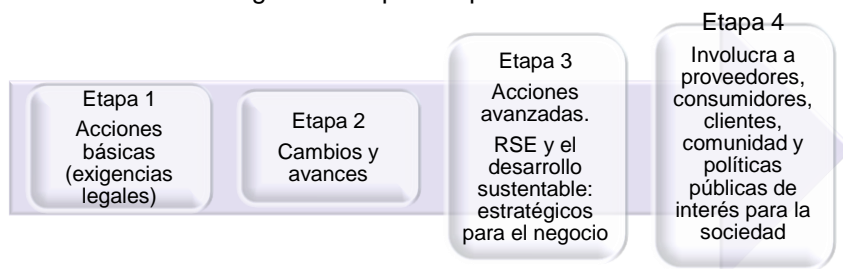
Cuadro 3: Dimensiones de indicadores Ethos-IARSE

Dimensión	Tema	Subtema
Visión y Estrategia		
Gobierno Corporativo y Gestión	Gobernabilidad Organizacional	Gobernabilidad Rendición de Cuentas
	Prácticas de Operación y Gestión	Competencia Leal Prácticas Anticorrupción Participación Política Responsable Sistemas de Gestión
	Derechos Humanos	Situaciones de Riesgo para los DDHH Acciones Afirmativas
Social	Prácticas de Trabajo	Relaciones de Trabajo Desarrollo Humano, Beneficios y Entrenamiento Salud y Seguridad en el Trabajo y Calidad de Vida
	Cuestiones relativas al Consumidor	Respeto del Derecho del Consumidor Consumo Consciente
Ambiental	Participación en la Comunidad y su desarrollo	Gestión de Impactos en la Comunidad y su desarrollo
	Medio Ambiente	Cambio Climático Gestión y Monitoreo de los Impactos sobre Ecosistemas y Biodiversidad Impactos del Consumo

Fuente: elaboración propia en base a IARSE *Indicadores Eños para Negocios Sustentables y Responsables™ (versión 3.1)*
<http://www.iarse.org/seccion/wp-content/uploads/2014/08/Indicadores-Ethos-IARSE-V3.1.compressed.pdf>

Por otro lado, las etapas a las que hacen referencia los indicadores de profundidad, son las detalladas en la Figura 1:

Figura 1: Etapas de práctica de RSE

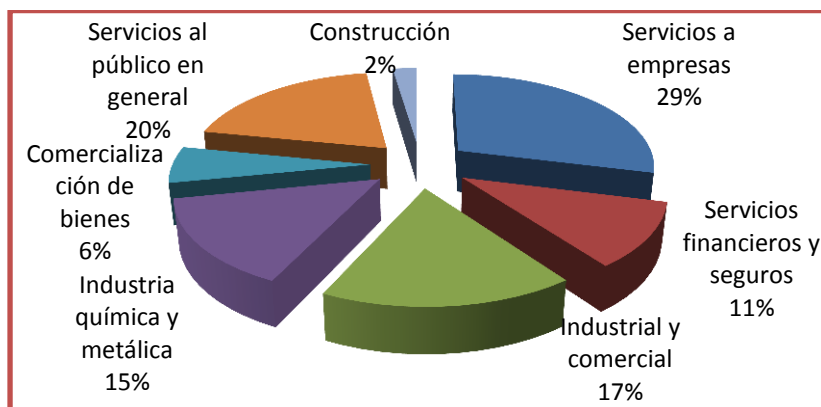


Fuente: elaborado en base a: *Indicadores Ethos para Negocios Sustentables y Responsables* (versión 3.1)

2.3. Miembros de IARSE

En la actualidad¹², IARSE cuenta con 128 miembros adheridos, que han decidido participar activamente como empresas-miembro del Instituto. La composición por rubro de todos los miembros es la que se muestra en el siguiente Gráfico:

Gráfico 1: Miembros de IARSE: composición por rubro



¹² <http://www.iarse.org/> consultada 24/8/2015

Fuente: Elaboración propia, en base a datos extraídos de www.iarse.org y de las páginas web de las empresas mencionadas (Fecha de consulta: 24/8/2015)

En lo referido a entidades miembro, las incluidas en el rubro servicios financieros y seguros son: Banco Galicia, Citibank, Banco Hipotecario, Banco Macro, Banco Itaú, Grupo Sancor Seguros, Mapfre, Nación Servicios, Río Uruguay Seguros, Santander Río, Tarjeta Naranja, Zurich, Banco Patagonia y Bolsa de Comercio de Santa Fe.

2.4. El Mercado de Valores Argentino

Es importante destacar que dos empresas (ambas del sector financiero) miembros de IARSE están incluidas en la composición del Índice Merval¹³ (compuesto por 11 empresas) con un 19,33% de participación en la canasta de dicho índice. Si se considera el MERVAL 25, son en total 5 las empresas asociadas a IARSE.

De todas maneras, el Mercado de Capitales Argentino, tanto en lo que hace a las Bolsas y Mercados de Valores como su órgano regulador, la Comisión Nacional de Valores, no ha logrado aún avances significativos como sucede con otros mercados latinoamericanos (Brasil, Colombia y México), ya que a pesar de que se exige a las emisoras publicar información, no se han desarrollado índices que incorporen aspectos vinculados a la RSE.

Seguramente, un inversor que valore las estrategias y prácticas empresariales dirigidas al buen gobierno y a la sostenibilidad y considere estos aspectos en sus decisiones ejercerá la presión suficiente para el cambio.

3. EL SECTOR FINANCIERO ARGENTINO

¹³El índice **Merval** mide el valor en pesos de una canasta teórica de acciones, seleccionadas de acuerdo a criterios que ponderan su liquidez. El índice está compuesto por una cantidad nominal fija de acciones de distintas empresas cotizantes (<http://www.merval.sba.com.ar/>) Consulta realizada el 27/08/2015.

3.1. Importancia del sector

El sector financiero es considerado estratégico para el funcionamiento de la economía y el progreso económico y social de un país. Por tal motivo, la responsabilidad de las entidades financieras en cuanto a sus decisiones de dónde invertir, a quién financiar, cuánto, en qué condiciones de costo y plazo son factores a tener en cuenta en materia de Responsabilidad Social debido al alto impacto social y económico que generan.

La Iniciativa Financiera del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-IF) busca involucrar a las entidades financieras en la problemática ambiental y lograr un mundo sostenible; alcanza unas 200 entidades, 37 pertenecen a América Latina, una a Argentina¹⁴.

Un estudio realizado por esta entidad, reveló que en el año 2012, el 89% de 85 instituciones financieras analizadas en América Latina, disponía de una política de sostenibilidad.¹⁵ Se distinguen dos categorías de oferta de productos y servicios en inversiones responsables:

- Temática: incluye inversiones con fines específicos en lo ambiental: agua, cambio climático, producción de energía renovable o mejora en aspectos sociales como la generación de negocios liderados por mujeres y respecto a los derechos humanos,
- Transversal: incluye productos financieros que utilizan criterios ambientales y sociales para decidir la viabilidad de una inversión.

El citado estudio realizado por PNUMA-IF indicó que en el año 2012, el 53% de las 85 instituciones financieras ofrecían financiamiento en energía renovable y un 45% en inversiones ambientales.

En términos de gestión interna, la mayoría de las instituciones financieras elabora sus memorias de sostenibilidad siguiendo las directrices GRI. Esto les permite contar con una estrategia organizacional para contribuir con el desarrollo sostenible y los desafíos que deben enfrentar para mejorar su impacto económico, social y ambiental.

¹⁴ <http://www.unepfi.org/> consultada 31/8/2015

¹⁵ Gomez Daira. "¿Cuál es la Responsabilidad Social del sector financiero?" Revista Evolución Marzo 2015 IARSE pág. 45 a 48

En lo que respecta a Argentina, las siguientes entidades están incluidas en la base de datos GRI¹⁶: Grupo Sancor Seguros, Banco Galicia, HSBC Argentina (Filial), Oriencoop, MAPFRE Argentina, Kolektor, Banco Patagonia, BBVA Francés (Filial), Grupo Macro, Grupo Supervielle, Santander Río Argentina, Tarjeta Naranja (Filial), Banco Hipotecario, Allianz Argentina (Filial), Citi Argentina (Filial), Banco Columbia, Bancor y Banco Santander Río (Filial).

4. METODOLOGÍA

4.1. Entrevistas realizadas por IARSE

El IARSE elabora mensualmente su revista “Evolución” y el Anuario correspondiente, que se encuentran disponibles en su página web¹⁷. En ellas es posible encontrar numerosas entrevistas a representantes de las distintas empresas miembro. En este trabajo, se destacan las entrevistas realizadas a empresas del sector financiero y de seguros. Los aspectos sobresalientes de cada una de ellas son:

✓ **Banco Galicia:** su objetivo es trascender las relaciones comerciales con proveedores, estableciendo confianza, transparencia y respetando los valores de la entidad. Posee un Código de Conducta para proveedores, un Manual de Compras y un Código de Ética de Compras, Procedimientos Administrativos y Política Comercial de Tratamiento de Proveedores. Realiza evaluación de proveedores críticos, mediante visitas presenciales. Se tienen en cuenta estándares sociales y ambientales.

✓ **Banco Itaú:** entre sus objetivos están la promoción y respeto de los derechos humanos en el ámbito laboral, la valorización de la diversidad y la igualdad de oportunidades, facilitando la inserción laboral a grupos en situación social vulnerable. Posee Programas de Empleo con Apoyo, Pasantías Educativas, Capacitación a PyMes, ambiente laboral seguro y saludable, trato humano y respetuoso. El banco adhiere a los Principios de Ecuador (casa Matriz) y desde hace 14 años integra el Dow Jones Sustainability World Index.

¹⁶ <http://database.globalreporting.org/search> Fecha de consulta: 01/09/2015

¹⁷ <http://www.iarse.org/seccion/categoria/evolucion/> - Anuario 2014 y Boletín Mensual Marzo 2015.

✓ **Río Uruguay Seguros:** entre sus objetivos se encuentran la promoción y defensa de los derechos humanos, realizando acciones a favor de la comunidad como emprendimientos locales y regionales, la difusión de la cultura y el deporte. También promueven y realizan capacitaciones en educación y seguridad vial. Realiza convenios con universidades, colegios y escuelas además de acciones conjuntas con organizaciones civiles.

✓ **Banco Macro:** sus objetivos se inclinan hacia la integración armónica a la comunidad, y a la igualdad de oportunidades, facilitando la inclusión y la educación financiera, en especial en PyMes y emprendimientos. Promueve la transparencia, la responsabilidad por el bienestar y el ambiente. Posee Programas de aprendizaje (educación financiera). Realiza reportes de RSE y se adecua al Pacto Mundial y GRI.

✓ **Banco Santander Río:** promueve el cuidado del medio ambiente, y tiene proyectos de Inclusión Financiera, incorporando su presencia en comunidades más vulnerables, de educación financiera, realizando intercambio en convenio con PyMes y Universidades.

✓ **Banco Hipotecario:** entre sus objetivos está la promoción de canales de ventas para fines sociales, procurando el bienestar de la comunidad. Ofrece productos y servicios financieros con impacto social positivo (sucursales ecológicas y gestión de residuos).

✓ **Citibank:** sus objetivos promueven la sustentabilidad en los procesos del negocio y la minimización del impacto ambiental y la concientización y participación de los empleados. Para ello realiza inversión en tecnología de ahorro de traslados, papelería, impresión, etc. Promueve la inclusión laboral y financiera de jóvenes de bajos recursos y la presencia de mujeres en cargos ejecutivos.

✓ **Grupo Sancor Seguros:** sus objetivos están orientados hacia la prevención y al ciudadano sustentable. Para ello desarrollaron productos de Salud Segura, realiza reportes de sustentabilidad y sigue los lineamientos de las normas ISO 26000, además de apoyar al Pacto Global y las GRI.

✓ **Tarjeta Naranja:** sus objetivos promueven la minimización del impacto ambiental del negocio, brindando apoyo a las necesidades de las comunidades y la niñez. En materia laboral pretende lograr trabajadores alegres, capaces y motivados. Posee política de compras responsables, revisión del destino final de residuos y realiza Reporte según GRI.

4.2. Entidades financieras argentinas adheridas a diferentes organismos e indicadores:

La cantidad de entidades financieras autorizadas por el Banco Central de la República Argentina (BCRA) para funcionar como tal son 81¹⁸, 8 de las cuales son miembros de IARSE. A continuación se detallan dichas entidades, que junto a otras adhieren a diferentes entidades vinculadas a la sostenibilidad y la RSE:

Cuadro 4: Resumen de entidades financieras que adhieren a distintas entidades vinculadas a la RSE

Entidad	IARSE	Pacto Global	Reportes publicados en su portal	Principios de Ecuador	Carbone Disclosure Project	UNEP FI	Informes GRI
Banco Macro	X	X	2007-14				2009-14
Banco Itaú	X						
Banco Galicia	X	X	2005-14	X	X	X	2008-14
Banco Santander Rio	X	X	2009-13				2008. 2010-13
Banco Hipotecario	X		2011-13				2011-13
HSBC	X		2006-11 2013				2009-11. 2013
Citibank	X	X	2010-13				2011-13
Banco Patagonia	X		2013				2010-13
Banco Ciudad		X					
Banco Columbia		X	2012				2012
Banco Superville			2013				2010-11. 2013
BanCor			2014				2014
BBVA Banco Francés			2007-14				2010-13

Fuente: elaboración propia en base a consultas de las páginas web de los respectivos bancos y las entidades mencionadas, durante los meses de agosto y septiembre de 2015.

¹⁸www.bcra.gov.ar a abril de 2015. Consultado 31/08/2015

4.3. Otra información disponible: algunos ejemplos

A partir de esta información y a fin de cotejar lo informado por algunos bancos en su oferta de servicios financieros, se obtiene lo siguiente:

1) **Banco Santander Río**¹⁹: en su página web informa sobre sus pilares claves y compromisos, destacándose el referido a educación financiera, a la satisfacción del cliente, adecuación de proveedores a la política de RSE del banco y cuidado del medio ambiente. Entre sus productos para inversión no se mencionan criterios de sustentabilidad a tener en cuenta por potenciales inversores. Sólo informan rentabilidad, riesgo y tipo de inversión.

2) **Banco Galicia**²⁰: en su página web informa su gestión sustentable, destacándose las políticas de sustentabilidad y educación financiera, con respecto a empleados, clientes, proveedores, ambientes y accionistas. Con respecto a sus productos financieros (líneas de créditos), el banco aplica los Principios del Ecuador para la evaluación social y ambiental. En cuanto a sus fondos de inversión, los mismos certifican ISO 9001; detallan rendimiento y riesgo para inversores.

3) **Banco Ciudad**²¹: Asume su compromiso con la sustentabilidad, adhiriendo al Pacto Global en el año 2015; cuenta con el programa Banco Verde, que promueve la gestión responsable de sus recursos humanos, comunicacionales y materiales.

4) **Banco Columbia**²²: Adhirió al Pacto Mundial de las Naciones Unidas en el año 2012 y presenta reporte de sustentabilidad. Prioriza acciones para respetar los derechos humanos.

5) **Banco Itaú**²³: Su visión es ser un banco líder en performance sustentable y satisfacción al cliente. Ha recibido premios como el Banco más sustentable del año de los mercados emergentes (2009-2010), del mundo (2011) y de América (2012). Es el único banco integrante del Dow Jones Sustainability World Index desde su creación (15 años).

¹⁹ <http://www.santanderrio.com.ar/banco/online/personas/acerca-de-nosotros/sostenibilidad> Consultada 14/09/2015

²⁰ <http://www.galiciasustentable.com/portal/site/galiciasustentable/> Consultada 14/09/2015

²¹ <http://www.bancociudad.com.ar/> Consultada 14/09/2015

²² <https://secure.bancocolumbia.com.ar/web/> Consultada 14/09/2015

²³ <http://www.itau.com.ar/> Consultada 14/09/2015

6) **Banco Macro**²⁴: Su visión es ser un banco líder en satisfacción al cliente. Asume el compromiso de generar acciones de valor económico, social y ambiental. Su principal objetivo es ser una empresa sustentable, con el foco puesto en los sectores vulnerables, en la creación de oportunidades en las distintas regiones, a partir de la oferta de productos y servicios financieros de calidad y la gestión responsable de los impactos del negocio. Busca integrar la sustentabilidad en cada una de las acciones que realiza, ejecutando un modelo de negocios que se basa en las características del sector y a la vez busca generar un impacto social y ambiental positivo.

En función de este análisis, se observa que algunas entidades del sector financiero han demostrado un gran avance en cuanto a prácticas de RSE; sin embargo, es necesario continuar con esta política de sustentabilidad, involucrándose aún más en proyectos que contribuyan al bienestar de la población. Por otro lado, es necesario contar con un sistema confiable de auditoría y control sobre el contenido de los informes de las memorias de sostenibilidad.

5. CONCLUSIONES

Un negocio socialmente responsable implica una actividad económica que genera valor no sólo desde el punto de vista económico sino también social y medioambiental.

Existen indicadores globales de RSE que permiten a las empresas medir y evaluar su desempeño, además de posicionarse en el mercado a través de las buenas prácticas o conductas “éticas”.

En Argentina este proceso de concientización del desarrollo sustentable se encuentra en una etapa inicial. Si bien algunos sectores o empresas pueden tener un mayor grado de avance en este sentido, existen empresas que aún se encuentran en su primera etapa de este largo camino.

El sector financiero argentino, ha demostrado un cierto grado de avance en cuanto a prácticas de responsabilidad social. Sin embargo, es necesario continuar con esta política de sustentabilidad, involucrándose en proyectos que contribuyan al bienestar de la población. Es importante contar con un sistema

²⁴ <https://www.macro.com.ar/> Consultada 14/09/2015

confiable de auditoría y control sobre el contenido de los informes de sostenibilidad, además de incorporar índices vinculados a la RSE.

6. REFERENCIAS

- Bolsa de Valores de Colombia (2014) *Inversión Responsable y Sostenible: visión general, prácticas actuales y tendencias*. http://www.spainsif.es/sites/default/files/upload/publicaciones/ColombianSecuritiesExchangeReport_FINAL_July2014.pdf
- De la Cuesta Gonzalez, M. (2005) *Las inversiones socialmente responsables como palanca de cambio económico y social*. Universidad Pontificia de Salamanca. España - Pág. 23 - 42
- Gjolberg, M (2009) *Cuantificando lo incuantificable? Creación de un índice de prácticas de RSE y rendimiento de la RSE en 20 países*. Revista de RSE, nº 2, pág 15 – 49.
- IARSE: *Indicadores Ethos para Negocios Sustentables y Responsables* (versión 3.1) <http://www.iarse.org/seccion/wp-content/uploads/2014/08/Indicadores-Ethos-IARSE-V3.1.compressed.pdf>
- IARSE Indicadores de Responsabilidad Social Empresaria Versión 2.0
- IARSE: Anuario RS&S 2014
- IARSE (2015) Revista Evolución: El estado del Arte de la RS&S en el sector de las Finanzas y Seguros. Marzo
- Zicari Adrián (2007) *Fondos Responsables: Una exploración de su viabilidad en el Mercado de Capitales Argentino*. Invenio. Vol 10, número 019. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Rosario, Argentina. PP. 49-58
- Otras páginas web consultadas:
<http://www.equator-principles.com/> Fecha de consulta: 31/08/2015
<http://cdpla.net/> Fecha de consulta: 31/08/2015
<http://www.unepfi.org/> Fecha de consulta: 31/8/2015
www.bcra.gov.ar Fecha de consulta: 31/08/2015
<http://database.globalreporting.org/> Fecha de consulta: 7/9/2015

<http://www.merval.sba.com.ar/Documentos/Merval%20-%20Codigo%20Gobierno%20Societario.PDF> Fecha de consulta: 14/09/2015

<http://www.cnv.gov.ar/LeyesReg/CNV/esp/RGCRGN606-12.htm>
Fecha de consulta: 14/09/2015

<http://www.expoknews.com/que-es-el-instituto-ethos/> Fecha de consulta: 25/8/15

www.iarse.org Fecha de consulta: 25/8/15

<http://www.merval.sba.com.ar/> Fecha de consulta: 10/09/15

SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL: ENFOQUE MULTIMETODOLÓGICO EN LA IMPLEMENTACIÓN

DANIEL ALBERTO PONTELLI

JOSE FRANCISCO ZANAZZI

NADIA AYELEN LUCZYWO

JOSÉ LUIS ZANAZZI

LAURA LEONOR BOAGLIO

Palabras clave: Seguridad y salud ocupacional, enfoque multimetodológico, enfoque de procesos, decisión multicriterio discreta.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estudia cómo implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en una Universidad Nacional. El problema es complejo por la estructura horizontal de la organización, por la gran cantidad de personas involucradas y porque es necesario lograr el compromiso de los actores y usuarios, entre otros motivos. Por ello, se utiliza un enfoque multi-metodológico que combina elementos de *Soft System Methodology*, Apoyo Multicriterio a la Decisión y Enfoque de Procesos. El trabajo describe el enfoque utilizado y presenta algunos de los resultados obtenidos con cada metodología. El artículo incluye valoraciones indirectas del impacto de esta iniciativa sobre los profesionales participantes, que permiten adoptar una postura optimista sobre la evolución futura del sistema.

El fatal accidente ocurrido en la Universidad Nacional de Río Cuarto, condujo al Ministerio de Educación de la Nación a redoblar las acciones orientadas a obtener condiciones adecuadas de seguridad en el ámbito universitario. En esa línea, la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), creó el Consejo de Prevención para la Seguridad (CPS), integrado por un equipo de profesionales especializados en el tema.

Con la intención de mejorar sus modalidades de trabajo, el Consejo decidió abordar el desarrollo de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SySO). De manera genérica, se entiende como Sistema de Gestión, para este caso, a un conjunto de

procesos que permite realizar las actividades principales requeridas para prevenir y controlar riesgos, planificar el funcionamiento del conjunto, proveer los recursos necesarios para el funcionamiento y propiciar el análisis de errores y la mejora continua.

En el caso de la UNC, como modelo para este Sistema se adoptó el propuesto por las Normas OHSAS 18001 y los preceptos de la Resolución generada por la Superintendencia de Riesgos de Trabajo de la Nación.

Ahora bien, la implementación de este tipo de sistemas puede considerarse una iniciativa compleja, porque es necesario tener en cuenta tanto cuestiones técnicas como sociales. Dicho de otro modo, tanto o más importante que determinar los riesgos potenciales o diseñar dispositivos anti incendio, es lograr el compromiso de todas las personas vinculadas con el sistema propuesto.

Algunos números de la UNC pueden ayudar a percibir esta complejidad: ciento veinte mil estudiantes; doce mil empleados; trece facultades; dos escuelas de Enseñanza Media; dos hospitales; una planta productora de medicamentos. Para que el Sistema de Gestión realmente funcione, es preciso no solo adoptar una cierta cantidad de procesos y procedimientos, sino también estimular a toda la comunidad educativa para que se apropie de los mismos y los utilice correctamente.

En términos de Investigación Operativa, la complejidad viene asociada con diferentes perturbaciones que afectan los procesos de toma de decisiones. Entre las más conocidas se encuentran las siguientes: incertidumbre, imprecisión y falta de datos (Mingers y Rosenhead, 2004) (Valqui, 2006). Cuando la decisión requiere la actuación de diversos actores, se pone de manifiesto la diferencia de percepciones y preferencias entre los miembros del grupo, lo que incrementa la incertidumbre que afecta al sistema (Georgiou, 2008).

Estas interferencias dificultan el análisis y lo que es peor, limitan las posibilidades de éxito posterior de sus aplicaciones. Revisores en materia de salud y seguridad ocupacional (Robson et al., 2007), argumentan que la tasa de fracaso en proyectos orientados al desarrollo e implementación de OHSAS es similar a la de los Sistemas de Gestión de Calidad y se encuentra documentada en el rango del 67% al 93%.

Afortunadamente, es posible reducir estas dificultades a lo largo del proceso de análisis. Ello resulta recomendable porque tienen un correlato directo con el compromiso posterior de la organización hacia las decisiones adoptadas (Georgiou, 2008). Una buena forma de

reducir las perturbaciones que afectan el proceso de decisión, es aplicar un enfoque multi-metodológico (Franco y Lord, 2011). En efecto, una sola metodología generalmente no permite profundizar en el análisis, ni lograr los niveles de consenso necesarios para fortalecer el proyecto. Por ese motivo, para facilitar el desarrollo del Sistema de Gestión SySO en la UNC, se aplicó una combinación de metodologías. En esta combinación se integraron: *Soft System Methodology* (SSM); métodos de Apoyo Multicriterio a la Decisión (MCDM) y Enfoque de Procesos.

La aproximación utilizada es original, a juicio de los autores, debido a que no se conocen antecedentes documentados del uso de este tipo de combinaciones para afianzar sistemas de SySO. En cuanto a la organización del documento, después de la introducción y a modo de revisión bibliográfica, se analizan algunos conceptos básicos de la SySO y aportes realizados desde la MCDM a este tipo de problemas. A continuación se presenta el enfoque multi-metodológico propuesto y se muestran algunos de los resultados obtenidos. Se cierra con un conjunto de conclusiones que destacan el potencial que estas aproximaciones ofrecen para este problema y similares.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los sistemas de SySO tienen entre sus finalidades, la reducción de incidentes y accidentes laborales. Estas contingencias se pueden considerar en términos generales como pérdidas y requieren ser prevenidos, porque los perjuicios van más allá de lo material (Kjellén, 2001).

Ahora bien, se debe tener en cuenta que estudiar el sistema con una óptica centrada solamente en las cosas (máquinas) o en las tareas, no es apropiado para comprender procesos en los que el comportamiento de las personas juega un papel fundamental (Belmonte, Schön, Heurley y Capel, 2011). Muy por el contrario, es necesario incorporar el análisis de comportamiento, tanto a nivel individual como colectivo (Rossi, et al., 2004). Incluso, existe la advertencia que explica que si bien el diseño técnico sigue siendo pertinente, no es suficiente, ya que lo psicológico y lo social se presenta como condición previa para el comportamiento del trabajador (Tinty Järvis, 2009).

Por ejemplo, para el análisis de accidentes deben considerarse tres aspectos: tecnológico, humano y organizacional. Estos actúan de

manera simultánea e incluso interactúan permanentemente (Hollnagel, 2009).

Otros autores proponen que los accidentes están condicionados por la interacción simultánea de factores en distintos niveles. Establecen la incidencia en los siniestros de factores ambientales o externos al sistema evaluado, factores atribuibles al accionar humano y otros de índole tecnológica (Hall y Silva, 2008). En este sentido Díaz Cabrera, et al. (2008) recoge estos argumentos y postula que la salud laboral y los accidentes son producto de múltiples causas: personas, puesto de trabajo, factores organizacionales y aspectos inter-organizacionales.

Stave y Törner(2007), entienden que los accidentes a menudo se originan en fallas en la organización del trabajo. Entre las causas, se reconocen las siguientes: falencias en la comunicación y el aprendizaje, asignación de responsabilidad es combinada con baja capacidad de control del proceso, conflictos de objetivos y brecha entre los procedimientos y la práctica (Stave y Törner, 2007).

Este panorama presenta una realidad que ha sido entendida por aquellos que desarrollan las normas de sistemas de gestión. En particular, el estándar OHSAS 18001, exige a quienes vayan a implementar un sistema de gestión preventiva, realizar procedimientos para identificar y evaluar los riesgos, que tengan en cuenta tanto los aspectos del ambiente como los comportamientos y capacidades humanas, las actividades y los elementos materiales. (OHSAS 18001: 2008).

La eficacia de esta norma ha sido probada en todo el mundo, a tal punto que la Organización Internacional del Trabajo recomienda a sus estados miembros la adopción de políticas nacionales que propugnen el desarrollo de sistemas de gestión (OIT, 2001). La República Argentina responde a esa sugerencia y a través de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, aprueba las directrices nacionales para los sistemas de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SRT, 2007).

Es común encontrar que las organizaciones utilizan instrumentos de identificación y evaluación de riesgos compilados por una sola persona, generalmente un experto en prevención. Esto tiene un inconveniente, la valoración de los riesgos por personas alejadas de la realidad de la transformación tiene un alto contenido subjetivo. Es que el analista, por más que se esmere en ser objetivo, no conoce los detalles técnicos ni convive con la realidad de los ejecutores. La visión individual y por lo tanto subjetiva de los hechos, está presente

siempre, aun en casos en los que se analizan accidentes, es decir hechos consumados que tienen abundancia de elementos objetivos. El proceso de análisis de accidentes puede tener motivaciones particulares que direccionan la investigación, aportando un sesgo a los datos (Mbaye y Kouabenan, 2013).

Muy por el contrario, es recomendable complementar la mirada experta con la experiencia de los trabajadores. Cada tipo de proceso tiene su particularidad y su cultura, y con frecuencia sucede que se aceptan los peligros como típicos del sistema. A menudo los trabajadores aceptan que el medio ambiente laboral esté lleno de riesgos y que tienen que tener cuidado en todo momento para no accidentarse. Incluso toleran las acciones riesgosas y las lesiones, como parte natural de sus actividades (Stave y Törner, 2007), (Pontelli et al. 2010).

En síntesis, a la complejidad propia de los sistemas de SySO, se agrega la cuestión de comportamiento, tanto individual como grupal. Por ello, se hace necesario desarrollar una herramienta que permita la participación de las personas que desempeñan los distintos roles vinculados con los procesos, a fin de compatibilizar opiniones y lograr consenso sobre la existencia y gravedad de los riesgos, así como de los modos de controlarlos.

Dicho de otra forma, el desarrollo de un sistema de SySO no puede ser una tarea individual. Muy por el contrario, en general son varios los responsables de tomar decisiones respecto de esa cuestión; es aquí donde resulta importante aplicar metodologías que permitan la participación de todos los decisores y que ayuden a la obtención de una solución consensuada.

La revisión de la literatura especializada permite encontrar diferentes aportes que proponen utilizar metodologías de Investigación Operativa para este tipo de desarrollos (Marhavidis y Koulouriotis, 2011). Asimismo, existen numerosas aproximaciones AMD, muchas de las cuales plantean aplicaciones del *Analytic Hierarchy Process* (AHP), propuesto en Saaty (2004^a, 2004b).

Por ejemplo, en Caputo, Pelagagge y Salini (2012), se aplica el AHP para la selección de dispositivos de seguridad en máquinas industriales. Con esta finalidad, se adoptan dieciséis criterios, entre los cuales se encuentran los siguientes: costo, protección contra la caída de objetos, confiabilidad y capacidad de detección. Lo interesante es que estos autores utilizan la versión original del AHP y que al construir las matrices de valoraciones pareadas, sostienen que las mismas se obtuvieron a partir de la opinión de expertos, relevadas

con el auxilio de cuestionarios estructurados. Si bien no se detalla la forma en que se arriba a las valoraciones establecidas, se desprende de lo relatado en el trabajo que las ponderaciones asignadas no responden necesariamente a un consenso logrado entre los participantes. En este sentido, los autores del presente trabajo, consideran una oportunidad de mejora a la metodología anterior, que esta atienda las preferencias de los participantes mediante su participación directa en las valoraciones establecidas.

Por su lado, Aminbakhsh, Gunduz y Sonmez (2013) proponen un método para priorizar los riesgos en proyectos de construcción, lo cual permite adicionalmente decidir las inversiones para seguridad. En este caso, se reconoce de modo explícito la necesidad de que participen diversos decisores, pero simplemente se obtiene una única valoración, a partir del cálculo de la media geométrica de las asignaciones individuales.

El trabajo de Liu y Tsai (2012), también analiza el problema de la valoración de riesgos, pero en este caso se reconoce la necesidad de participación grupal. En efecto, el trabajo reúne las opiniones de ocho decisores expertos y representa la imprecisión e incertidumbre con conjuntos borrosos. De todos modos, no se propone un camino para reducir las perturbaciones.

Como se advierte, es frecuente encontrar aproximaciones que no consideran que en este tipo de problemas, siempre participan diferentes actores. Por otro lado, cuando se asume la pluralidad de opiniones, no se intenta arribar a un consenso, ni reducir las discrepancias que pueden existir entre los decisores.

El enfoque planteado en este trabajo es diferente, dado que se proponen herramientas para disminuir las diferencias (incertidumbre, imprecisión), entre las opiniones (valoraciones) de los decisores. Con esa finalidad, se sugiere una metodología que permite evaluar las discrepancias, generar los espacios imprescindibles para lograr consenso y decidir cuándo se ha llegado al acuerdo deseado. Cabe recordar que Bodstein, R. (2007) sintetiza lo concebido aquí como punto de partida y expresa que los mecanismos cruciales para lograr eficacia y sostenibilidad de los cambios sociales, requieren participación, movilización, y empoderamiento de actores.

3. ENFOQUE MULTIMETODOLÓGICO PROPUESTO

Como se planteó anteriormente, la solución de los complejos problemas vinculados con los sistemas de SySO, requiere generalmente que dos o más personas o entidades se pongan de acuerdo. Este requisito de búsqueda de consensos, no es una condición impuesta en la mayoría de los métodos de IO.

Por ese motivo, es necesario que una parte importante de la tarea de análisis se oriente a controlar y reducir las perturbaciones que afectan a la información del proceso, entre las cuales se encuentran las diferencias entre las valoraciones que asignan las personas a los elementos del problema (Mingers y Rosenhead, 2004). En particular, los métodos de la denominada Investigación Operativa *Soft* se preocupan específicamente por entender el problema y sus características a través de la participación de los involucrados.

Diversos autores encuentran importantes ventajas en estas metodologías: aprendizaje grupal, contribución al desarrollo y consolidación de una cultura organizacional (Sorensen y Vidal, 2003); análisis participativo y generación de conocimiento compartido, soluciones inclusivas y compromiso con las soluciones adoptadas (Kaner, Lind, Toldi, Fisk y Berger, 2007; Franco y Lord, 2011).

Es decir, la IO *Soft* tiene de por sí un enfoque adecuado para abordar la complejidad. Afortunadamente, también las aplicaciones de Apoyo Multicriterio a la Decisión pueden facilitar el aprendizaje grupal. En efecto, la selección grupal de criterios o la valoración de los mismos, facilita el intercambio de conocimientos y estimula el aprendizaje conjunto (Dias y Climaco, 2005).

Un efecto similar se obtiene con la aplicación de enfoque de procesos, dado que el análisis de la tarea realizado en grupo, con la necesaria elaboración y validación posterior de los procedimientos desarrollados, permite no solo mejorar las soluciones encontradas sino que compromete con su aplicación posterior.

Por ese motivo, se decidió apoyar el desarrollo del Sistema de Gestión de SySO de la UNC, con una aplicación combinada de las herramientas mencionadas. Se adopta de este modo un enfoque multi-metodológico (Franco y Lord, 2011; Mingers, 2000; Mingers y Gill, 1997).

Tabla 1. Configuración de la Intervención

		Actividades			
		Apreciación de	Análisis de	Valoración de	Acciones para
Dimensiones	Social	prácticas sociales y las relaciones de poder	puntos de vista, distorsiones, conflictos de intereses	modos de cambiar las estructuras existentes	lograr empoderamiento y alineamiento
	<i>Metodología</i>	SSM	SSM	<i>Enfoque de procesos</i>	<i>Enfoque de procesos</i>
	Personal	creencias individuales, los significados y las emociones	las diferentes percepciones y racionalidades	conceptualizaciones y construcciones alternativas	generar predisposición y consenso
	<i>Metodología</i>	SSM	SSM	SSM	SSM, <i>Enfoque de procesos</i> <i>Métodos multicriterio</i>
	Material	evidencias y circunstancias físicas	estructuras causales subyacentes	alternativas físicas y arreglos estructurales	seleccionar e implementar las mejores alternativas
	<i>Metodología</i>	SSM <i>Enfoque de procesos</i>	<i>Enfoque de procesos</i>	<i>Métodos multicriterio</i> <i>Enfoque de procesos</i>	<i>Enfoque de procesos</i> <i>Métodos multicriterio</i>

En la Tabla 1, elaborada por los autores del presente documento, se procura poner en evidencia el modo en que se encuadran y complementan los métodos o partes de métodos que fueron seleccionados. Para ello, se adopta el marco conceptual propuesto por Mingers y Brocklesby (1997), el cual discrimina las dimensiones a considerar (material, personal y social), así como el tipo de actividades necesarias (apreciación, análisis, valoración y plan de acción).

Es decir que la multi-metodología adoptada tiene en cuenta las tres dimensiones: social, personal y material. A su vez, el Enfoque de Procesos se utiliza como herramienta central para estudiar los aspectos materiales; el SSM se emplea para resolver cuestiones personales y grupales; finalmente, los métodos AMD se utilizan para analizar problemas de decisiones particulares y contribuyen a la capacitación del grupo y a la creación de compromisos posteriores.

Este enfoque basado en las tres dimensiones coincide con la visión de autores especializados en prevención de riesgos. Por ejemplo Hollnagel (2009), argumenta que el análisis de los riesgos debe tener en cuenta los aspectos tecnológicos, humanos y organizacionales.

Respecto al SSM, corresponde precisar que se aplica de manera parcial, conforme a la propuesta de Georgiou (2008). Esto es, se efectuaron entrevistas semi estructuradas con quince personas vinculadas a la problemática y los resultados de estos encuentros se

sistematizaron en diferentes figuras y tablas. Se realizaron los Análisis 1, 2 y 3, orientados a resolver cuestiones como actores, relaciones de poder y restricciones internas y externas. A partir de los resultados anteriores se identificaron una cierta cantidad de transformaciones convenientes y se elaboró el análisis denominado CATWOE (de su sigla en inglés *Customers, Actors, Transformations Process, Weltanschauung o World View, Owner, Environmental Constraints*). Finalmente, esta última representación permitió diseñar un plan de acción con un horizonte de corto y mediano plazo.

Respecto al Enfoque de Procesos, una vez realizado el mapeo de actividades, el análisis y diseño de los procesos de realización se concretó en forma de trabajos grupales. Cada equipo de trabajo elaboró diagramas de flujo para representar el proceso a su cargo, diseñó registros, verificó las rutinas propuestas, elaboró los procedimientos vinculados, presentó los resultados al resto de los especialistas y acompañó las aplicaciones iniciales.

El Apoyo Multicriterio a la Decisión se aplicó en reuniones plenarias, para estudiar algunos problemas particulares como la asignación de prioridades en el desarrollo del presupuesto o la valoración de riesgos. En los ejercicios se utilizó la Teoría de la Utilidad Multiatributo Aditiva (Keeney y Raiffa, 1993. Gomes, González Araya y Carignano, 2004).

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Se efectuaron entrevistas con las autoridades universitarias vinculadas al Sistema de Gestión, con el coordinador del Consejo de Seguridad y con la mayoría de los Asesores que integran el grupo de trabajo. Los encuentros se apoyaron en una agenda de trabajo que incluyó cuestiones como formación y experiencias anteriores de los entrevistados; además se analizaron fallas perceptibles en el sistema con sus posibles causas y acciones necesarias para evitarlas; así como fortalezas y debilidades del sistema. Por otro lado, cada entrevistado respondió sobre relaciones tanto personales como profesionales dentro del grupo y puntualizó situaciones de conflicto percibidas. También se invitó a las personas a realizar figuras que representaran su visión sobre el sistema en conjunto.

Con una estrategia propia de la investigación cualitativa, se buscaron los puntos de saturación de las dimensiones analizadas. Las situaciones saturadas contribuyeron a identificar las

transformaciones requeridas. Estas cuestiones y la necesidad de realizar ajustes, se presentaron en una reunión plenaria del CPS, donde se completó el análisis y se elaboró el CATWOE. Por cuestiones de espacio, sólo algunos aspectos se resumen en la Tabla 2.

		Transformaciones					
Clientes	Actores	Condición Actual	Transf.	Condición Mejorada	Justificación	Dueños	Restricciones
Comunidad Educativa UNC CPS	AS/ISO	No existe un procedimiento para realizar el relevamiento de los riesgos	T1	Se dispone de un proceso para el relevamiento y valoración de riesgos. Además los AS/ISO lo aplican de manera homogénea en todas las dependencias.	Por esta carencia los AS/ISO aplican diferentes criterios y herramientas. Este proceso permite unificar el modo de identificar y evaluar los riesgos de forma de reducir la subjetividad	Vicerec- torado	1.- Los AS/ISO no están capacitados en este procedimiento 2.- No se dispone de recurso informático
AS/ISO Autoridades UNC	CPS	No se cuenta con un modo sistemático de identificar cambios en la legislación y de verificar su cumplimiento.	T2	Se cuenta con un proceso que permita identificar los requisitos legales y gestionar las adecuaciones correspondientes.	La legislación en materia de prevención de riesgos del trabajo se modifica permanentemente. Es necesario contar con un modo de estar actualizado con estos cambios para cumplir la ley en todos los procesos.	Vicerec- torado	1.- El presupuesto asignado es escaso 2.- No se cuenta con personal para realizar esta tarea 3.- No se dispone de recurso informático 4.- Los AS/ISO no están capacitados en este procedimiento
AS/ISO CPS	Coordinador CPS LIMI	No existe una manera definida de realizar las actividades del CPS particularmente en planificación de actividades o en modalidades de intervención.	T3	Se dispone de un proceso que estipula el modo de realizar las intervenciones partiendo desde su detección como necesidad, hasta su resolución. Además se cuenta con un proceso que permite hacer planificación periódica de actividades y su seguimiento.	La falta de un modo planificado de realizar las intervenciones del CPS produce imprecisiones, demoras y errores en la asignación de inicios y la ejecución de las acciones. En ocasiones se generan conflictos entre los AS/ISO.	Vicerec- torado	1.- Los actores del proceso (AS/ISO, SGPI, SSPF, Autoridades) no están capacitados en el procedimiento 2.- No se cuenta con personal asignado específicamente para el registro y seguimiento de las intervenciones. 3.- El presupuesto para realizar las intervenciones es restringido
CE UNC Autoridades dependencias	CCI AS/ISO	No se realizan actividades de difusión y concientización de la política y los objetivos de SySO.	T4	Se cuenta con el desarrollo sistemático de actividades tendientes a dar a conocer y a comprometer a la comunidad educativa.	Para lograr el desarrollo de una cultura preventiva es necesario que todos los integrantes de la CE, en todos sus niveles, reconozcan las vulnerabilidades de los procesos y se comprometan a realizar cambios concretos con una visión de mejora permanente. Esto se logra con la comunicación efectiva y la participación de todos en temas de prevención.	Vicerec- torado SPGI	1.- No están desarrollados canales multimedios para la difusión de temas y riesgos 2.- No existe personal asignado para sostener el proceso de difusión 3.- No se dispone de presupuesto para difusión.
CE UNC CPS	Autoridades dependencias Coordinador CPS	No se encuentra completamente definida la estructura de responsabilidades de todos los actores implicados en SySO (decanatos y dirección de dependencias: SSPF, SPGI, CPS, AS/ISO, rectorado, etc)	T5	Se cuenta con una serie de definiciones que establecen las funciones y responsabilidades de los actores del sistema en materia de SySO.	Es necesario tener claridad en las funciones y responsabilidades de los actores que intervienen en el desarrollo e implementación del SySO como requisito de base para evitar desvíos en el cumplimiento de los objetivos.	HCS Rectora do	1.- El respetado político institucional es limitado. 2.- A los AS/ISO se les encargan tareas que no son propias del rol establecido por la legislación. 3.- Existen dificultades en la asignación y distribución del presupuesto para honorarios de AS/ISO
CE UNC CPS	AS/ISO	No se cuenta con un modo organizado de propender a la mejora continua del sistema que identifique cambios esperables, necesidades y demandas concretas.	T6	Se dispone de un conjunto de procesos que estimulan la mejora continua, entre los que se encuentran: gestión de indicadores; investigación de accidentes; auditorías; tratamiento de no conformidades.	La complejidad de los procesos desarrollados en la UNC y sus riesgos vinculados requiere de un modo ordenado de gestionar acciones, presupuestos, indicadores y responsabilidades con una visión de mejora permanente.	Vicerec- torado	1.- No se cuenta con personal para realizar esta tarea 2.- No se dispone de recurso informático

Esas transformaciones permitieron elaborar un Plan de Acciones a desarrollar el período de un año. Una vista parcial de esta planificación, se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Vista parcial de la planificación inicial

T	Objetivos generales	Objetivos específicos	Resp.	Indicadores	Metas
T1	Disponer de un proceso para el relevar y valorar riesgos que se pueda aplicar de manera homogénea en todas las dependencias.	Desarrollar un procedimiento de identificación y valoración de riesgos.	Grupo de trabajo ASySO	- Tiempo de ejecución	15 días
		Establecer y ejecutar cronograma inicial de prueba de relevamientos para ajustar el procedimiento.	Coord. CPS	- Tiempo de ejecución - Cant. de relevamientos realizados	30 días >10 relev
		Realizar ajustes en el procedimiento	CPS	- Duración de la tarea - Cumplimiento plazo de ejecución	5 días
		Preparar y realizar capacitación de ASySO	ASySO designado	- N° de participantes - Cant. horas hombre de capacitac.	3 días
		Aprobar el procedimiento en el CPS	CPS	- Tiempo de ejecución	15 días
		Elevar el procedimiento para la aprobación por el HCS	Vicerrectorado	- Tiempo de ejecución	30 días
		Identificar y estructurar los procesos en cada dependencia.	ASySO	- Tiempo de ejecución - Cantidad de procesos identificados	30 días >5 / dep.
		Establecer cronograma anual de relevamientos de riesgos por dependencia	Coord. CPS	- Tiempo de ejecución - Cantidad relevamientos realizados	250 días >20 / dep.
T2	Contar con un proceso que permita identificar los requisitos legales y gestionar las adecuaciones correspondientes.	Desarrollar un procedimiento de identificación y cumplimiento de los requisitos legales	Grupo de trabajo ASySO	- Tiempo de ejecución	15 días
		Designar personal encargado de compilar la legislación (digesto) y presupuesto	Vicerrectorado	- Tiempo de ejecución	20 días
		Diseñar la matriz de requisitos legales en función de los procesos y dependencias.	Grupo de trabajo ASySO	- Tiempo de ejecución	10 días
		Realizar capacitación de ASySO	ASySO designado	- Cant. de hs- hombre de capacitac. - N° de participantes	3 días 12 pers
		Ajustar el procedimiento y aprobarlo por el CPS	CPS	- Plazo de ejecución	15 días
		Elevar el procedimiento para la aprobación por el HCS	Vicerrectorado	- Plazo de ejecución	30 días
		Verificar en los procesos el cumplimiento de los requisitos legales y proponer las correcciones necesarias.	ASySO	- Cant. de relevamientos realizados - Cant. de incumplimientos detectados - Tiempo de ejecución	>10 / dep Según relev. 90 días
		Desarrollar módulo informático para centralizar datos.	Pro secretaria Informática PSI	- Tiempo de ejecución	90 días

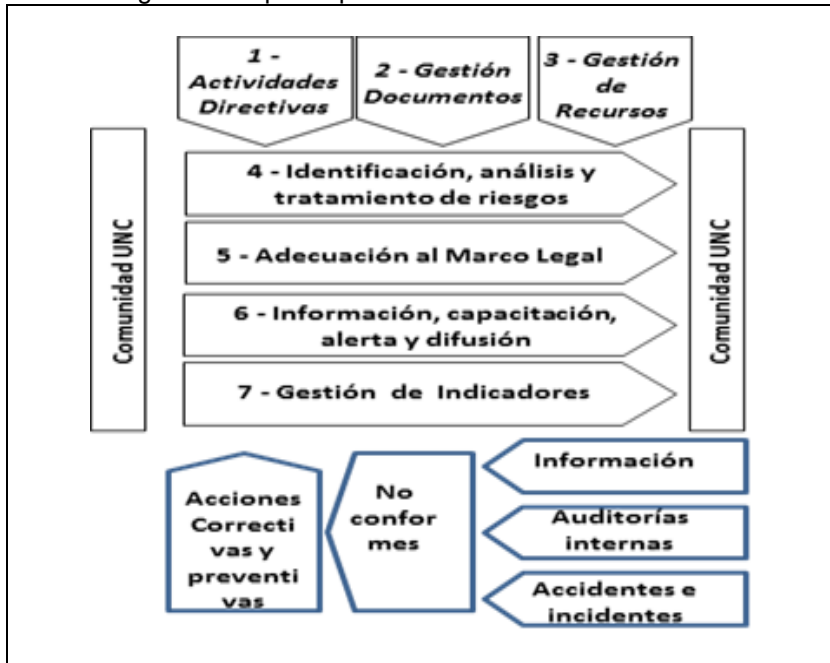
Las transformaciones planteadas en el CATWOE ponen de manifiesto la necesidad de estructurar los procesos de trabajo del sistema y elaborar procedimientos que permitan regularlas. La forma adoptada por la organización para responder a este requerimiento, es el desarrollo de un sistema de Gestión de SySO.

En la Figura 1 se reproduce el mapa de procesos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional construido hasta el momento. Este ha sido elaborado en talleres, con la participación de todos los actores del sistema. Para su elaboración se utilizaron conceptos y elementos de Enfoque de Procesos y Mejora Continua.

Algunos de estos procesos, por ejemplo los directivos, los de identificación y análisis de riesgos o los correspondientes a la investigación de accidentes, han sido trabajados en pequeños grupos. De todos modos fueron posteriormente analizados en

reuniones plenarias y validados mediante experimentaciones realizadas en grupo.

Figura 1: Mapa de procesos del Sistema de Gestión



Por otro lado, algunos procesos de toma de decisiones fueron mejorados con metodología multicriterio. Esta metodología fue utilizada con las siguientes operaciones: asignación de prioridades para la inversión del presupuesto de SySO y para la valoración de riesgos.

Cabe destacar que si bien no es imprescindible aplicar el enfoque multicriterio en este proyecto, los autores consideran que la utilización de esta herramienta es importante para conseguir los resultados buscados. En efecto, se considera que la aplicación de métodos multicriterio en forma grupal es muy útil para intercambiar experiencias entre los actores como modo de compatibilizar las percepciones, mejorar los niveles de conocimiento compartido y estimular el compromiso con las acciones acordadas.

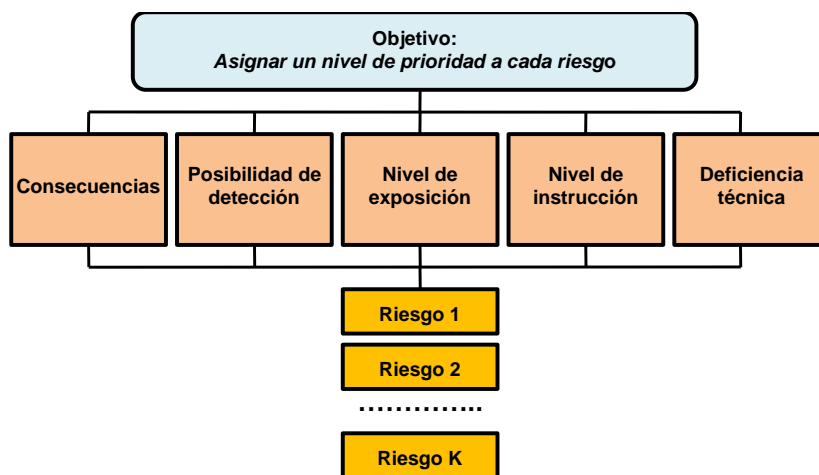
Como ejemplo de este análisis, a continuación se considera el tratamiento de riesgos. En la terminología SySO se diferencia entre peligro y riesgo. El primer término se entiende como la cosa con capacidad para provocar un daño y puede calificarse con un sustantivo: “esto es peligroso”. En cambio, el riesgo tiene implícita una acción u omisión que predispone al daño, en tanto y en cuanto el sujeto se exponga al peligro. Por ejemplo, un río crecido es peligroso, en tanto que cruzar ese río caminando es riesgoso.

Con la finalidad de asignar niveles de prioridad a los riesgos que se identifiquen en cada uno de los lugares relevados, se decidió considerar los siguientes criterios:

- Nivel de Consecuencias (NC): valora el impacto de un posible accidente. Los niveles considerados van desde lesiones leves hasta mortales. Ponderación asignada: **0,36**
- Nivel de Deficiencia técnica (NDT): considera la importancia del defecto detectado. Puede variar entre ausencia de defectos, por un extremo y defectos evidentes y significativos, por el otro. Ponderación asignada: **0,28**
- Grado de Detectabilidad (GD): mide la capacidad que tiene la población que puede ser afectada, para detectar previamente el riesgo. Por ejemplo, la falta de barandas en una escalera es muy evidente, en cambio un escape de gas es muy difícil de detectar. Ponderación asignada: **0,17**
- Nivel de exposición (NE): mide la frecuencia con que potenciales usuarios, se exponen a la situación de riesgo considerada. Se define entre esporádica y continuada. Por ejemplo, si el riesgo se origina en la existencia en un taller, de una máquina amoladora sin las necesarias protecciones, para cuantificar el nivel de exposición es preciso considerar la frecuencia de uso de ese equipamiento. Ponderación asignada: **0,11**
- Nivel de instrucción (NI): valora la formación que tienen las personas afectadas por un riesgo, para realizar las correspondientes tareas. En la práctica, sus extremos pueden variar entre carencia de instrucción por un lado y capacitación con evaluaciones aprobadas, por el otro. Ponderación asignada: **0,10**.

Las ponderaciones fueron obtenidas en un trabajo grupal, donde los participantes asignaron en conjunto utilidades a cada uno de los elementos considerados. La Figura 2 resume las características de este problema multicriterio en un diagrama de árbol.

Figura 2. Diagrama de árbol de valoración de prioridades de riesgos



Respecto de la valoración de cada uno de los riesgos a la luz de cada criterio, se adoptó una escala comprendida entre 1 y 9. Donde el 1 representa una muy baja incidencia y el 9 una incidencia extrema del criterio considerado; se definieron los significados de los valores intermedios. Luego las valoraciones asignadas en cada sitio fueron estandarizadas mediante la regla de la suma.

Tabla 4. Valoración de riesgos detectados en el primer caso estudio

Área	Descripción del riesgo	Tipo de riesgo	Consecuencia	Lesión	Agente	NC	NDT	GD	NE	NI	NR
						0,36	0,28	0,17	0,11	0,1	
Subsuelo Pabellón A	Bordes de escalones no señalizados	Caída al mismo nivel	Contusiones o fracturas	Fractura	Desnivel	3	3	3	4	2	19%
Subsuelo Pabellón A	Tablero eléctrico fuera de norma y sin mantenimiento	Choque eléctrico	El personal puede recibir una descarga eléctrica mortal	Efectos de la electricidad	Instalaciones eléctricas	9	7	6	6	6	45%
Subsuelo Pabellón A	Almacenamiento de material combustible en el subsuelo	Incendio	Inhalación de humos y gases	Asfixia	Materiales combustibles almacenados	6	6	5	3	7	35%

Esta metodología fue aplicada inicialmente en conjunto en el subsuelo de una de las dependencias de la Universidad. La Tabla 4 muestra los resultados de ese primer proceso de evaluación. Con esta lógica, en el área analizada, el tablero eléctrico con el nivel de riesgo NR más alto se convierte en el objetivo que debe tener prioridad en la intervención seguido de la práctica errónea de acumular material combustible en el subsuelo. Ejercicios similares a este se realizaron en otras dependencias, esta vez en pequeños grupos.

4.1 Evaluación de resultados obtenidos.

Por otro lado, es interesante efectuar una valoración de los resultados obtenidos con esta iniciativa. Al respecto, se debe reconocer que a nivel de conocimiento de los autores, no han sido documentadas mediciones en proyectos similares. Por otra parte, existe poca historia en la implementación de este Sistema de Gestión, por lo que no se han acumulado registros que permitan el seguimiento de cuestiones como riesgos, accidentes o incidentes.

A fin de compensar esa carencia, se valoraron los siguientes indicadores indirectos: Porcentaje de asistencia a reuniones técnicas correspondientes al año 2013 y 2014; Porcentaje de participación de los Asesores en actividades que impliquen innovación, es decir que exceden la tarea mínima para la cual son contratados; Porcentaje de participación en actividades de capacitación y experimentación; Nivel de avance en el relevamiento y valoración de riesgos. Los valores obtenidos se reproducen en la Tabla 5.

La variación de los porcentajes de esta tabla hace suponer que los actores tienen una predisposición favorable al proyecto. En efecto, el incremento de la asistencia a reuniones que no son obligatorias, muestran una predisposición por participar. El aumento de la participación de los asesores en actividades innovadoras parece señalar su interés por construir nuevas herramientas de gestión. Algo similar puede suponerse a partir de la mejora en los niveles de participación en las tareas necesarias para implementar el nuevo sistema. El incremento en el nivel de relevamiento de riesgos alcanzado, se obtiene gracias a que fue posible unificar el modo de identificar y valorar esos riesgos por los asesores.

Tabla 5. Indicadores de participación y compromiso con el Proyecto

Indicadores	Anterior al proyecto	Actual
Porc. De asistencia a reuniones técnicas	58,00%	87,00%
Participación en actividades innovadoras	22,73%	63,64%
Participación en implementación	13,64%	77,27%
Nivel de avance en relevamiento de riesgos	12,00%	63,00%

De todas maneras, durante el primer año de operación del sistema, se ha implementado una investigación cualitativa para hacer posible el estudio de su evolución. Como parte de esa investigación, se realizan entrevistas personalizadas con los diferentes actores. De este modo los autores consideran posible obtener una valoración más ajustada del impacto del sistema.

5. CONCLUSIONES

El presente documento analiza una experiencia de implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, en el ámbito de una Universidad Nacional. La iniciativa es compleja porque resulta necesario sensibilizar, capacitar e involucrar a una gran cantidad de actores diferentes.

Por otro lado, se requiere coordinar la actividad de muchas dependencias, en un marco en el cual las relaciones de poder se encuentran muy distribuidas. Es decir, no se trata de una entidad verticalista, donde las decisiones están concentradas en pocos niveles, sino que es necesario consensuar y comprometer para cada una de las acciones a realizar.

Ante esa realidad, se decidió apoyar el desarrollo del Sistema de Gestión con diferentes herramientas de Investigación Operativa. Esto es, se descartó cualquier intento por imponer criterios y procedimientos generados y probados en otros ámbitos. Muy por el contrario, se planteó un enfoque multi-metodológico orientado a generar un ambiente donde se comparten conocimientos y experiencias.

Los resultados obtenidos hasta el momento parecen alentadores, por lo menos se evidencia un buen nivel de participación entre los integrantes del grupo de trabajo. Sin embargo, es necesario

realizar el seguimiento posterior del Sistema, para confirmar los resultados cuali y cuantitativos del mismo y el nivel de compromiso de los actores involucrados, para sostener el Sistema.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aminbakhsh S., Gunduz M., y Sonmez R. (2013): "Safety Risk Assessment Using Analytic Hierarchy Process (Ahp) During Planning and Budgeting of Construction Projects". *Journal of Safety Research*, 46, pp. 99-105.
- Bodstein R. (2007): "The Complexity of the Discussion on Effectiveness and Evidence in Health Promotion Practices". *Promotion & Education*, 14 (1), pp. 16-20.
- Belmonte F., Schön W., Heurley L., Capel R. (2011): "Interdisciplinary Safety Analysis of Complex Socio-Technological Systems Based on the Functional Resonance Accident Model: an Application to Railway Traffic Supervisión". *Reliability Engineering and System Safety*, 96, pp. 237-249.
- Caputo A, Pelagagge P y Salini P (2013): "Ahp-Based Methodology for Selecting Safety Devices of Industrial Machinery". *Safety Science* 53, pp. 202-218.
- Dias L.; Clímaco J. (2005): "Dealing with Imprecise Information in Group Multicriteria Decisions: A Methodology and a GDSS Architecture". *European journal of Operational research*, 160, pp. 291-307.
- Cabrera M., Díaz M., González G., Velásquez O. y Sapena Y. (2008): "La Salud y la Seguridad Organizacional desde una Perspectiva Integradora". *Papeles del Psicólogo*, 29(1), pp. 83-91.
- Franco L. y Lord E. (2011): "Understanding Multi-Methodology: Evaluating the Perceived Impact of Mixing Methods for Group Budgetary Decisions". *Omega*, 39, pp. 362-372.
- Georgiou I. (2008): "Making Decisions in the Absence of Clear Facts". *European Journal of Operational Research*, 185, pp. 299-321.
- Gomes L., González Araya M. y Carignano C. (2004): Tomada de Decisão em cenários Complexos: Introdução aos

- Métodos Discretos do oio Multicritério á Decisão.: Pioneira Thomson Learning. Sao Paulo. Brasil
- Hall J. y Silva A. (2008): “A Conceptual Model for the Analysis of Mishaps in Human-Operated Safety-Critical Systems”. *Safety Science*, 46 (1) pp. 22-37.
 - Hollnagel E., (2009): Barreras Y. Prevención De Accidentes. Ed. Modus Laborandi. Madrid. España.
 - Kaner S., Lind L., Toldi C., Fisk S., Berger D. (2007): *Facilitator’s Guide to Participatory Decision-Making* (2nd Ed.). Jossey-Bass. San Francisco. Estados Unidos.
 - Keeney R. y Raiffa H. (1993): *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge University Press.
 - Kjellén U. (2001): “Prevención de Accidentes”. *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo Organización Internacional del Trabajo.- 3ªedición en Español*, pp. 22-24.
 - Liu H., & Tsai, Y. (2012): “A Fuzzy Risk Assessment Approach for Occupational Hazards in the Construction Industry”. *Safety Science*, 50(4), pp. 1067-1078.
 - Marhavalas P y Koulouriotis D. (2012): “A Combined Usage of Stochastic and Quantitative Risk Assessment Methods in the Worksites: Application on an Electric Power Provider”. *Reliability Engineering and System Safety*, 97, pp. 36–46.
 - Mbaye S., Kouabenan D. (2013): “How Perceptions of Experience-Based Analysis Influence Explanations of Work Accident”. *Journal of Safety Research*, 47, pp. 75-83.
 - Mingers J. (2000): “An Idea of a Head of its Time: The History of Development of Soft System Methodology”. *Systemic Practice and Action Research*, Vol. 13(6), pp 733-755.
 - Mingers J. y Brocklesby J. (1997): “Multimethodology: Towards A Framework for Mixing Methodologies”. *Omega*, 25(5), pp 489-509.
 - Mingers J. y Gill A. (1997): *Multimethodology*, John Wiley & Sons, Ltd. Baffins Lane. Inglaterra.
 - Mingers J., Rosenhead J., (2004): *Análisis Racional Reestudiado para un Mundo Problemático: Métodos para Estructurar Problemas en Condiciones de Complejidad, Incertidumbre y Conflicto*. Instituto Venezolano de Planificación. España.

- OIT (2001): “Directrices Relativas a los Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo”. Ilo-Osh Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. [Http://Www.Ilo.Org/Safework/Info/Standards-And-Instruments/Wcms_112582/Lang--En/Index.Htm](http://www.ilo.org/safework/info/standards-and-instruments/wcms_112582/lang--en/index.htm). Disponible en web: 18-02-14
- Ohsas 18001: 2007 (2007): “Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo – Requisitos”. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Pontelli D., Ingaramo R., Zanazzi J.L., Chayle A., Rodríguez J., Beale C. (2010): “Análisis de Condiciones de Riesgo Laborales. Propuesta para Identificar Factores que la Afectan, Basada en el Modelo de las Desviaciones”. Revista de Ingeniería Industrial. Universidad del Bio Bio, 9(2), pp. 7-26.
- Robson L., Clarke J., Cullen K., Bielecky A., Severin C., Bigelow P., Ymahood Q. (2007): “The Effectiveness of Occupational Health and Safety Management System Interventions: a Systematic Review”. Safety Science, 45(3), pp. 329-353.
- Rossi P., Lipsey M., Freeman H., (2004): “Expressing and Assessing Program Theory. Evaluation. A Systematic Approach”. Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 133-168.
- Saaty T. (2004^a): “Decision Making the Analytic Hierarchy and Network Processes (Ahp/Anp)”. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), pp. 1-35.
- Saaty T. (2004): “Fundamentals of the Analytic Network Process Dependence and Feedback in Decision-Making with a Single Network”. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), pp. 129-157.
- Sorensen L., Vidal R. (2003): “The Anatomy of Soft Approaches”. *Pesquisa Operacional*, 24, pp. 173-188.
- Srt (2007): Resolución 523/2007: “Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo”. Superintendencia de Riesgos del Trabajo. [http://Www.Infoleg.Gob.Ar/Infoleginternet/Anexos/125000-29999/127249/Norma.Htm](http://www.infoleg.gob.ar/infoleginternet/anexos/125000-29999/127249/norma.htm) Disponible en web: 20/12/2013.
- Stave C., Torner M. (2006): “Exploring the Organizational Preconditions for Occupational Accidents in Food Industry: A Qualitative Approach”. Safety Science, 45, pp. 355-371.

- Tint P. y Järvis M. (2009). "Innovations at Workplace: an Evidence-Based Model for Safety Management". *Verslas: Teorija ir praktika*, 2, pp 150-158.
- Valqui R. (2006). "Or: A Multidisciplinary Discipline". *Pesquisa Operational*, 26(1), pp. 69-90.

VERIFICACIÓN DE NORMALIDAD CON MUESTRAS PEQUEÑAS: DETERMINACIÓN DE POTENCIAS

GABRIELA PILAR CABRERA
JOSÉ LUIS ZANAZZI
LAURA LEONOR BOAGLIO
JOSE FRANCISCO ZANAZZI

Palabras clave: Estadística, Pruebas para verificar normalidad, Muestras pequeñas, Potencia de las pruebas.

1. INTRODUCCIÓN

Muchas herramientas de Investigación Operativa y otras áreas del conocimiento asociadas, suelen requerir la verificación del supuesto de normalidad de los datos. En efecto, al estudiar políticas de inventarios, realizar simulaciones, o analizar fenómenos de espera que no responden al proceso Poisson, es frecuente que la distribución de Gauss se encuentre considerada entre los supuestos básicos.

También es común que en estas situaciones se tropiece con la dificultad de que las muestras tienen longitud reducida. Tal situación se produce, por ejemplo, cuando se realizan estudios de duración de actividades en procesos productivos o cuando en estudios de confiabilidad de sistemas, se desarrollan determinaciones de la vida útil de ciertos equipamientos.

Otra situación similar se encuentra en algunos métodos multicriterio orientados a la toma de decisiones en pequeños grupos. Por ejemplo, los modelos SMAA ("Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis"), admiten que las utilidades asignadas a los elementos de decisión comparados, pueden tener distribución gaussiana (Tervonen y Figueira, 2008).

Del mismo modo, el método denominado Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad), supone que cuando los integrantes de un grupo de trabajo alcanzan un cierto nivel de consenso, en torno a los criterios a utilizar o a las utilidades asignadas a los elementos comparados, al valorar de manera independiente los elementos, la distribución resultante es la Normal (Zanazzi y Gomes, 2009). Con esta idea, la verificación del comportamiento gaussiano permite evaluar el nivel de acuerdo alcanzado por el grupo.

Ahora bien, en Estadística, al aplicar una prueba de hipótesis, es posible cometer dos tipos de errores. El denominado Error Tipo I, consiste en rechazar una suposición que es correcta. Por su parte, el Error de Tipo II se produce cuando no se rechaza una hipótesis falsa.

Por otro lado, se denomina Potencia de la Prueba al complemento de la probabilidad del segundo tipo de error. En términos de las pruebas de normalidad, es la posibilidad que ante datos que provienen de poblaciones no normales, la prueba detecte esta cuestión (Montgomery y Runger, 2010)

La literatura especializada en Estadística ofrece una importante cantidad de aportes desarrollados en este sentido (Seier, 2002; Farrel y Stewars, 2006; Henderson, 2006; Öztuna, Elhan y Tüccar, 2006; Yazici y Yolacan, 2007, Gel, Miao y Gastwirth, 2007; Coin, 2007; Tanveer, 2011; Romão, Delgado y Costa, 2010; Yap y Sim, 2011; Razali, Shamsudin, Azid, Hadi & Ismail, 2012; Lafaye de Micheaux & Tran, 2014). Como es obvio, al seleccionar la prueba a utilizar, es importante que el especialista considere la potencia de la misma.

Algunos artículos han aportado estudios sobre la mayoría de las pruebas en cuestión, que incluyen la determinación de potencia. Lamentablemente, estos trabajos operan generalmente con muestras de veinticinco, cincuenta o más datos.

Por ese motivo, en este documento se realiza una selección de pruebas que pueden resultar apropiadas para verificar normalidad, cuando las muestras son pequeñas. Para las herramientas seleccionadas, se estima la potencia en situaciones donde la distribución original es simétrica, lo que puede considerarse como una de las peores condiciones. Las estimaciones se obtienen mediante experimentos de simulación. Finalmente, se presentan una suerte de comentarios y sugerencias, acerca de la conveniencia de utilizar algunos de estos tests.

En cuanto a la organización del documento, después de la introducción se realiza una revisión bibliográfica, tanto de posibles pruebas, como de trabajos dirigidos a inferir la potencia de las mismas. Luego se presenta la metodología utilizada y a continuación se discuten los principales resultados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En la literatura estadística se cuenta con al menos cuarenta pruebas que permiten evaluar el supuesto de normalidad (Dufour *et*

al. 1998). La correcta aplicación de los métodos estadísticos paramétricos, requiere necesariamente del cumplimiento de dicho supuesto; es por ello que son muchos los expertos en estadística que se esfuerzan en la modificación y/o mejora de las pruebas de normalidad, así como del desarrollo de nuevas herramientas.

El interés por contar con métodos que permitan detectar desviaciones respecto a la Distribución Normal de probabilidades, se inicia con Pearson en 1895, con el estudio de los coeficientes de asimetría y curtosis (Razali y Wah, 2011). Actualmente se observa un creciente interés por estudiar el rendimiento de estos tests para diferentes alternativas.

En la actualidad, se entiende que no existe una única prueba de normalidad que merezca ser la indicada (Tanveer, 2011). En otras palabras, debido a la gran variedad de alternativas a la normalidad, no existe una prueba más potente en términos generales.

Hay pruebas que son más potentes para ciertos objetivos, en tanto que pierden validez para otros. En esta dirección enfocan sus investigaciones: Shapiro, Wilk & Chen (1968), Chen y Shapiro (1995), Seier (2002), Thadewald y Büning (2007), Poitras (2006), Farrel y Stewart (2006), Öztuna *et al.* (2006), Yazici y Yolacan (2007), Úrzua (2007), Gel y Gastwirth (2008), Razali y Wah (2011), Quessy y Mailhot (2011), Yap y Sim (2011), Razali *et al.* (2012), Lafaye de Micheaux y Tran (2014), entre otros.

Entre las pruebas de normalidad más conocidas, se pueden citar cuatro grupos (Arshad, Rasool y Ahmad, 2003). El primero se encuentra formado por aquellas en las que se mide el grado de discrepancia entre las distribuciones empíricas y la función de distribución acumulada normal; en esta línea se encuentran: Kolmogorov-Smirnov (Kolmogorov, 1933), Lilliefors (Lilliefors, 1967), Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954), (Darling, 1957), Cramer-von Mises (Cramer, 1928), (Von Mises, 1931), (Smirnov, 1936).

El segundo grupo tiene como estrategia común el análisis de la correlación entre la distribución teórica y la experimental; se basan en la relación de dos estimaciones por mínimos cuadrados, ponderados por una escala obtenida de las estadísticas de orden (Dufour, Farhat, Gardiol & Khalaf, 1998). En este conjunto se destacan las pruebas de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965; Royston, 1982, 1995); Shapiro-Francia (Shapiro y Francia, 1972; Sarkadi, 1975), la modificación del estadístico de prueba de Shapiro-Wilk propuesta por Rahman y

Govindarajulu (Rahman, Govindarajulu, 1997) y el test de Chen-Shapiro (Chen y Shapiro, 1995) entre otros.

En el tercer grupo se consideran aquellas metodologías que se sustentan en la idea de que las desviaciones de normalidad pueden ser detectadas por dos momentos de la muestra: la asimetría y la kurtosis. Este enfoque se encuentra en D'Agostino y Pearson (1973), D'Agostino, Belanger, & D'Agostino Jr., (1990), Jarque-Bera (1987) y Gel y Gastwirth (2008).

Por último, el cuarto grupo se encuentra formado por pruebas especiales que no pueden ser encuadradas en la clasificación anterior, como es el caso de la propuesta en Yazici y Yolacan (2007) y la sugerida en Romão *et al.* (2010). Cabe precisar que en general, estas aproximaciones no se encuentran disponibles en los programas orientados al análisis estadístico.

Respecto a la conveniencia de aplicar una u otra prueba, Romao *et al.* (2010) analiza las potencias de estas herramientas, ante diferentes tamaños de muestra. Concluye que no es posible identificar a uno de estos tests como cercano al ideal, dado que el resultado depende de las condiciones del problema y de la verdadera distribución de los datos.

Al respecto, los estudios más tempranos (Shapiro y Wilk, 1965; Shapiro *et al.* 1968; Pearson *et al.* 1977; Gan y Koehler, 1990; D'Agostino *et al.* 1986), sugieren, que la mayoría de los procedimientos analizados funcionan bien cuando las distribuciones alternativas de no normalidad resultan fuertemente sesgadas. En tanto, ante distribuciones alternativas no normales y simétricas, aumenta sensiblemente la posibilidad de cometer el denominado Error Tipo II (Coin, 2007).

3. SUPUESTOS Y METODOLOGÍA ADOPTADA

En este trabajo se utiliza como hipótesis nula el supuesto de normalidad y como alternativa, la posibilidad de que la distribución verdadera sea Uniforme. Se supone como punto de partida, que esta es una de las peores condiciones posibles para los tests de normalidad, debido a que la distribución es simétrica. Dicho de otro modo, parece razonable que cualquier prueba obtenga mejores resultados cuando la distribución verdadera es notoriamente diferente de la gaussiana, como por ejemplo la Exponencial, y que en cambio evidencie dificultades cuando el comportamiento original es simétrico (Coin, 2007).

De todas formas, corresponde reconocer que distinguir entre la Normal y la Uniforme, es conveniente en una gran cantidad de situaciones prácticas. Por ejemplo en la producción, una característica de calidad de producto con distribución rectangular, se considera como evidencia de falta de control sobre el proceso productivo, donde en todo caso se realiza una selección posterior para descartar los artículos que no cumplen las especificaciones técnicas. En cambio, la normalidad se considera evidencia de control sobre el proceso (Montgomery, 1991).

Del mismo modo, si en un proceso de mantenimiento de máquinas o herramientas, se estudia la variabilidad del tiempo necesario para realizar una reparación, el hecho de que esta variable pueda suponerse extraída de una Normal, sugiere que se ha trabajado suficientemente sobre la tarea para hacerla predecible. En cambio, la distribución Uniforme resulta esperable cuando la duración de la actividad puede tanto ser muy breve como muy extensa. Se lo considera evidencia de falta de control.

En un problema multicriterio de toma de decisiones en grupo, donde los integrantes asignan utilidades de manera independiente, a una cierta cantidad de elementos comparados, es razonable esperar que cuando se alcanza un cierto nivel de consenso, cada persona realice asignaciones similares a las de sus compañeros y que la distribución resultante sea la gaussiana. Por ejemplo, si al valorar la prioridad de atención de una falla en una maquinaria, los miembros del equipo de trabajo efectúan valoraciones muy disímiles, esto puede considerarse como evidencia de falta de acuerdos básicos y por supuesto, es razonable que estas personas deban enfrentar situaciones de conflicto interno (Zanazzi, Gomes y Dimitroff, 2014; Zanazzi y Dimitroff, 2013).

Respecto a la modalidad de trabajo, es posible distinguir dos etapas bien diferenciadas:

a) Revisión de bibliografía y selección de pruebas convenientes. Las condiciones que hacen que una prueba pueda ser seleccionada, son las siguientes:

- Potencia del test: se eligen aquellas que obtienen buenos resultados para tamaños de muestras de veinte o más datos.
- Amigabilidad del procedimiento: se considera preferible que la estrategia y especialmente el estadístico, resulten comprensibles para los usuarios, aunque no tengan una fuerte formación en Estadística;

- Facilidad de implementación: lo cual implica disponibilidad de software o posibilidad para su implementación con hojas de cálculo.

b) Experimentación con las pruebas seleccionadas. Para determinar la potencia de las pruebas seleccionadas, para los tamaños de muestra diez y quince, se realizan experimentos de generación aleatoria. Esto es, se generan mil conjuntos de números con distribución rectangular. A continuación, se aplica cada una de las pruebas elegidas y se determina la proporción de veces que el test detecta que en realidad la distribución no es normal.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Como producto de la investigación de bibliografía, se concretó una primera selección de unas veinte pruebas, divididas en cuatro grupos según la estrategia utilizada.

4.1. Pruebas basadas en medidas de los momentos

Estas pruebas se sostienen en el reconocimiento de las desviaciones de la normalidad mediante el análisis de algunos momentos de la muestra disponible. La idea es comparar los valores obtenidos a partir de los datos, con los esperables cuando la distribución es Normal. En la Tabla 1 se hace referencia a los artículos donde se proponen estas aproximaciones.

Tabla 1. Pruebas que analizan los momentos

Estrategia	Nro	Nombre
Pruebas basadas en Momentos	1	<i>D'Agostino-Pearson (1973)</i>
	2	<i>Jarque-Bera (1980)</i>
	3	<i>Prueba robusta de Jarque-Bera (Gel y Gastwirth, 2008)</i>
	4	<i>Bonett-Seier (2002)</i>
	5	<i>Hosking (1990)</i>

4.2. Pruebas basadas en la Función de Distribución Empírica

En estas pruebas, se comparan la función de distribución empírica (estimada con base en los datos de la muestra), con la función de distribución acumulada de la Normal. La estrategia

consiste en analizar el grado de similitud o diferencia entre las dos funciones.

Dufour *et al.* (1998) entiende este grupo de pruebas, como basado en una medida de la discrepancia entre las distribución empírica y la distribución que se propone en la hipótesis nula. A su vez, este conjunto de pruebas puede subdividirse en dos sub-grupos: las que utilizan el supremo de discrepancias y las que trabajan con el cuadrado de las mismas. En la Tabla 2 se enumeran estas aproximaciones.

Tabla 2. Pruebas que analizan la Distribución Empírica

Estrategia	Nro	Nombre
Pruebas basadas en la función de distribución empírica	6	<i>Kolmogorov-Smirnov (1933)</i>
	7	<i>Kolmogorov-Smirnov modificado por Lilliefors (1967)</i>
	8	<i>Kolmogorov-Smirnov modificado por Stephens y Harley (1972)</i>
	9	<i>Anderson y Darling (1954)</i>
	10	<i>Zhang y Wu (2005)</i>
	11	<i>Glen, Leemis y Barr (2001)</i>

4.3. Pruebas de correlación y regresión

Las pruebas de correlación y regresión, se basan en el cociente de dos estimaciones de escala, obtenidos por el método de mínimos cuadrados de los estadísticos de orden. Las dos estimaciones se distribuyen normalmente, en el numerador se propone una estimación por mínimos cuadrados ponderados y en el denominador la varianza de la muestra de otra población. La Tabla 3 lista estas propuestas.

Tabla 3. Pruebas de correlación y regresión

Estrategia	Nro.	Nombre
Pruebas de correlación y regresión	12	<i>Shapiro-Wilk (1965)</i>
	13	<i>Shapiro-Francia (1972)</i>
	14	<i>Chen-Shapiro(1995)</i>
	15	<i>Modificación del Shapiro-Wilk sugerida por Rahman y Govindarajulu (1997)</i>
	16	<i>Modificación de Shapiro-Wilk propuesta por D'Agostino(1971)</i>
	17	<i>Filliben (1975)</i>

4.4. Otras pruebas

Se adopta esta denominación, porque las pruebas agrupados en este apartado, no pueden ser encuadrados en los grupos anteriores. La Tabla 4 identifica a estas aproximaciones.

Tabla 4. Pruebas no encuadradas en las estrategias anteriores

Estrategia	Nro.	Nombre
Otras pruebas	18	<i>Prueba de correlación de cuantiles de Del Barrio et al. (1999)</i>
	19	<i>Prueba de Coin (2007)</i>
	20	<i>Gel, Miao y Gastwirth (2007)</i>

4.5. Potencia de las pruebas

Como producto adicional de la revisión de bibliografía, es posible obtener diferentes evaluaciones de las potencias ofrecidas por estas pruebas. En la Tabla 5 se lista la potencia de aquellas pruebas de normalidad que en el trabajo de Romão *et al.* (2010) tienen una potencia empírica mayor al 40%; para distribuciones alternativas simétricas no normales y $n=25$.

Tabla 5. Evaluaciones de potencias- Tamaños de muestra tamaño 25

Prueba de Normalidad	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,10$
<i>Kolmogorov-Smirnov (K-S)</i>	39,3	46,3
<i>Anderson-Darling (AD*)</i>	45,1	51,8
<i>Zhang y Wu (Z_C)</i>	44,4	52
<i>Zhang y Wu (Z_A)</i>	43,6	50,8
<i>Glen-Leemis-Barr (P_S)</i>	45,2	51,9
<i>D'Agostino-Pearson (K²)</i>	41,5	49,8
<i>Hosking (T_{mom})</i>	47	53,6
<i>Hosking (T_w)</i>	45,3	52,3
<i>Shapiro-Wilk (W)</i>	45,5	52,6
<i>Shapiro-Francia (W')</i>	43,5	50,4
<i>Shapiro-Wilk modificado por Rahman y Govindaraju (W'')</i>	44,4	51,3
<i>D'Agostino (Dag)</i>	40	46,1
<i>Filliben ®</i>	43,1	49,9
<i>Chen-Shapiro (CS)</i>	45,6	52,7
<i>Barrio-Cuesta-Albertos-Matrán-Rodríguez (BCMR)</i>	45	52,2
<i>Coin (β^2_5)</i>	48,5	55,6
<i>Gel-Miao-Gastwirth (R)</i>	45,8	52,4

En la Tabla 5, α es la probabilidad asignada a la zona de rechazo de la hipótesis, esto es, la posibilidad de cometer un error del primer tipo. Cabe recordar que a medida que el nivel de significación aumenta, disminuye la probabilidad de cometer un Error Tipo II y con ello, se incrementa la potencia de la prueba (Montgomery y Runger, 2010).

Con ese razonamiento, si el analista se preocupa por detectar desviaciones respecto al comportamiento gaussiano, parece recomendable adoptar valores grandes de nivel de significación, en este caso 0,10. Desde ese punto de vista, el resultado es alentador, dado que varias de las pruebas tienen potencias mayores al 50%.

En cuanto a la disponibilidad de estas herramientas en los programas de computadora que ofrecen soporte estadístico y que se utilizan frecuentemente en nuestro país, a los fines de este trabajo se analizaron los paquetes Infostat (desarrollado en la Universidad Nacional de Córdoba), SPSS, Stata y Minitab. La siguiente Tabla resume la disponibilidad de cada una de estas pruebas, en las herramientas computacionales mencionadas.

Tabla 6. Disponibilidad de pruebas de normalidad en productos computacionales

Prueba de Normalidad	Spss 19	Infostat 2014	Stata 11	Minitab 17
<i>Kolmogorov-Smirnov</i>		x		
<i>Kolmogorov-Smirnov modificado por Lilliefors</i>	x	x		
<i>Anderson-Darling (AD*)</i>				x
<i>D'Agostino-Pearson (según D'Agostino et al. 1990)</i>			x	
<i>Shapiro-Wilk</i>	x		x	
<i>Shapiro-Francia</i>			x	
<i>Shapiro-Wilk modificado por Rahman y Govindarajulu</i>		x		
<i>Chen-Shapiro</i>			x	
<i>Ryan-Joiner</i>				x

Ante esta evidencia, se realizó una selección de ocho pruebas, para las cuales se aproximó experimentalmente la potencia con la metodología antes planteada. Corresponde destacar que todas estas pruebas son consideradas como “No paramétricas”, en la literatura especializada en Estadística. Los resultados obtenidos para tamaños de muestra de diez y quince datos, se reproducen a en la Tabla 7.

De dicha Tabla se desprende que la prueba de Shapiro-Wilk modificada por Rahman y Govindarajulu, resulta la de mayor potencia para la detección de la distribución Uniforme como alternativa a la Normal, en muestras de tamaño diez y quince, para un nivel de significancia del diez por ciento. Estos resultados son coincidentes con los presentados por Rahman y Govindarajulu (1997), para muestras más extensas. A la mencionada prueba le siguen, de la mayor a la menor potencia, el test de Shapiro-Wilk (W) y la prueba Anderson-Darling (AD).

Un detalle interesante es que el test de Shapiro-Wilk modificado por Rahman y Govindarajulu, evidencia una leve disminución de potencia al pasar de veinticinco a quince datos. De todos modos, se evidencia que en ningún caso es posible alcanzar una potencia superior al cincuenta por ciento.

Tabla 7. Potencia empírica obtenida mediante simulación con los productos computacionales indicados, $\alpha = 0,10$, $n=10$ y $n=15$

Pruebas de Normalidad	Potencia empírica		Productos computacionales
	n = 15	n=10	
<i>Shapiro-Wilk modificado por Rahman y Govindarajulu</i>	45%	25%	Infostat
<i>Shapiro-Wilk</i>	29%	18%	Spss
<i>Anderson-Darling (AD*)</i>	26%	16%	Minitab
<i>D'Agostino-Pearson (según D'Agostino et al. 1990)</i>	15%	15%	Stata
<i>Kolmogorov-Smirnov modificado por Lilliefors</i>	17%	13%	Infostat
<i>Shapiro-Francia</i>	18%	11%	Stata
<i>Ryan-Joiner</i>	17%	11%	Minitab
<i>Gel-Miao-Gastwirth</i>	14%	10%	No disponible

Respecto a la prueba de Gel-Miao-Gastwirth, fue incluida en la simulación debido a que resulta fácil de interpretar y de calcular. Además el mencionado test obtiene resultados muy interesantes con muestras de más de cincuenta datos. Sin embargo, para las cantidades de datos analizados en la simulación, las potencias obtenidas son bajas.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se estudia el problema de verificar normalidad con muestras pequeñas. Con esa finalidad se identifican veinte pruebas diferentes y se realiza un análisis comparativo bajo la consideración de tres criterios: potencia empírica para la detección de la Distribución Uniforme, como alternativa a la Normal; amigabilidad del procedimiento y disponibilidad de software.

La investigación bibliográfica ha permitido seleccionar ocho pruebas de tipo no paramétrico, que brindan resultados interesantes para muestras grandes. Se experimentó con esos procedimientos para muestras pequeñas y se encontró que ninguno de los tests analizados alcanza una potencia superior al cincuenta por ciento.

Dentro de las aproximaciones estudiadas, la prueba de Shapiro-Wilk, modificada por Rahman y Govindarajulu (1997), alcanza los mejores niveles de potencia, tiene una lógica amigable y se encuentra disponible en un software estadístico de fácil acceso. Sin embargo, su aplicación con pocos datos debería ser evitada o considerada solo como un indicio.

Por último, los resultados obtenidos evidencian que el problema de verificar la normalidad en muestras pequeñas, cuando la hipótesis alternativa es una distribución simétrica, no puede considerarse resuelto. Por el contrario, debido a los múltiples y frecuentes requerimientos en ese sentido, se hace necesario desarrollar un estadístico de prueba que sea lo suficientemente potente para detectar desviaciones de la normalidad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, T. W. y Darling, D. A. (1954): "A Test of Goodness of Fit". *Journal of Statistical Association*, vol. 49, 268, pp. 765-769.
- Arshad, M.; Rasool, M. T.; Ahmad, M. I. (2003): "Anderson Darling and Modified Anderson Darling Test for Generalized Pareto Distribution". *Pakistan Journal of Applied Sciences*, vol. 3, 2, pp. 85-88.
- Chen, L.; Shapiro S. S (1995): "An alternative test for normality based on normalized spacings". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 53, pp. 269-287.

- Coin, D. (2007). "A goodness-of-fit test for normality based on polynomial regression". *Computational statistics & data analysis*, vol. 52, nro. 1, pp. 2185-2198.
- Cramér, H. (1928): "On the composition of elementary errors: First paper: Mathematical deductions". *Scandinavian Actuarial Journal*, vol. 1, pp. 13-74.
- D'Agostino, R. B., Belanger, A., & D'Agostino JR, R. B. (1990): "A suggestion for using powerful and informative tests of normality". *The American Statistician*, vol. 44, nro.4, pp. 316-321.
- D'Agostino R.; Pearson, E. S. (1973): "Tests for departure from normality. Empirical results for the distributions of b_2 and $\sqrt{b_1}$ ". *Biometrika*, vol. 60, pp. 613-622.
- D'Agostino, R. B.; Stephens, M. A.; D'Agostino, R. B.; Stephens, M. A. (1986). *Goodness-of-fit-techniques*. *Statistics*.
- Darling, D. A. (1957): "The Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises tests". *The Annals of Mathematical Statistics*, pp. 823-838.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat* versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dufour, J. M.; Farhat, A.; Gardiol, L.; Khalaf, L.(1998): "Simulation-based Finite Sample Normality Tests in Linear Regressions". *The Econometrics Journal*, vol. 1, 1, pp. 154-173.
- Del Barrio, E.; Cuesta-Albertos, J.A., Matrán, C., Rodríguez-Rodríguez, J. M. (1999): "Tests of goodness of fit based on the L₂-Wasserstein distance", *Ann. Stat.*, vol. 27, 4, pp. 1230-1239.
- Farrel, P. J.; Rogers-Stewart, K.R (2006): "Comprehensive study of tests for normality and symmetry: extending the Spiegelhalter test". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 76, 9, pp. 803-816.
- Filliben, J. J. (1975): "The probability plot correlation coefficient test for normality", *Technometrics*, vol. 17, 1, pp. 111-117.
- Gan, F. F., & Koehler, K. J. (1990). *Goodness-of-Fit Tests Based on P-P Probability Plots*. *Technometrics*, 32(3), 289-303.

- Gel, Y. R.; Gastwirth, J. L. (2008): "A robust modification of the Jarque–Bera test of normality". *Econom. Lett.*, vol. 99, 1, pp. 30-32.
- Gel, Y. R., Miao, W., Gastwirth, J. L. (2007): "Robust directed tests of normality against heavy-tailed alternatives", *Comput. Stat. Data Anal.*, vol. 51, 5, pp. 2734-2746.
- Glen, A. G., Leemis, L. M., Barr, D. R. (2001): "Order statistics in goodness-of-fit testing", *IEEE Trans. Reliab.*, vol. 50, 2, pp. 209-213.
- Henderson, A. R. (2006): "Testing experimental data for univariate normality, *Clinica chimica acta*, 366(1), pp. 112-129.
- Jarque, C. M.; Bera, A. K. (1987): "A Test for Normality of Observations and Regression Residuals". *International Statistical Review*, vol. 55, 2, pp. 163-172.
- Kolmogorov, A. N. (1933): "Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione". *Giornale dell'Instituto Italiano degli Attuari*, vol. 4, pp. 83-91.
- Lafaye De Micheaux, P.; Tran, V. A. (2014): "Power R: Reproducible Research Tool to ease Carlo Power Simulation Studies for Goodness-of-fit Test R". *Journal of Statistical Software*, vol. 27, pp. 1230-1239.
- Lilliefors, H. (1967): "On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown". *J. Amer. Statist. Assoc.*, vol. 62, 318, pp. 399-402.
- Montgomery, D. (1991): "Control Estadístico de la Calidad". México, Iberoamérica. 17-44.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010): *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons.
- Öztuna, D., Elhan, A. H., & Tüccar, E. (2006): "Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions". *Turkish Journal of Medical Sciences*, 36(3), 171-176.
- Pearson, E.S.; D'Agostino, R.B.; Bowman, K.O. (1977): "Tests for departure from normality: comparison of powers". *Biometrika*, vol. 64, 2, pp. 231-246.
- Poitras, G (2006). "More on the correct use of omnibus tests for normality". *Economic Letters*, vol. 90, pp. 304-309.
- Quessy, J. F.; Mailhot, M. (2011). "Asymptotic power of tests of normality under local alternatives. *Journal of Statistical Planning and Inference*, vol. 141, nro. 8, pp. 2787-2802.

- Razali, N. M.; Wah, Y. B. (2011): "Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests". *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, vol. 2, 1, pp. 21-33.
- Razali, N. M.; Shamsudin, N. R.; Azid, N. N. N.; Hadi, A. A.; Ismail, A. (2012): "A comparison of normality tests using SPSS, SAS and MINITAB: An application to Health Related Quality of Life data". *Statistics in Science, Business, and Engineering (ICSSBE), International Conference on* (pp. 1-6), IEEE.
- Rahman, M. M., Govindarajulu, Z. (1997): "A modification of the test of Shapiro and Wilk for normality". *Journal of Applied Statistics*, vol. 24, 2, pp. 219-236.
- Romão, X., Delgado, R., & Costa, A. (2010): "An empirical power comparison of univariate goodness-of-fit tests for normality". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 80, 5, pp. 545-591.
- Royston, J. P. (1982): "An extension of Shapiro and Wilk's W test for normality to large samples". *Applied Statistics*, pp. 115-124.
- Royston, P. (1995): "Remark AS R94: A Remark on Algorithm AS181: The W-test for Normality". *Journal of the Royal Statistical*, vol. 44, 4, pp. 547-551.
- Sarkadi, K. (1975): "The consistency of the Shapiro-Francia test". *Biometrika*, vol. 62, 2, pp. 445-450.
- Stephens, M. A.; Hartley, H. O. (1972). *Biometrika Tables for Statisticians*, 2, New York: Cambridge University Press.
- Seier, E. (2002): "Comparison of Tests for Univariate Normality". *InterStat Statistical Journal*, vol.1, pp.1-17.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B.; Chen, H. J. (1968): "A Comparative Study of Various Tests of Normality". *Journal of American Statist. Assoc.*, vol. 63, pp. 1343-1372.
- Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. (1965): "An analysis of variance test for normality: complete samples". *Biometrika*, vol. 52, pp. 591-611.
- Smirnov, N. V. (1936): "Sui la distribuzione de w_2 (Criterium de M.R.v Mises)". *Comptes Rendus (Paris)*, vol. 202, pp. 449-452.
- Shapiro, S.S.; Francia, R. (1972): "An approximation analysis of variance test for normality". *Journal of the American Statistical Association*, vol. 67, pp. 215-216.

- Tanveer-UI-Islam (2011): "Normality testing-A new direction". *International Journal of Business and Social Science*, vol. 2, 3, pp. 115-118.
- Tervonen, T., & Figueira, J. R. (2008): "A survey on stochastic multicriteria acceptability analysis methods". *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*, 15(12), 1-14.
- Thadewald, T.; Büning, H. (2007): "Jarque-Bera test and its competitors for testing normality-a power comparison". *Journal of Applied Statistics*, vol. 34, 1, pp. 87-105.
- Urzúa, C. M. (2007): *Portable and powerful tests for normality*. Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México.
- Von Mises, R. (1931): *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik* (vol. 1). F. Deuticke, Leipzig.
- Yazici, B.; Yolacan, S. (2007): "A Comparison of Various Tests of Normality". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 77, 2, pp. 175-183.
- Yap, B. W.; Sim, C. H. (2011): "Comparisons of various types of normality tests". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 81, 12, pp. 2141-2155.
- Zanazzi, J. L., Gomes, L. F. A. M., DIMITROFF, M. (2014). "Group decision making applied to preventive maintenance systems". *Pesquisa Operacional*, vol. 34, nro. 1, pp. 91-105.
- Zhang, J., Wu, Y. (2005): "Likelihood-ratio tests for normality". *Computational statistics & data analysis*, vol. 49, nro. 3, pp. 709-721.

ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RUIDO EN LA TOMA DE DECISIONES

GABRIELA PILAR CABRERA
JOSÉ LUIS ZANAZZI
LAURA LEONOR BOAGLIO
JOSÉ FRANCISCO ZANAZZI

Palabras claves: Toma de decisiones, Complejidad, Multi-metodologías, Reducción del Ruido.

1. INTRODUCCIÓN

La complejidad siempre ha estado presente en los problemas que es necesario analizar, condición que ha ido incrementándose con el tiempo. Sucede que cuestiones como el desarrollo tecnológico, la globalización, la participación social, el propio aumento de la población o la superabundancia de información, introducen elementos que complican las situaciones y que es imperioso considerar.

De manera cotidiana aparecen evidencias de proyectos que no tuvieron en cuenta estos aspectos y en consecuencia enfrentan grandes dificultades. Como ejemplos de estas evidencias se tienen aquellas empresas que deberían ser exitosas y que sin embargo caen en estrepitosos fracasos; radicaciones industriales que no se concretan por resistencia social; sistemas de gestión con resultados muy beneficiosos en algunas organizaciones, mientras que en otras son resistidos o ignorados; como también, planes gubernamentales bien intencionados, que no obtienen los resultados esperados.

Son problemas que sin dudas afectan a nuestra comunidad y tienen un inevitable costo social. Por ese motivo, parece conveniente que la Investigación Operativa (IO) se involucre directamente en la búsqueda de soluciones para estos desafíos. En definitiva, es el área de conocimiento que se ocupa de identificar modos adecuados de "hacer".

Afortunadamente, en los últimos años, científicos como Franco y Lord (2011), Franco y Montibeller (2010), Georgiou (2008) trabajan en esta trascendente tarea.

Resulta que ya no alcanza con entender los requerimientos técnicos de un problema, escoger un método adecuado y determinar una posible solución. Actualmente las soluciones adecuadas no lo

son tanto, los óptimos se diluyen y la gente se resiste a utilizar razonamientos que no puede comprender.

Se precisa ampliar las perspectivas, incorporar un enfoque multi-metodológico que perfeccione las propuestas de solución. Además se necesita lograr el convencimiento de las personas que deben implementar las estrategias seleccionadas y métodos de trabajo adecuados para analizar una por una, las oportunidades de mejora que nos ofrece la realidad.

Respecto de la estructura del presente artículo, en primer lugar se caracterizan los problemas complejos y el tratamiento del ruido en la Investigación Operativa. Luego se expone formalmente la aproximación multi-metodológica desarrollada por el grupo de investigadores del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI), de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). A continuación se ponen en común experiencias de aplicación en una cooperativa que provee servicios públicos, en el mantenimiento preventivo de sistemas, en la gestión de una biblioteca universitaria y en la selección de grupos de trabajo. Se cierra esta presentación con la reflexión sobre los resultados obtenidos en mencionadas experiencias y el camino que queda por andar.

2. REDUCCIÓN DEL RUIDO EN PROBLEMAS COMPLEJOS

2.1 Caracterización de problemas complejos

En términos de IO, se entiende como problemas complejos a las situaciones donde es preciso que la gente se ponga de acuerdo y que actúe de manera asociada. En general, buena parte de los procesos de toma de decisiones a estudiar en la actualidad, poseen esa característica. En términos de Valqui (2006) las situaciones problemáticas que las organizaciones enfrentan son siempre multidimensionales, habrá aspectos materiales, económicos, sociales, políticos e individuales que hacen a la complejidad de las mismas.

Por otra parte, la complejidad introduce ruido en la información necesaria para el proceso de decisión. Esto es, dicho ruido se origina en las diferencias entre las personas vinculadas al proceso y es natural porque necesariamente se tienen preferencias diferentes.

Lo malo es que el ruido no solo perjudica y empobrece la información disponible, sino que también reduce las posibilidades de

éxito de las acciones acordadas en conjunto y el compromiso de las personas para sostener dichas acciones (Georgiou, 2008).

Con este razonamiento, cuando se toman decisiones que afectan a múltiples personas o entidades, con intereses variados, es fundamental reducir los niveles de ruido todo lo que sea posible. Es que tiene poco o ningún sentido impulsar planes de acción que no cuentan con el apoyo de los actores que deben concretarlos.

Respecto a cómo enfrentar este tipo de situaciones, en las que se requiere controlar y reducir las perturbaciones del entorno; en la actualidad existe cierto acuerdo en que el análisis y resolución de problemas complejos se instrumente mediante una combinación de metodologías (Franco y Lord, 2011). De acuerdo con Kotiadis y Mingers (2006), resulta posible utilizar más de una metodología o combinar partes de metodologías de diferentes paradigmas en una misma intervención. En tanto, Pollack (2009) entiende la combinación paralela de metodologías (*hard* y *soft*) como muy beneficiosa para intervenciones en ambientes cargados de complejidad.

Según Franco y Lord (2011) no existe una “mejor manera” de realizar esta combinación de métodos. El autor recomienda considerar las dimensiones personal, social y material, implicadas en toda situación problemática; es decir, caracterizar además de lo estrictamente técnico, a los individuos y a las relaciones entre los mismos. Por otra parte, sugiere considerar las etapas de apreciación, análisis, evaluación y acción, como esenciales en la estructuración de una intervención basada en un enfoque multi-metodológico.

Se refleja la importancia de esta nueva mirada por parte de muchos científicos, en el número creciente de aplicaciones de enfoques multi-metodológicos: Mingers, et al. (2009), Hindle y Franco (2009), Franco y Lord (2011) y Georgiou (2012) entre muchos otros.

Obviamente, estas aproximaciones conceden especial importancia a las diferencias en las percepciones de los miembros del grupo y las interacciones entre los mismos. Diversos autores coinciden en las importantes ventajas que genera su instrumentación: aprendizaje grupal y contribución al desarrollo y consolidación de una cultura organizacional (Sorensen y Vidal, 2003); análisis participativo y generación de conocimiento compartido, soluciones inclusivas y compromiso con las soluciones adoptadas (Kaner, 2007; Franco y Lord, 2011).

2.2 El tratamiento del ruido en la Investigación Operativa

El análisis y solución de los complejos problemas actuales, requiere generalmente de dos o más personas o entidades en intento de acuerdo. Este requisito de búsqueda de consenso no es una condición impuesta en la mayoría de los métodos de IO, y es que el consenso no es matemático sino social.

En trabajos como los de Valqui (2006) y Kotiadis y Mingers (2006), se analizan posibles clasificaciones de los métodos de la IO. A partir de esta idea básica, parece apropiado diferenciar entre las orientaciones Blanda (*Soft Operational Research*) y Dura (*Hard Operational Research*).

Por su parte, Rosenhead (1996) recuerda que los métodos duros de la IO, solo pueden aportar soluciones satisfactorias y exitosas en organizaciones con estructuras jerárquicas muy definidas y que realizan operaciones altamente repetitivas. Pero esta, no es la situación habitual en las organizaciones actuales puestas a enfrentar problemas multidimensionales.

En tanto, los métodos blandos se orientan a estudiar problemas donde es necesario considerar la opinión de diferentes actores o grupos con intereses distintos. Para estos enfoques, la agregación de los puntos de vista individuales es muy importante, porque aumenta la posibilidad de compromiso posterior con las decisiones adoptadas.

Por ese motivo, es necesario que una parte importante de la tarea de análisis se oriente a controlar y reducir los niveles de ruido que afectan a la información del proceso. En términos propios de la IO, se denomina de este modo a las diferencias entre las valoraciones que asignan las personas a los elementos del problema. El ruido se forma con tres tipos de perturbaciones: imprecisión, incertidumbre y carencia de datos (Mingers y Rosenhead, 2004).

En esta concepción, la imprecisión surge del hecho de que ante un cierto problema, cada persona tiene diferentes apreciaciones y percepciones (Georgiou, 2008). Cada persona utiliza su propio filtro para interpretar la realidad y esto se traduce en una percepción particular. De hecho, en este filtro se ponen en juego las experiencias previas, la historia personal, las inquietudes e intereses, la subjetividad individual, las competencias adquiridas, por citar algunos elementos.

Por otra parte, la incertidumbre se introduce porque todos los interesados tienen preferencias diferentes y porque estas posturas pueden variar a los largo del tiempo. Además, existe una interacción

entre los miembros del grupo, dado que las variaciones individuales producen cambios en las preferencias del conjunto de tomadores de decisión.

Georgiou (2008) reconoce que uno de los orígenes de la incertidumbre es la variabilidad inevitable en las percepciones y apreciaciones de las personas. Por otra parte, considera que la incertidumbre reduce las posibilidades de éxito de los planes de acción establecidos por los diferentes tomadores de decisión. Con esta lógica, es muy importante extremar los esfuerzos orientados a reducir la incertidumbre y en general, el ruido presente en el contexto del proceso de decisión.

El tercer efecto negativo es el faltante de datos. Es frecuente que en los procesos de toma de decisiones en grupo, el análisis se vea afectado por la inexistencia o no disponibilidad de la información básica necesaria. Por lo tanto, se requieren métodos robustos, que puedan ser ajustados pese a estas dificultades.

2.3 Multi-metodologías para reducir el ruido.

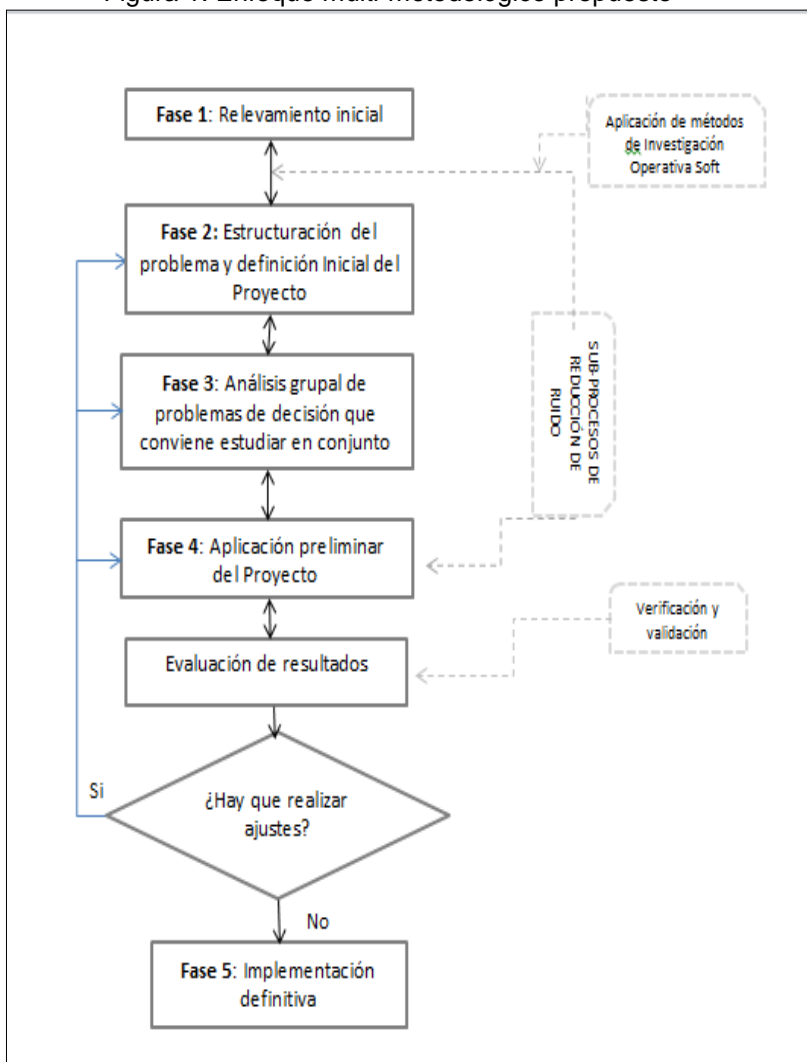
El método sugerido en este artículo integra un conjunto de actividades que pueden dividirse en varios subprocesos, como se muestra en la Figura 1. Estos subprocesos no se trabajan en forma separada, sino que por el contrario se retroalimentan de modo continuo.

En la fase 1 se realiza el relevamiento inicial del sistema, se comienza con la identificación del problema y sus consecuencias. Entre los emergentes de esta etapa deben estar por ejemplo, los motivos por los cuales conviene transformar el sistema analizado y quiénes son los actores en condiciones de sostener las transformaciones propuestas.

Las fases 2, 3 y 4, promueven la adopción de diversas decisiones, a diferentes niveles y conforman el subproceso específico para reducir el ruido. En este subproceso, la fase 2 de estructuración del problema, conduce generalmente a decisiones de tipo estratégico. La fase 3 de análisis grupal, posibilita y promueve el análisis en conjunto de problemas tácticos e incluso operativos.

De este modo se inicia la reducción efectiva del ruido presente en el contexto del problema y se resuelven algunas cuestiones estratégicas que pueden ser fundamentales.

Figura 1: Enfoque multi-metodológico propuesto



Ahora bien, para las fases 1 y 2 se recomienda la aplicación de las metodologías de IO Blanda, éstas permitirán desarrollar un plan de acción adecuado para el momento. Entre estas metodologías se cuentan con SSM (*Soft System Methodology*), acorde a Georgiou

(2006, 2012); la Grilla de Repertorio de Kelly (Lemke et al., 2010), (Alexander et al., 2010), SODA (*Strategic Options in Development and Analysis*) siguiendo a Eden y Ackermann (2006); entre otros métodos.

Luego, en este subproceso de reducción del ruido la fase 3 constituye el momento de la toma de decisiones en grupo y por tanto, se recomiendan los métodos de la MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*); y en particular la aplicación de Procesos DRV (Zanazzi y Gomes, 2009), (Zanazzi et al., 2013).

Sin duda, durante la fase tres, es conveniente que para el análisis de los problemas seleccionados se puedan poner en juego los valores institucionales y otros elementos de la cultura organizacional. De este modo, dicha fase posibilita una reducción brusca en la incertidumbre, sobre todo en las cuestiones vinculadas con los valores o criterios fundamentales.

Más allá de la relevancia que puedan tener los procesos de toma de decisiones a considerar, lo importante para la organización es que la gente trabaje en conjunto, que comparta, que construya conocimiento compartido. De este modo, se reduce bruscamente el ruido en problemas tácticos que pueden ser críticos para el éxito del proyecto a desarrollar.

Volviendo al enfoque propuesto, la Fase 4 de Aplicación Preliminar permite calibrar el sistema y corregir posibles desviaciones que no fueron detectadas anteriormente. De este modo, se consiguen reducciones adicionales en el nivel de ruido. Esta fase es fuertemente operativa.

La evaluación se orienta a la verificación y validación del sistema. Verificación en el sentido de que fueron tenidos en cuenta todos los requisitos planteados durante el diseño del sistema. Por su parte, la validación permite determinar si el sistema responde adecuadamente a las necesidades de los usuarios.

En caso de requerir correcciones, se retoman las fases anteriores. Como parte de las actividades de validación, es necesario considerar las variaciones en los niveles de confiabilidad de cada uno de los equipos de trabajo propuestos, tanto a nivel individual como grupal.

Finalmente, en la implementación definitiva se traslada el ejercicio del sistema a los usuarios, para que lo apliquen con independencia. De todos modos, se ofrece una asistencia de menor intensidad para salvar cuestiones no previstas originalmente.

Entre las cualidades que caracterizan esta propuesta, se encuentra el hecho de que además de facilitar la identificación de una serie de decisiones adecuadas, mejora el nivel de capacitación de los grupos involucrados y favorece el involucramiento posterior de los actores vinculados con el tema. Este triple efecto es un valor distintivo de la propuesta y se denota en los párrafos siguientes como D+C+I, esto es, Decisión más Capacitación más Involucramiento.

3. REDUCCIÓN DEL RUIDO EN LA FASE 3 DE ANÁLISIS GRUPAL

Desde el año 2006 el equipo de investigadores del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial perteneciente a la FCEFYN de la UNC se interesa en los procesos de toma de decisiones en grupo. Uno de los productos más significativos ha sido la creación e implementación de una metodología para la toma de decisiones en grupos, los Procesos DRV (Zanazzi y Gomes, 2009), (Zanazzi et al., 2013). La implementación de esta metodología en diversos ámbitos permitió además de la profundización y ajuste del método en sí mismo, la toma de conciencia de la necesidad de reducir el ruido en problemas complejos de decisión.

En esta dirección se plantea el enfoque multi-metodológico descrito en párrafos anteriores.

Ahora bien, entre las fases constitutivas del referido enfoque, la fase 3 de análisis grupal tiene varias aplicaciones exitosas: establecimiento de un plan de erogaciones para una entidad de tipo cooperativo (Gomes y Zanazzi, 2012); determinación de criticidades para mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) (Zanazzi et al., 2013); adopción de indicadores ponderados en una biblioteca universitaria (Zanazzi J. et al., 2013) y proceso selección de grupos de trabajo en una organización *outsourcing* de servicios informáticos (Cabrera y Zanazzi, 2013).

En los párrafos siguientes se describen de manera resumida, los resultados de la implementación de los Procesos DRV en la fase 3 de análisis grupal para cada una de las experiencias antes mencionadas.

El caso que se detalla a continuación trata un proceso de toma de decisiones en una cooperativa que provee servicios públicos a la ciudad de Río Ceballos, en Argentina y decide incluir como uno de los ejes del "Plan de Mejoras del Proceso de Compras", la elaboración de un presupuesto de carácter periódico que permita la participación de las áreas, denominado "Presupuesto Participativo". Esto plantea un

cambio importante: la organización se muestra dispuesta a avanzar hacia la toma de decisiones grupales que implica participación y consenso.

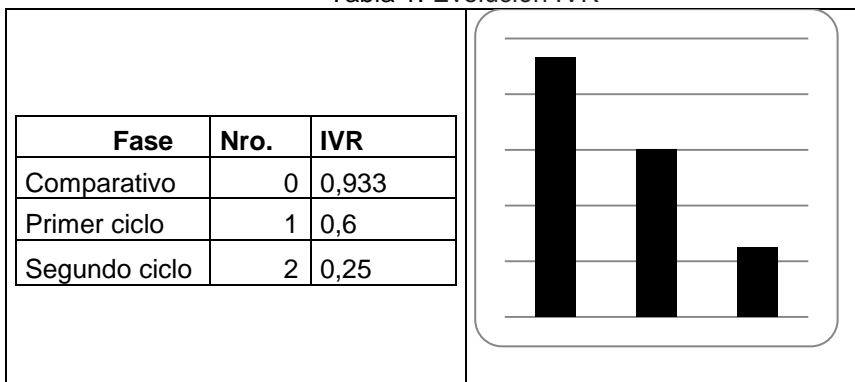
El análisis realizado por el grupo de participantes tuvo cinco etapas. Las cuatro primeras orientadas al análisis de las categorías identificadas dentro de cada criterio. La quinta, dirigida a comparar y priorizar los criterios entre sí.

Cada una de las etapas se inició con una discusión sobre el significado de los términos. Por ejemplo, para el criterio Urgencia, se elaboró una definición sobre lo que se entiende por severa o por leve. Además se requirieron ejemplos de cada caso. Cuando el análisis compartido se consideró satisfactorio, los participantes debieron adjudicar utilidades a las diferentes categorías.

En cada etapa se analiza si puede considerarse que el proceso alcanzó una condición estable o si es preciso retomar el análisis compartido. Cabe recordar que para verificar la estabilidad, el método utilizado aplica un indicador denominado IVR (Índice de Variabilidad Remanente); el cual compara las sumas de cuadrados de las utilidades estandarizadas, que efectivamente asignó el grupo, con las que se obtendrían en una situación de completa falta de acuerdo.

Por ejemplo, en la segunda etapa del estudio se analizaron las categorías del criterio Objetivos. La cuestión es particularmente importante porque se trata de los objetivos generales establecidos en la planificación anual de la Cooperativa. En la Tabla 1 se muestra la evolución del IVR al cabo de dos intentos de acuerdo.

Tabla 1. Evolución IVR



Es importante destacar el hecho que se evidencia con el criterio Objetivo; en una primera instancia no hubo consenso en las valoraciones de los participantes; esto, lejos de ser algo negativo, pasa a ser uno de los resultados más valiosos ya que queda explicitado algo que subyacía en la organización (desacuerdo en torno a la importancia de los diferentes objetivos) y que podía llegar a producir serios desencuentros entre sus miembros. La discusión generada logra superar esta dificultad latente y alcanzar un nivel más profundo de conocimiento entre los integrantes del equipo.

La segunda experiencia que se relata, trata el caso de una importante empresa de fabricación de productos farmacéuticos, en la que fracasaron al menos dos intentos de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento. Un elemento importante de dicho fracaso fue la falta de acuerdo entre los grupos encargados de la fabricación, la calidad y el mantenimiento. Eran evidentes las diferencias de opinión entre las mencionadas áreas, en particular entre los ingenieros y técnicos en el departamento de mantenimiento, y los químicos y bioquímicos en los otros departamentos. Incluso existían algunos indicios de conflicto previo entre los miembros del grupo. En pos de superar la problemática, se decidió trabajar en una actividad de formación sobre sistemas de mantenimiento con un grupo de quince personas con roles de liderazgo en las áreas mencionadas. En este contexto se demostró la necesidad de un marco referencial que permita la asignación de prioridades en un sistema preventivo de mantenimiento. En el siguiente paso se trabajó en el marco de los Procesos DRV para establecer los niveles de criticidad para cada componente del equipamiento y modo de falla. En este sentido, el grupo adoptó los criterios que se muestran en la Tabla 2 con sus correspondientes definiciones.

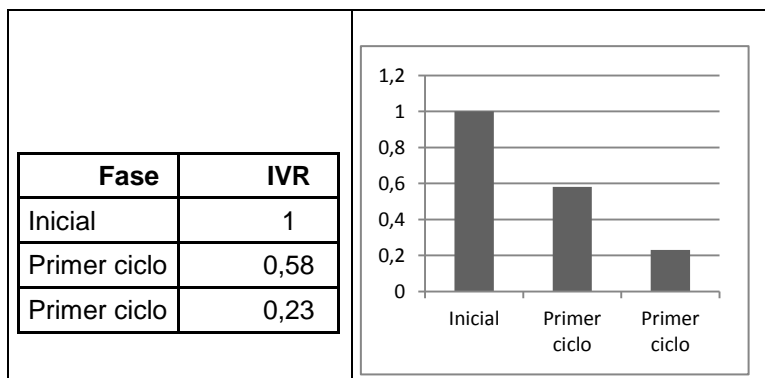
Tabla 2. Definición de los criterios para decidir sobre los niveles de criticidad

Nivel	Criterio
1	Impacto en el producto
2	Impacto en el proceso
3	Mantenibilidad
4	Frecuencia de falla
5	Impacto sobre el medio ambiente y la seguridad

Luego el grupo de participantes se abocó a determinar los niveles de criticidad para ciertos modos de falla, en base a la generación de una ponderación consensuada para los criterios propuestos en la TABLA 2. Para ello se aplicó la fase de estabilización de los Procesos DRV a fin de ponderar las necesidades y distinguir niveles de prioridades en las mismas. Como era de esperar, en el inicio del proceso de análisis, las diferencias entre los miembros del grupo generan un alto nivel de ruido que afecta a los datos (incertidumbre, imprecisión e incluso la falta de información).

En la Tabla 3 se presenta la evolución del IVR al cabo de los tres intentos de acuerdo realizados.

Tabla 3. Evolución IVR



Es importante señalar que, además de permitir la especificación de niveles de criticidad para cada modo de falla, la experiencia fue interesante porque permitió a los miembros del grupo una visión compartida del problema. Esto se tradujo en una mejora en la comunicación entre los miembros y crearon condiciones favorables para la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

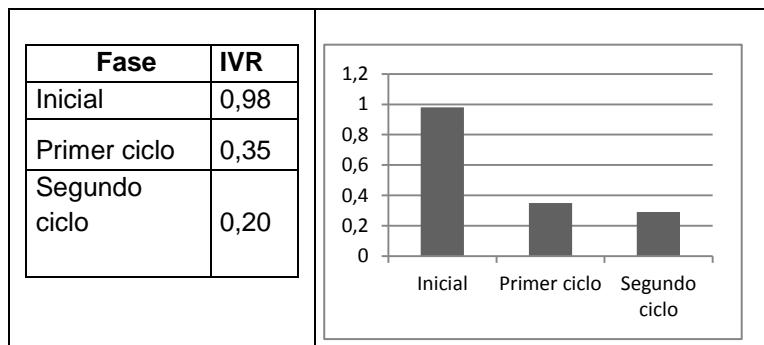
En la experiencia realizada en la Biblioteca universitaria se aborda la situación problema relacionada con la necesidad de esta organización de consolidar un sistema de gestión de calidad desarrollado a partir del año 2005; certificado bajo normas ISO 9001-2000 y posteriormente adecuado a las ISO 9001-2008.

Entre los requisitos de la referida normativa se encuentra la obligación de operar con indicadores de satisfacción del usuario. El equipo de investigadores del LIMI propone la formulación de una medida que posibilite el seguimiento general de los procesos de la biblioteca y represente la percepción de las personas que trabajan en la misma.

Se trabajó entonces con la especificación y definiciones de las necesidades en un taller con doce personas, las cuales tienen habitualmente funciones de liderazgo. Se aplicó la fase de estabilización de los Procesos DRV, a fin de ponderar las necesidades y distinguir niveles de prioridades en las mismas dentro de la entidad.

La aplicación de la fase de estabilización de los Procesos DRV permitió detectar que subsistían diferencias importantes en las percepciones y valoraciones de los dependientes con funciones de liderazgo. En la Tabla 4 se muestra la evolución del IVR al cabo de las tres instancias realizadas con el grupo de líderes.

Tabla 4. Evolución IVR



Al cabo de la tercera instancia de trabajo el grupo logra acordar los ponderadores para cada requisito como se muestra en la Tabla 5. En base a esto se construye un indicador global de tipo compuesto, el que se calcula para varios meses de actividad.

Tabla 5. Dimensiones, necesidades y sus ponderadores

Orden	Dimensión	Necesidad	Ponderador
1	Usuario	Atención (Actitud y aptitud)	0,306
2		Acceso a la información (Catálogos, Búsquedas y acceso al documento primario)	0,202
3	Colección	Desarrollo de colecciones (Adquisiciones)	0,164
4		Conservación de la colección (Preservación)	0,13
5	Oferta general	Conocimiento de los servicios disponibles (Difusión y alfabetización)	0,084
6		Actualización de la tecnología disponible (Software, internet, digitalización, hardware)	0,062
7		Ambiente confortable para el estudio y el trabajo (Medio ambiente)	0,052

Por último, se describe el caso de una empresa que hace *outsourcing* de recursos informáticos, es decir que alquila los servicios de personal especializado a empresas que necesitan desarrollar programas para computadoras. Ante requerimientos de las empresas clientes, esta organización selecciona un conjunto de personas para que se aboquen al proyecto en cuestión.

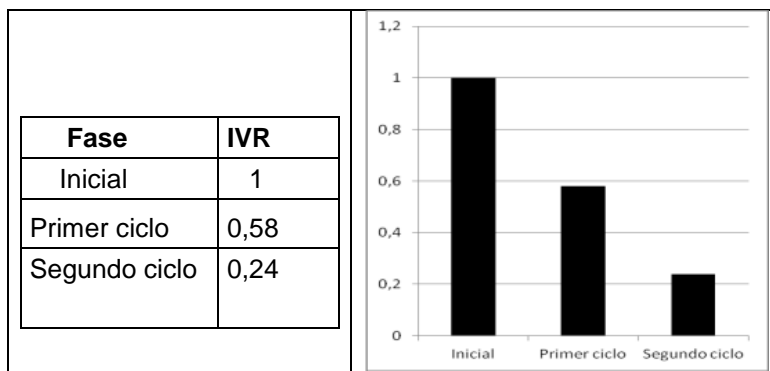
Los equipos de trabajo se integran con profesionales que cumplen los siguientes roles: Referente, Analista Funcional, Desarrollador y Analista de Testeo. En general cada grupo tiene un solo Referente, pero puede tener más de una persona en las restantes funciones.

El problema consiste en seleccionar grupos operativos, orientados a la realización de proyectos de sistemas informáticos, con un elevado nivel de confiabilidad en cuanto a permanencia de los integrantes del grupo en el proyecto. El problema es complejo porque incluye cuestiones tecnológicas y sociales, dado que es necesario considerar las preferencias de varias partes interesadas y porque se encuentra afectado por una fuerte incertidumbre.

La aplicación del método Procesos DRV para la fase de análisis grupal, va a permitir la ponderación de los criterios utilizados y la asignación de prioridades a las alternativas a considerar.

En este caso, fue necesario realizar dos fases adicionales de análisis con sus correspondientes asignaciones de utilidades. En el tercer ciclo se alcanzó la condición de estabilidad planteada por el método, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Evolución IVR



Según la Tabla 6 el IVR ha disminuido fuertemente en relación al primer intento indicado. Esto una señal clara de la reducción del ruido y consecuentemente, una oportunidad de lograr una perspectiva consolidada por parte del grupo.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone un método para la reducción del ruido cuando se toman decisiones que afectan a múltiples personas o entidades, con intereses variados. Resulta una utopía impulsar acciones de cambio si no se cuenta con el apoyo de los actores que deben concretarlas.

Es entonces una cuestión determinante para el logro de las transformaciones que los actores que han de materializarlas, sean partícipes necesario de su reconocimiento y definición. Es este un postulado fundamental para el enfoque multi-metodológico propuesto en el presente trabajo.

En opinión de los autores, lo interesante de este enfoque multi-metodológico es la creación de un entorno de aprendizaje organizacional, donde los aportes de los participantes se van entramando, vinculando, complementando para mejorar el nivel de conocimiento compartido que decanta en la reducción del ruido imperante en el contexto de decisión.

Por otra parte, esta aproximación multi-metodológica permite no sólo aprovechar los frutos de cada una de las herramientas que lo conforman, sino que además potencia las ventajas de las mismas.

Es importante resaltar que en las cuatro experiencias descritas se evidencian los beneficios de implementación de los Procesos DRV para la fase 3 de análisis grupal del método planteado. Una cuestión recurrente ha sido la marcada disminución de ruido en el proceso de toma de decisiones en grupo que se traduce en una mejora en el nivel del conocimiento compartido y en las comunicaciones interpersonales. Esto a su vez crea un entorno propicio en el que puedan suceder las acciones de cambio que una determinada organización requiera.

Aún queda camino por recorrer respecto de la aplicación, profundización y mejora del enfoque multi-metodológico que se plantea en este trabajo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexander P., Van Loggerenberg J., Lotriet H., Phahlamohlaka J. (2010): "The use of the repertory grid for collaboration and reflection in a research context". *Group Decision and Negotiation*, 19(5), pp. 479-504.
- Cabrera G., Zanazzi J.: "Una aproximación multi-metodológica al problema de selección de equipos de trabajo". *Revista Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO)* 35.
- Eden C., Ackermann F. (2006): "Where next for problem structuring methods". *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), pp. 766-768.
- Franco L. A., Montibeller G. (2010): "Facilitated modelling in operational research". *European Journal of Operational Research*, 205(3), pp. 489–500.
- Franco L., Lord E. (2011): "Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions". *Omega*, 39(3), pp. 362–372.

- Georgiou I. (2006): "Managerial effectiveness from a system theoretical point of view". *Systemic Practice and Action Research*, 19(5), pp. 441-459.
- Georgiou I. (2008): "Making decisions in the absence of clear facts". *European Journal of Operational Research*, 185(1), pp. 299-321.
- Georgiou I. (2012): "Messing about in transformations: structured systemic planning for systemic solutions to systemic problems". *European Journal of Operational Research*, 223(2), pp. 392-406.
- Gomes L., Zanazzi J. L. (2012): "Análisis Multicriterio con Múltiples Decisores: Aplicación Combinada de los Métodos Todim y Procesos DRV". *Revista de Administração do Gestor*, 2, pp. 105-136.
- Hindle G., Franco L. (2009): "Combining problem structuring methods to conduct applied research: a mixed methods approach to studying fitness-to-drive in the uk". *Journal of the Operational Research Society*, 60(12), pp. 1637-1648.
- Kaner S., Lind, L., Toldi, C., Fisk, S., Berger, D. (2007): "*Facilitator's guide to participatory decision-making*". Segunda Edición. Wiley. Estados Unidos de America.
- Kotiadis K., Mingers J. (2006): "Combining psms with hard or methods: the philosophical and practical challenges". *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), pp. 856-867.
- Lemke F., Clark M., Wilson H. (2010): "Customer experience quality: an exploration in business and consumer contexts using repertory grid technique". *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39(6), pp. 846-869.
- Mingers J. Rosenhead J., (2004): *Análisis racional reestudiado para un mundo problemático: métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto*. Instituto Venezolano de Planificación, España.
- Mingers J., Liu W., Meng W. (2009): "Using ssm to structure the identification of inputs and outputs in dea". *Journal of the Operational Research Society*, 60(2), pp.168-179.

- Pollack J. (2009): "Multimethodology in series and parallel: strategic planning using hard and soft or". *Journal of the Operational Research Society*, 60, pp. 156-167.
- Rosenhead J. (1996): "What's the problem? An introduction to problem structuring methods". *Interfaces*, 26(6), pp. 17-131.
- Sorensen L., Vidal R. (2003): "The anatomy of soft approaches". *Pesquisa Operacional*, 24(2), pp. 173-188.
- Valqui R. (2006): "Operational research: a multidisciplinary field". *Pesquisa Operacional*, vol. 26(1), pp.69-90.
- Zanazzi J.L, Gomes L. (2009): "La búsqueda de acuerdos en equipos de trabajo: el método decisión con reducción de la variabilidad (DRV)". *Revista Pesquisa Operacional*, 29(1), pp. 195 - 221.
- Zanazzi J.L, Dimitroff M., Pontelli D., Pedroti B. (2013): "Métodos para tomar decisiones en grupo. Comparación entre procesos DRV y SMAA". *Revista Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO)*, 34, pp. 45-61.
- Zanazzi, J.L., Boaglio L., Carignanio C., Conforte, J., Zanazzi J. F. (2013): "Indicadores ponderados en una biblioteca universitaria, construidos con un método de decisión grupal". *Revista del Instituto Chileno de Investigación Operativa*, 3(1), pp. 1-10.
- Zanazzi J.L, Gomes L., Dimitroff M. (2014): "Group decision making applied to preventive maintenance systems". *Revista Pesquisa Operacional*, 34(1), pp. 1-15.

DECISIÓN MULTICRITERIO GRUPAL APLICADA A LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES, PARA GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS

NADIA AYELEN LUCZYWO
JOSE FRANCISCO ZANAZZI
DANIEL ALBERTO PONTELLI
LAURA LEONOR BOAGLIO
JOSÉ LUIS ZANAZZI

Palabras clave: Residuos patógenos, selección proveedores, procesos DRV, grilla de repertorio.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento aborda el problema de seleccionar un proveedor externo para la gestión de residuos patógenos en una entidad universitaria. El asunto es complejo porque resulta necesario considerar las posturas de diversas dependencias y personas. Por ese motivo, este trabajo propone la aplicación de un método multicriterio diseñado para sustentar decisiones grupales.

La Universidad en cuestión, realizó un llamado a Licitación Pública para la adjudicación del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos patógenos. Presentaron pliegos tres empresas, a las que se identifica como Oferentes uno, dos y tres. A fin de estudiar la cuestión, se designó una comisión de seis técnicos, vinculados con distintas dependencias.

Las actividades colectivas no son sencillas y están influenciadas por aspectos humanos que condicionan la captura y el uso del conocimiento (Richars y Duxbury, 2014). De hecho, los ejercicios grupales deben enfrentar ciertas dificultades. Entre estas se cuentan: por un lado, las perturbaciones sobre la información utilizada en las aplicaciones de toma de decisiones en grupo que son *incertidumbre* o presencia de valoraciones y percepciones distintas por parte de cada miembro, *imprecisión* vinculada a errores de medición y la falta de disponibilidad de algunos datos (Georgiou, 2008); y por otro, los riesgos de resignar las verdaderas posturas ante la presión del grupo [Robbins y Coulter(2005); Montibeller and Winterfeldt(2015)]. Las consecuencias de estas distorsiones pueden ser significativas,

porque no se obtienen aportes reales de los participantes, el aprendizaje grupal se corrompe y no se logra el compromiso de los actores -Franco(2013)- . En consecuencia, resulta recomendable que en el análisis se consideren aspectos como la interacción y la comunicación entre los actores (Aarts and van Woerkum, 2002), así como el empoderamiento de las personas involucradas (Bodstein, 2007) lo que posibilitará el aprendizaje, la elicitación y apalancamiento del capital intelectual y la administración del conocimiento (Rubenstein-Montano, Liebowitz y Buchwalter ;2001), la literatura considera a la toma de decisiones en grupo como esencial para la Gestión del conocimiento, porque permite a los tomadores de decisiones examinar los problemas multidimensionales, identificar las prioridades para cada factor de decisión, y evaluar la clasificación de alternativas. De hecho, se acepta que las aplicaciones grupales multicriterio favorecen el aprendizaje colectivo de los participantes (Días y Climaco, 2005)

Sin embargo, las aproximaciones multicriterio realizadas sobre problemas similares, soslayan la importancia del grupo dado que adoptan un paradigma típico de decisor individual. Pueden mencionarse los trabajos de: Demesouka, Vavatsikos, y Anagnostopoulos(2014) Liu, Wu, y Li (2013), Ozkan (2013); Thampi y Rao (2015). Este enfoque puede no ser el mejor, de hecho, Georgiou(2008) y Franco y Lord (2011) alertan que la falta de consideración de los diferentes intereses, disminuye las posibilidades de éxito posterior del plan de acciones acordado.

Por ese motivo, este trabajo estudia y resuelve el problema con un método especialmente preparado para tomar decisiones en forma grupal, denominado Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad).(Zanazzi 2016). Esta aproximación estimula el desarrollo de aprendizajes conjuntos entre los participantes. De ese modo, además de la decisión propiamente dicha, se genera un espacio de construcción de conocimientos compartidos y se fortalece el consenso respecto a las acciones a seguir.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Las organizaciones se encuentran surcadas por procesos de toma de decisiones. Choo (1999) expresa que: Las organizaciones son redes de decisiones, y de personas que se ocupan de tomar dichas decisiones. La selección de proveedores para la gestión de

residuos patógenos puede entenderse como un proceso de este tipo, sometido a diversas perturbaciones (incertidumbre, imprecisión, datos confusos o inexistentes), que condicionan el éxito de cualquier proyecto.

Dentro del ámbito del apoyo multicriterio a la decisión (MCDM), es posible distinguir a los métodos de estructuración de problemas (PSM) y a la Decisión Multicriterio Discreta (DMD). En el primer conjunto es natural trabajar con la interacción del grupo, de forma que sea posible intercambiar opiniones, contrastar experiencias, compartir conocimientos y evolucionar hacia una postura común. Las aplicaciones PSM proveen beneficios como el análisis participativo, el desarrollo del conocimiento compartido, el alcance de soluciones integrales y el compromiso posterior. (Sorensen y Vidal, 2003; Franco y Montibeller 2010).

La DMD se ha concentrado en dar un soporte matemático y técnico para el logro de la decisión. En general, las aproximaciones multicriterio grupales se caracterizan por precisar la representación de la variabilidad en la información básica. Así se trabaja a partir de un proceso iterativo para la retroalimentación y se inscriben tres tratamientos diferenciales: el uso de la teoría de la evidencia (Fu y Yang, 2011), los conjuntos borrosos y la Teoría de la Utilidad Multiatributo -MAUT (Kenney y Raiffa, 1993). Dentro de esta última perspectiva, a su vez es posible encontrar autores que trabajan con diversos enfoques. Entre estos enfoques es posible identificar un primer conjunto de autores que tiende a centrarse en encontrar soluciones razonables aun cuando existe ruido mediante la propuesta de diferentes modalidades de agregación, por ejemplo a través de medias geométricas o aritméticas (Entre ellos: Forman y Peniwati [1997]; Dong y Saaty [2014]. Los trabajos de un segundo conjunto de investigadores se orientan a modelar el ruido pero sin un intento de reducción de éste.

Un método inscripto en esta corriente es el Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)(Tervonen, 2014). Por último en el tercer grupo existen contribuciones que reconocen la existencia de ruido y tratan de reducirlo con diversos enfoques metodológicos. Entre las metodologías que trabajan con este enfoque puede mencionarse: VIP (Días y climaco 2005).

En este sentido, Montibeller y Winterfeld (2015) indican que si bien se ha prestado atención a la obtención de juicios (probabilidades, valores, pesos, etc.) para la toma de decisiones y el análisis de los riesgos, es sorprendente la escasa atención prestada a

las posibles distorsiones en el análisis. Realmente, estas perturbaciones se deben trabajar, a fin de reducirlas, para aumentar las posibilidades de éxito de las propuestas de acción acordadas.

En particular, la metodología aplicada en este documento: Procesos DRV (Zanazzi, 2016), procura ofrecer ventajas típicas de los dos enfoques. En efecto, el método se orienta a facilitar la identificación de soluciones, a la vez que reduce los efectos de la presión del grupo y minimiza las perturbaciones.

3. METODOLOGÍA.

El método Procesos DRV puede aplicarse con problemas que requieren elegir un objeto entre una cantidad finita de alternativas. Además se supone que los miembros del grupo comparten objetivos en cuanto al problema analizado, es decir que no se trata de situaciones de negociación o de conflicto.

El método se desarrolla en tres etapas: Estabilización; Agregación y Ordenamiento. La primera permite que el grupo analice en plenario los diferentes sub problemas que integran el proceso decisional y que establezca consenso básico. La Agregación permite obtener valores globales para cada alternativa de decisión. La última fase permite ordenar las alternativas, desde la mayor a la menor preferencia y establecer relaciones de preferencia estricta o equivalencia. La secuencia de operaciones es la siguiente:

1. Estructuración del problema: el grupo selecciona los criterios, identifica las alternativas y adopta las escalas a utilizar.
2. Estudio de un sub-problema: se recorren los sub problemas, uno por uno.
3. Análisis grupal del sub problema: se realizan ejercicios que permiten definir los elementos a comparar en el sub problema e intercambiar conocimientos. El análisis conjunto contribuye a la reducción de las diferencias de posturas.
4. Asignación de utilidades a los elementos comparados: el nivel de consenso se verifica mediante la asignación de utilidades de tipo subjetivo (Keeney y Raiffa, 1993; Gomes, Araya, & Carignano, 2004)
5. Análisis de las utilidades: permite verificar estabilidad y consenso. Se consideran las siguientes evidencias: Indicador IVR (Índice de Variabilidad Remanente) y normalidad de los datos.

6.Verificación de consenso: cuando todas las utilidades asignadas a cada uno de los elementos comparados, pueden ser representadas con una Distribución Normal, se presume consenso y se pasa a un nuevo sub problema (paso 2).

7.Agregación: cuando todos los sub problemas se encuentran estabilizados, es posible agregar las utilidades. Esta operación permite aproximar las distribuciones de probabilidad para cada alternativa comparada.

8.Ordenamiento de las alternativas: desde la mayor a la menor preferencia.

En el estudio de un subproblemas, las percepciones de cada uno de los miembros integrantes son distintas porque cada persona _ltra la realidad de forma selectiva en función de su área de conocimiento y experiencias anteriores. En esas condiciones, la función de distribución de probabilidad más razonable parece ser la Uniforme o Rectangular. El trabajo grupal debe contribuir a la reducción de las diferencias. Por ende, la dispersión observada mantiene una tendencia sostenida a la reducción y se espera como función de distribución de probabilidad la Distribución Normal para una situación de consenso.

Si se consideran: equipo de trabajo con N individuos; K número de elementos de decisión a evaluar; y se denomina w_{kn} al valor de la función de utilidad asignada por el integrante n ($n = 1, 2, \dots, N$) al elemento k (con $k = 1, 2, \dots, K$), las utilidades estandarizadas se indican en la expresión (1).

$$w_{kn} = \frac{u_{kn}}{\sum_{k=1}^K u_{kn}} \quad (1)$$

Los resultados del subproblema pueden representarse en términos de la suma de cuadrados de los w_{kn} como se refleja en (2).

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K (\bar{w}_k - \bar{w})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (w_{kn} - \bar{w}_k)^2 \quad (2)$$

Donde \bar{w} es la media general y \bar{w}_k es el promedio para cada una de las ramas..A su vez, el primer término puede denominarse: suma de cuadrados entre elementos (SCE) y el segundo: suma de cuadrados dentro de los elementos (SCD). La sumatoria dentro de los cuadrados es la que representa las diferencias entre las opiniones y la que debe disminuir a medida que avanza el análisis.

La estabilidad se evalúa a partir del indicador IVR (Índice de Variabilidad Remanente) y la verificación de la compatibilidad de los datos con una distribución Normal de probabilidad. El alcance de estabilidad implica que las utilidades ya no pueden cambiar demasiado, aun cuando prosiga el análisis.

El Índice de Variabilidad Remanente (IVR) se obtiene según la siguiente expresión:

$$IVR = (SCD / SCU) * 100\% \quad (3)$$

Siendo $SCU = \frac{N-1}{3K}$ la suma de cuadrados correspondientes

a la Distribución Uniforme la que se considera referencia para calcular el IVR. En la práctica, los valores de IVR por debajo de veinticinco por ciento se consideran estables.

Cuando todos los subproblemas se encuentran estabilizados, es momento para agregar las utilidades. Es entonces factible determinar valores globales para cada alternativa. Para la obtención de coeficientes globales se trabaja con la ponderación lineal. Así, W_j es la variable aleatoria que representa los pesos de los criterios, y las U_{ij} son variables aleatorias que simbolizan las utilidades asignadas a los candidatos al evaluar la alternativa genérica i bajo el criterio j . La contribución parcial a la prioridad asignada se obtiene como el producto de las dos variables aleatorias mencionadas conforme a la siguiente expresión:

$$Z_{ij} = W_j * U_{ij} \quad (4)$$

Las distribuciones de las variables Z_{ij} , pueden ser formuladas mediante la integral de la expresión (5).

$$P(\mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} < \mathbf{z}) = \iint_{(w,u) \in \{\mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} < \mathbf{z}\}} \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sigma_{\mathbf{W}_j} \sigma_{\mathbf{U}_{ij}}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{w_j - \mu_{w_j}}{\sigma_{w_j}} \right)^2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{u_{ij} - \mu_{u_{ij}}}{\sigma_{u_{ij}}} \right)^2} dw du \quad (5)$$

Si bien la integral (5) no tiene solución analítica, se pueden aproximar sus momentos, tanto al origen como centrados. De este modo es posible determinar que tanto la asimetría como la curtosis de las distribuciones resultantes, son similares a las típicas de las distribuciones gaussianas.

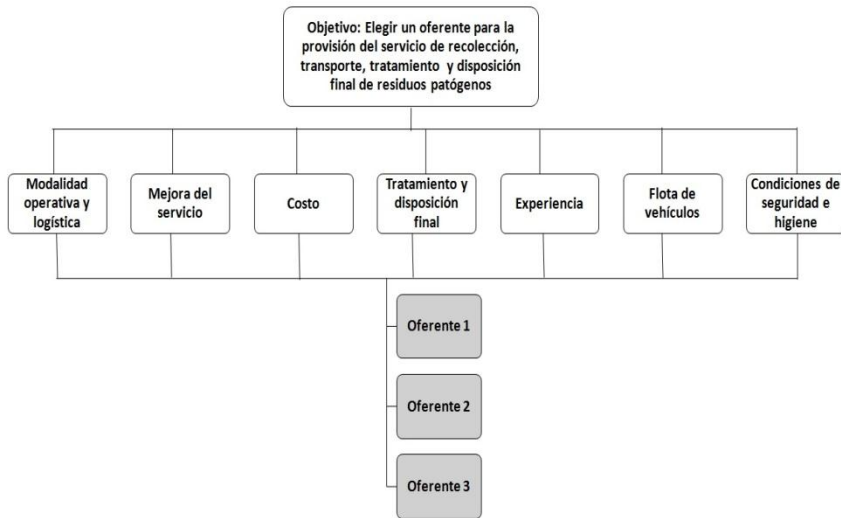
Asimismo, los valores globales de una alternativa genérica V_i , se obtienen como se indica en la siguiente expresión:

$$V_i = \sum_{j=1}^J \mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} = \sum_{j=1}^J \mathbf{z}_{ij} \quad (6)$$

4. RESULTADOS

En el caso de estudio la recolección de información se realizó a través de entrevistas individuales y semi estructuradas con los integrantes de la comisión evaluadora y a través de la recopilación documental sobre el pliego de licitación. La información obtenida en el campo se sistematizó a partir la Teoría de Constructos Personales de Kelly [Padilla 2010] de manera que permitió la elicitación de constructos dicotómicos (deseables y no deseables) a considerar en la evaluación de proveedores. A partir de los emergentes, se trabajó en el intercambio de conocimientos a través de un análisis grupal del conjunto de subproblemas asociados a ponderar la importancia relativa de cada de criterios de evaluación en una apreciación de un oferente tipo. El trabajo con los constructos y el posterior intercambio de experiencias, permitió a la comisión estructurar el problema bajo estudio y resumir tal información en un diagrama de árbol presentado en la figura 1.

Figura 1: Árbol del proceso de decisión y subproblemas asociados: Selección oferentes.



Se desarrolló un ejercicio orientado a explicitar una función de utilidad conforme las valoraciones de cada uno de los integrantes a partir de la relación de cuantas veces era mejor o peor un criterio de evaluación en relación a otro. El primer ensayo indicó que existían diferencias aún después del trabajo grupal en la estructuración del problema ya que se obtiene $IVR = 43,83\%$. En consecuencia, se trabajó en un segundo ciclo de análisis completo en el que pudo observarse una mejora notable del indicador que alcanzó un valor del $14,49\%$. La síntesis en Tabla 1.

Tabla 1: Análisis de subproblemas (Criterios de evaluación)

Iteración	Suma de cuadrados	IVR
Elemento de referencia	0,2381	100,00%
Primera iteración	0,1044	43,85%
Segunda iteración	0,0345	14,49%

El paso siguiente consiste en verificar el requisito de normalidad de las utilidades para cada subproblema. Con esa finalidad, se recomienda la prueba de hipótesis de verificación de Normalidad de Shapiro-Wilks modificada (Rahman & Govindarajulu (1997).

Los resultados obtenidos (se omite su presentación por razones de espacio), en ninguno de los casos rechazan la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%. Lograda la estabilidad, los pesos resultantes se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Ponderaciones sobre criterios de evaluación.

Criterio	Modalidad operativa y logística	Costo	Experiencia	Flota	Mejora del servicio	Condiciones de Higiene y Seguridad	Tratamiento
Ponderador	0,302	0,224	0,136	0,117	0,079	0,076	0,066

La aplicación de pruebas de comparación de medias, arroja los resultados que se presentan en la tabla 3. Allí se obtienen diferencias significativas entre los oferentes.

Tabla 3: Ordenamiento final.

Oferentes comparados	Valor t	Valor p observado	Valor p de contraste	Decisión
1 con 2	4,68	0,00545	0,00909	Hay Diferencia
1 con 3	19,4	0,00001	0,01819	Hay Diferencia
2 con 3	16,07	0,00002	0,02728	Hay Diferencia

5. CONCLUSIONES

En el presente documento se propone un método orientado a facilitar la realización de experiencias de toma de decisiones en grupo que busca controlar los efectos negativos derivados de la presión grupal y las distorsiones sobre la información que se gestiona (incertidumbre, la imprecisión o la ausencia de algunos datos). El método DRV es de fácil implementación y permite la reducción de los efectos de la presión grupal a través de la asignación de utilidades subjetivas en forma individual. La aplicación del método permitió la selección de un oferente apropiado.

Los integrantes del grupo participaron activamente en todas las fases del método y no presentaron dificultad para utilizar las herramientas matemáticas necesarias. Asimismo, se identificaron las situaciones de aparente consenso, y se trabajó sobre la diferencia de posturas de manera que fue posible construir conocimiento conjunto. De todos modos, es recomendable la realización de nuevas

experiencias y el agregado de mejoras a la propuesta metodológica actual.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, N., & van Woerkum, C. (2002). Dealing with uncertainty in solving complex problems. *Wheelbarrows Full of Frogs: Social Learning in Rural Resource Management–International Research and Reflections*, 421–435.
- Bodstein, R. (2007). The complexity of the discussion on effectiveness and evidence in health promotion practices. *Promotion & Education*, 14(1 suppl), 16–20.
- Demesouka, O., Vavatsikos, A., & Anagnostopoulos, K. (2014). GIS-based multicriteria municipal solid waste landfill suitability analysis: A review of the methodologies performed and criteria implemented. *Waste Management & Research*, 32(4), 270–296.
- Dias, L. C., & Clímaco, J. N. (2005). Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, 160(2), 291–307.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165–169.
- Franco, L. A. (2013). Rethinking soft OR interventions: models as boundary objects. *European Journal of Operational Research*, 231(3), 720–733.
- Franco, L. A., & Lord, E. (2011). Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions. *Omega*, 39(3), 362–372.
- Franco, L. A., & Montibeller, G. (2010). Facilitated modelling in operational research. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 489–500.
- Franco, L. A., Rouwette, E. A., & Korzilius, H. (2016). Different paths to consensus? The impact of need for closure on model-supported group conflict management. *European Journal of Operational Research*, 249(3), 878–889.
- Fu, C., & Yang, S. (2012). An evidential reasoning based consensus model for multiple attribute group decision analysis

- problems with interval-valued group consensus requirements. *European Journal of Operational Research*, 223(1), 167–176.
- Georgiou, I. (2008). Making decisions in the absence of clear facts. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 299–321.
 - Gomes, L., Araya, M. C. G., & Carignano, C. (2004). Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. *São Paulo: Pioneira Thomson Learning*, 107.
 - Hung, Y.-H., Chou, S.-C. T., & Tzeng, G.-H. (2011). Knowledge management adoption and assessment for SMEs by a novel MCDM approach. *Decision Support Systems*, 51(2), 270–291.
 - Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge university press.
 - Liu, H.-C., Wu, J., & Li, P. (2013). Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision making method. *Waste management*, 33(12), 2744–2751.
 - Montibeller, G., & Winterfeldt, D. (2015). Cognitive and motivational biases in decision and risk analysis. *Risk Analysis*, 35(7), 1230–1251.
 - Özkan, A. (2013). Evaluation of healthcare waste treatment/disposal alternatives by using multi-criteria decision-making techniques. *Waste Management & Research*, 31(2), 141–149.
 - Padilla-Carmona, M. T. (2001). La rejilla de constructos personales: un instrumento para el diagnóstico y la orientación. *Ágora digital*, (2), 6.
 - Rahman & Govindarajulu (1997): “A modification of the test of Shapiro and Wilk for normality”. *Journal of Applied Statistics*, vol. 24, 2, pp. 219-236.
 - Richards, G. S., & Duxbury, L. (2014). Work-Group Knowledge Acquisition in Knowledge Intensive Public-Sector Organizations: An Exploratory Study. *Journal of Public Administration Research and Theory*, muu034.
 - Robbins, Stephen P., & Coulter, M. (2005). *Administración*. (Octava). México: Pearson.
 - Rubenstein-Montano, B., Liebowitz, J., Buchwalter, J., McCaw, D., Newman, B., Rebeck, K., & Team, T. K. M. M.

- (2001). A systems thinking framework for knowledge management. *Decision support systems*, 31(1), 5–16.
- Shih, H.-S., Shyr, H.-J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7), 801–813.
 - Sørensen, L., & Vidal, R. V. V. (2003). The anatomy of soft approaches. *Investigacao Operacional*.
 - Thampi, A., & Rao, B. (2015). Application of Multi-criteria Decision Making Tools for Technology Choice in Treatment and Disposal of Municipal Solid Waste for Local Self Government Bodies—A Case Study of Kerala, India. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 41(1), 84–95.
 - Zanazzi, J (2016). Tesis doctoral: “Toma de decisiones en grupos de trabajo. El método Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad). FCEyNat, UNC.

DISEÑO DE UN BANCO DIDACTICO MEDIANTE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QDF)

DANIEL ALBERTO PONTELLI
SERGIO OSCAR GANGI
LAURA LEONOR BOAGLIO
JOSÉ FRANCISCO ZANAZZI

Palabras Clave: Despliegue de la Función de Calidad, Diseño de Producto, Banco de Ensayos Didácticos

1. INTRODUCCIÓN

En la formación de ingenieros, como en toda carrera universitaria de grado, la actividad práctica es muy necesaria para el desarrollo de competencias profesionales específicas. Es un factor clave y se hace más relevante aún en las asignaturas que tienen un perfil técnico como es el caso de Mantenimiento Industrial. Una de las herramientas que más se aplica en el mantenimiento preventivo es el análisis de vibraciones, en donde se interpretan los espectros oscilatorios característicos que cada desperfecto produce. Por ello el Departamento de Producción de la Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales de la UNC decide desarrollar un banco didáctico de ensayos (BDE) con el que, mediante simulación de condiciones mecánicas o eléctricas anómalas, los alumnos puedan dominar esta técnica.

Al abordar el diseño de este equipo, surge que las especificaciones son vagas o poco claras. El usuario expresa con sus palabras las funciones esperadas del artefacto y es normal que estas carezcan del orden y la especificidad técnica necesaria para que el proceso de diseño satisfaga los objetivos buscados. La base de este trabajo fue presentada en la ENDIO XXVIII realizada en 2015 la Universidad Nacional del Sur y muestra cómo se aborda esa dificultad al tiempo que propone para lograr la calidad del diseño, una técnica de manejo de información denominada Despliegue de la Función de la Calidad.

2. DESARROLLO

La tarea de diseñar un producto es un proceso en el que se va aproximando a la solución ideal a través de sucesivas iteraciones de síntesis de una propuesta, su análisis y optimización (Budynas y Nisbett, 2008). El método Quality Function Deployment (QFD) o Despliegue de la Función de Calidad es una herramienta que permite desarrollar un diseño de calidad orientado a satisfacer al cliente. Interpreta la necesidad del usuario y la traduce en especificaciones que deben cumplir el producto y el proceso para responder a los requerimientos necesarios a lo largo de la fase de producción. Es una manera de asegurar la calidad del producto final, aun cuando este esté en la etapa de diseño. (Akao, 1990).

Algunos autores consideran que es una herramienta apropiada para interpretar las necesidades del cliente y transformarlas en instrucciones concretas a fin de obtener un producto. Su principal función es transformar los “que” en los “como” lograrlo. Incluso van más allá al dar cuenta que el QFD puede ser aplicado como método de apoyo a las decisiones estratégicas en las organizaciones siguiendo pasos lógicos (Manteghi y Zohrabi, 2011). Si bien en su origen se enfocó en la manufactura de objetos, este método encuentra aplicaciones en otros ámbitos. El desarrollo de alimentos (Cardoso et al, 2015) y la construcción de edificios (Wood et al, 2016) son procesos en los que hay evidencias de su uso. El concepto de producto también refiere a los servicios y por ello hay experiencias en este campo que emplean el QFD (Sularto, 2015).

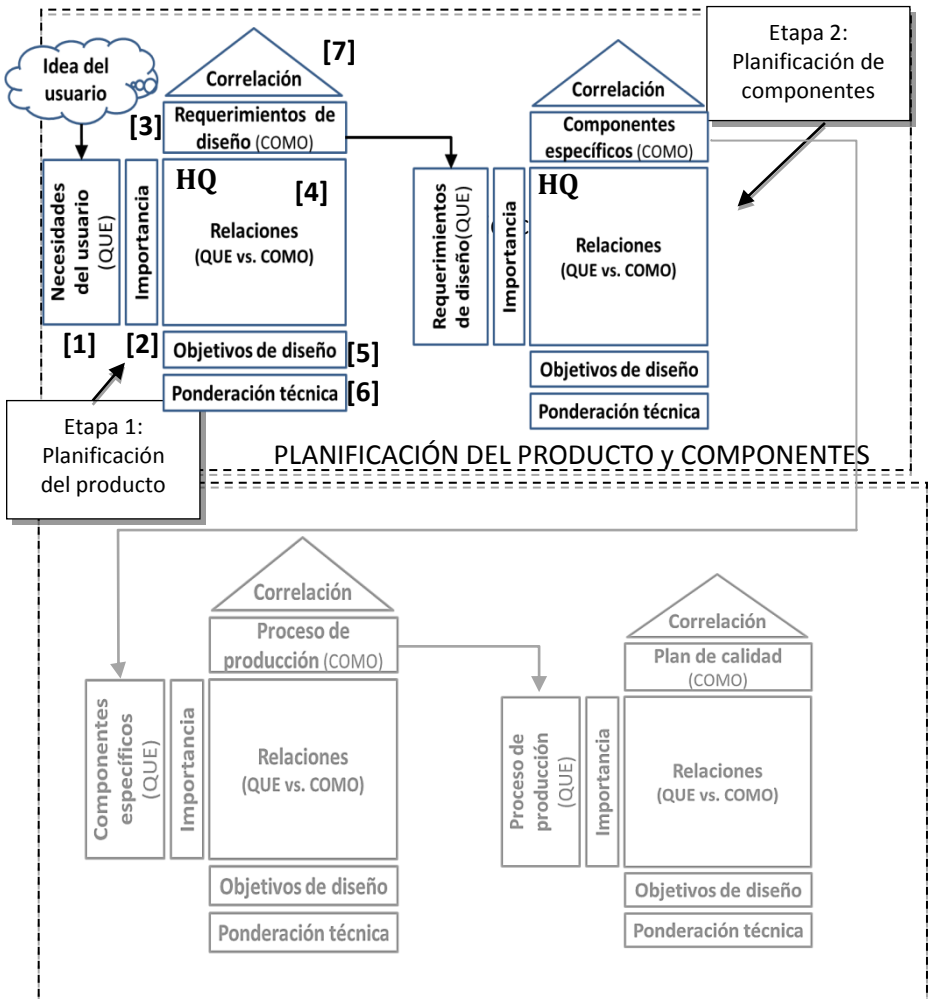
El método utiliza una sucesión de matrices vinculadas, cuyas interrelaciones permiten traducir los requisitos del usuario en características de diseño. Cada fase, o matriz, representa un aspecto específico de los requisitos del producto. En este trabajo se aplica el enfoque de cuatro fases del QFD (Jaiswal, 2012) pero se lo emplea de modo particular ya que se utilizan solo las dos etapas iniciales (Fig.1). La primera se orienta a la planificación del producto en su totalidad y permite traducir los requisitos del cliente en especificaciones técnicas del objeto. La segunda transforma los resultados anteriores en características claves para el diseño de los componentes del producto.

Los pasos restantes no se utilizan en este trabajo en razón de están vinculados con la planificación de los procesos de transformación y en este caso se aborda un producto único que no requiere de procedimientos complejos, solo ensamble.

En cada etapa se recurre a estructuras de análisis similares que

tienen la forma de matrices llamadas Casa de la Calidad o House of Quality, (HQ). En la primera se vinculan los inputs que parten de la idea o necesidades que tiene el usuario en mente con los requerimientos del diseño en general. Los resultados que surgen de la primera etapa sirven de entradas para la segunda y permiten tener como resultado las características que tienen que reunir los componentes del objeto buscado. Esta lógica se repite en todas las fases, donde las matrices están vinculadas entre sí de modo que el resultado de la precedente alimenta a la que sigue.

Fig.1 Esquema de cuatro etapas del QFD. En esta aplicación solo se utilizan las dos primeras: planificación del producto



El objetivo que se persigue con este método es interpretar y definir las necesidades de un usuario para luego concretarlas en una realización. La mecánica en las distintas fases es similar por lo que en este artículo se describe solo la aplicación del proceso en su primera etapa, la planificación del producto. Se busca mediante el trabajo del grupo de interesados determinar no solo las cualidades y características técnicas del objeto sino también establecer la relevancia tienen estos factores entre sí de manera que permita definir las prioridades del diseño. Para conocer las necesidades del usuario (ver [1] en fig. 1) se propone trabajar con la técnica focal group o grupo focal con los interesados que, en este caso, son docentes de la asignatura Mantenimiento Industrial. Existen, en las ciencias sociales y de la salud, varias publicaciones que documentan aplicaciones de esa herramienta. Con este método se busca que un grupo de expertos o especialistas, expliciten la mejor información posible para el tratamiento de un tema dado. La actividad es conducida por un facilitador quien estimula a los participantes mediante preguntas abiertas a fin de que interactúen. De esta manera cada uno expone sus puntos de vista, conocimientos y experiencias para enriquecer los pareceres de los demás. Los grupos focales son útiles cuando hay escasez de datos o estos son limitados y se pretende conocer los detalles de un fenómeno u objeto (Sutton y Arnold, 2013).

Las respuestas que surgen del ejercicio, se ordenan por criterios para condensar la información. Esto se puede lograr utilizando la herramienta Diagrama de Afinidad o Método KJ, que fuera desarrollado en la década de 1960 por el antropólogo japonés Kawakita Jiro. Si bien este método es bastante antiguo, algunos autores lo reflotan para el tratamiento de datos. Cheng y Leu (2011) proponen su uso como técnica complementaria de otros algoritmos para clasificar una serie de defectos en la construcción de un puente. De esta manera se pueden organizar los datos y transformarlos en información válida.

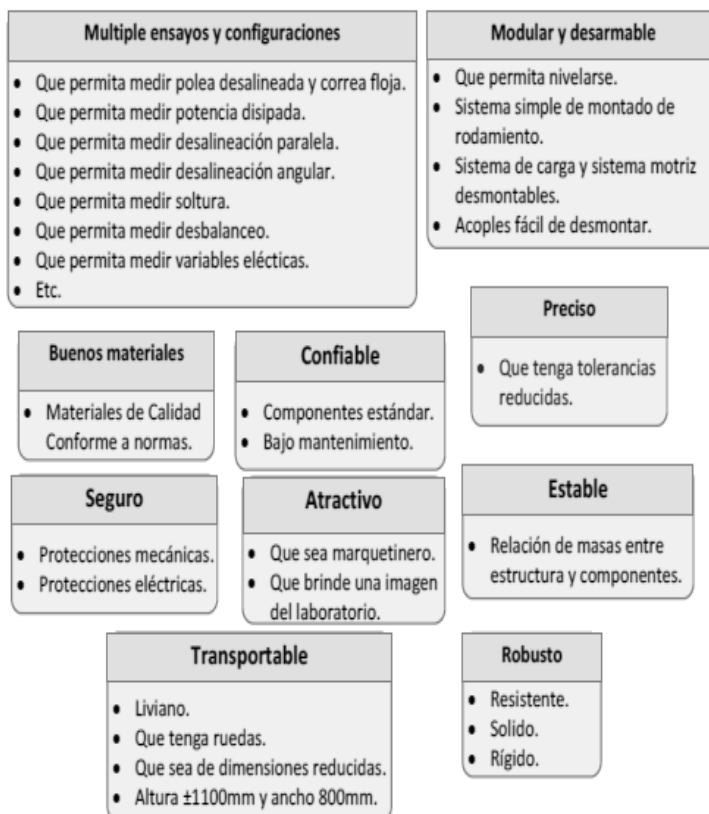
3. RESULTADOS OBTENIDOS

Este proceso comienza cuando cada participante, asienta su

parecer en tarjetas que son colocadas sin un orden dado en una pizarra para poder visualizarlas. Luego se las agrupa por afinidad de acuerdo a la opinión de los participantes y a cada conjunto se le asigna un nombre que identifica la característica que, según el equipo de análisis, mejor las representa.

En la figura 2 se representa una primera agrupación de los aspectos que los interesados consideran que el objeto debería ser o tener.

Figura 2: Descripción de los requerimientos del usuario mediante tarjetas.



No obstante, la información recogida hasta aquí sobre lo que les interesa a los usuarios no expresa de manera concreta la real necesidad o requisito de calidad, por lo tanto, es necesario realizar una categorización de los conjuntos anteriores bajo la formulación de criterios que el producto debe satisfacer.

En la tabla 3 se presenta la síntesis que define estos requisitos en los que el equipo de trabajo ajusta su visión sobre las características claves

Tabla 3: Descripción de los requerimientos del usuario

Requisito	Descripción	Necesidades del usuario
De uso	Establece la relación entre el usuario y el producto.	El producto debe ser: <ul style="list-style-type: none"> • Seguro • Transportable • Confiable y de bajo mantenimiento
Funcional	Refleja los principios físicos técnicos de funcionamiento y las prestaciones que puede dar	El producto debe permitir realizar: <ul style="list-style-type: none"> • Múltiples ensayos y configuraciones
Estructural	Refiere a las características estructurales del conjunto y de los componentes.	El producto debe ser: <ul style="list-style-type: none"> • Modular y desarmable • Estable • Robusto y resistente
Técnico-productivo	Relación con los medios y métodos de manufactura de diseño.	El producto debe ser: <ul style="list-style-type: none"> • Preciso • Construido con buenos materiales
Formal	Expresa la relación vinculada a la forma del objeto según la percepción de los usuarios.	El producto debe ser <ul style="list-style-type: none"> • Atractivo en su diseño.

En la tabla 4, sintetiza la relación entre los requisitos y las necesidades del usuario que pueden transformarse en criterios para tomar las decisiones de diseño.

Tabla 4: Resumen requisitos y necesidades: Matriz [1] y vector de pesos U_i [2]

Requisito	Necesidades del usuario : criterios	Pesos U_i
De uso	Seguro para operar y manipular	9
	Transportable	3
	Confiable y de bajo mantenimiento	5
Funcional	Múltiple configuraciones	9
Estructural	Modular y desarmable	1
	Estable	7
	Robusto y resistente	5
Técnico productivo	Preciso	9
	Construido con buenos materiales	3
Formal	Diseño atractivo	1

Ahora se debe establecer la importancia que tienen estos requisitos mediante la asignación de pesos U_i . (ver vector [2] en Fig.1).

Para ello se define la escala de importancia de los pesos:

- 1: Insignificante:** El producto puede prescindir de este criterio
- 3: Escasa:** Su aporte al producto no es relevante
- 5: Media:** Conviene que el producto cumpla este criterio
- 7: Significativa:** Es un criterio clave del producto
- 9: Esencial:** Sin este criterio el producto no puede concebirse.

Con la técnica de grupo focal, los participantes discuten la importancia que tiene cada criterio y lo ponderan con esa escala.

El siguiente paso consiste en determinar los requerimientos de diseño, es decir “como” se van a satisfacer los “que” de la matriz [1] o sea los requisitos. Se busca vincular de modo cualitativo las necesidades del usuario con los aspectos técnicos que se deben lograr en el producto (ver [3] en figura 1). El grupo de usuarios plantean las siguientes relaciones:

- Requisito de uso: Estas características expresan la interacción del banco y el usuario:

- 1. debe ser ligero de peso,
 - 2. debe tener dimensiones reducidas,
 - 3. debe tener protecciones mecánicas y eléctricas.
- Requisito de función. Responden a características de funcionalidad:
 - 1. debe usar materiales conforme a normas
 - 2. debe permitir la mayor cantidad de ensayos posibles
 - 3. debe tener un diseño modular.
- Requisito estructural. Contempla la estructura
 - 1. debe usar materiales conforme a normas
 - 2. debe tener un diseño modular.
- Requisito técnico-productivo. El banco debe tener:
 - 1. tolerancias de fabricación reducidas
 - 2. debe usar materiales conforme a normas
- Requisito de forma. El diseño atractivo se obtiene en gran parte, al cubrir las necesidades del usuario con los aspectos de uso, de función, estructural y técnico-productivo.

Estos requerimientos de diseño se colocan en la matriz fila [3] encabezando así las columnas de la HQ [4]. Ahora es necesario establecer la intensidad de la relación entre las necesidades del usuario, dentro de cada requisito, con los requerimientos de diseño del producto. Esto se logra estableciendo coeficientes que cuantifiquen el grado de vinculación entre estos aspectos. Se propone que una relación fuerte tenga un coeficiente 9, una intermedia 5 y una débil, 1. Con esta escala el grupo de usuarios evalúa cada ítem y coloca este valor V_{ij} en la intersección de la fila i de cada necesidad con los requerimientos del diseño en cada columna j en la matriz relaciones [4], que es el centro de la HQ.

Al pie de la HQ [4] se encuentra otra matriz en la que se especifican más concretamente los requerimientos del diseño (ver [5] en figura 1) que corresponden a cada ítem de las columnas de [3]. En ella se definen las especificaciones técnicas cualitativas o cuantitativas que debe cumplirse para obtener el producto.

Tabla 5: Casa de la Calidad con la jerarquización de los requerimientos de diseño

Requisitos	Necesidades del usuario	Pesos U_i	Requisitos técnicos del Diseño (RDj)						
			Ligero de peso	Dimens. restringidas	Protecciones mecánicas y eléctricas	Armado con elementos normalizados	Cantidad de ensayos posibles	Diseño modular	Tolerancias reducidas
De uso	Seguro para operar y manipular	9	1	1	9	5	0	0	1
	Transportable	3	9	5	0	0	0	5	0
	Confiable. Bajo mantenimiento	5	0	0	5	5	0	0	1
Funcional	Múltiples configuraciones	9	0	0	0	5	9	5	0
Estructural	Modular y desarmable	1	1	1	0	5	5	9	0
	Estable	7	1	1	0	5	0	1	0
	Robusto y resistente	5	9	5	0	0	5	5	1
Técnico productivo	Diseño preciso	9	0	0	0	5	0	0	9
	Construido con elem. estándar	3	0	0	9	9	5	5	1
Formal	Diseño atractivo	1	1	5	0	1	5	5	1
		[2]	< de 60 kg	Altura: 1100 mm Ancho: 800 mm	Según Dec Reglam. 351/79	Suministro comercial	Mínimo 5 ensayos	Módulos intercambiables	Tol. Lineal: 0,1 mm Term Sup. Ra: 1,8 m
		[5]	90	62	133	228	131	121	104
		[6]	0,10	0,07	0,15	0,26	0,15	0,14	0,12
		Orden	6	7	2	1	3	4	5

En la matriz [6] se obtiene la priorización de los requerimientos técnicos realizando en la primera fila las combinaciones lineales de los pesos U_i que muestran las intensidades de las necesidades del usuario con los valores de los V_{ij} requerimientos de acuerdo a (1). Luego, en la segunda fila se normaliza por la suma y se establece las jerarquías de los requerimientos que ordenarán el proceso de diseño.

$$RD_j = \sum_{i=1}^{i=n} U_i V_{ij} \quad (1)$$

La jerarquización de los requisitos permite a los diseñadores tomar decisiones más ajustadas a las necesidades del usuario y racionalizar recursos.

Cabe destacar que el método original propone una última etapa que se presenta en la parte superior de la HQ ([7] en la figura 1) y que en este trabajo se omite ya que su objetivo es comparar cualitativamente relevancia de las relaciones existentes entre los

requisitos de diseño con el objetivo de identificar posibles mejoras de estas características.

4. CONCLUSIONES

La utilización de la herramienta QFD en el desarrollo de este equipamiento tecnológico didáctico permite estructurar la información y desarrollar un proyecto enfocado en las necesidades del usuario a través del trabajo en equipo.

La aplicación de la metodología guía al proceso de diseño, permite aclarar y fortalecer las ideas preliminares de los participantes y reduce el número de iteraciones necesarias para lograr un objeto adecuado.

El método QFD se presenta como un instrumento eficaz que complementa a las disciplinas tecnológicas en la toma de decisiones en grupos a la hora de definir un producto o un proceso, sobre todo cuando los recursos son limitados y los plazos reducidos. Esta ventaja permitió construir el banco con mínimos recursos y realizar las experiencias propuestas en el programa de la asignatura.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akao Y. (1990): Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press. Cambridge, MA. EE.UU
- Budynas R., Nisbett K. (2008): Diseño en Ingeniería Mecánica. Mc Graw Hill. México DF.
- Cardoso J, Casarotto Filho N., Cauchick Miguel, P.A. (2015): "Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product" Food Quality and Preference 40 pp. 180–190
- Cheng Y., Leu S. (2011): "Integrating data mining with KJ method to classify bridge construction defects". Expert Systems with Applications 38, pp. 7143-7150
- Jaiswal E. S. (2012): "A case study on Quality Function Deployment (QFD)". IOSR. Journal of Mechanical and Civil Engineering. Volume 3, Nº 6, pp. 27-35
- Manteghi N., Zohrabi A., (2011): "A proposed comprehensive framework for formulating strategy: a Hybrid of balanced scorecard, SWOT analysis, Porter's generic strategies and fuzzy quality function deployment" Procedia, Social and Behavioral Sciences 15, pp. 2068-

2073

- Sularto, L. (2015): "User Requirements Analysis for Restaurant POS and Accounting Application Using Quality Function Deployment" *Procedia, Social and Behavioral Sciences* 169, pp. 266-280
- Sutton S., Arnold V. (2013): "Focus group methods: Using interactive and nominal groups to explore emerging technology-driven phenomena in accounting and information systems" *International Journal of Accounting Information Systems* 14, pp. 81-88
- Wood L. C., Wang C., Abdul-Rahman H., Jamal Abdul-Nasir, N.S.J. (2016): "Green hospital design: integrating quality function deployment and end-user demands" *Journal of Cleaner Production* 112 pp. 903-913

MAPA COGNITIVO COMPARTIDO: UNA APLICACIÓN EN EQUIPOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE CIENTÍFICO-TÉCNICO

ALICIA GUILLERMINA SALAMON
JOSÉ DOMINGO CUOZZO
MARÍA ALEJANDRA BOGGIO
NATALIA MIRA
LAURA BOAGLIO

Palabras clave: SODA, Grilla de *Kelly*, *Software* científico-técnico

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se lleva a cabo una adaptación de la metodología *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) en el campo de la mejora continua de procesos de *software*. La hipótesis de este trabajo es que los mapas conceptuales compartidos, como representación gráfica de los modelos cognitivos de los decisores, son una herramienta que puede ser utilizada en situaciones donde el problema tenga impacto potencial y no haya situaciones de conflicto pre-existentes entre los decisores. Se presenta una experiencia en la que líderes técnicos y de gestión de equipos de *software* debían identificar y priorizar áreas de mejora siguiendo los lineamientos de SODA y aplicándolo en una intervención grupal para consensuar objetivos comunes y elicitar una visión compartida.

Las encuestas son herramientas de uso común para investigar áreas de mejora relacionadas a la Ingeniería del *Software* en equipos de científicos-técnicos que desarrollan *software*. Este trabajo, para investigar dichas áreas de mejora en lugar de utilizar encuestas, explora un nuevo marco de trabajo para la elicitación y estructuración de la información generada a partir de los miembros del equipo de desarrollo de *software* científico-técnico utilizando diferentes técnicas como *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), *Rejilla de Kelly*, *Card Sorting* y otros. Este enfoque pone énfasis en el consenso del equipo y en el establecimiento de prioridades para identificar las áreas críticas a mejorar. Este trabajo expone una experiencia de intervención en un área de ingeniería que nuclea desarrolladores de *software* científico-técnico. Esta área desarrolla e integra *software*

embebido y de simulación bajo estándares internacionales.

Algunos autores presentan estudios realizados en los cuales indican que las diferencias en los procesos de construcción de *software* empresarial y *software* científico son tales que los modelos y prácticas utilizadas en el primero no son fácilmente transferibles al segundo sin un esfuerzo importante de adaptación (*tayloring*) (Rosenhead y Mingers, 2001):

Algunas diferencias entre el *software* científico y *software* empresarial pueden ser apreciadas en la Tabla 1 a continuación (Segal, 2008; Segal, 2007; Chalmer, 1982; Kelly y Sanders, 2008; Carver, Kendall, Squires y Post, 2007):

Tabla 1. Diferencia entre *Software Científico* y *Software Empresarial*

<i>Software</i> científico	<i>Software</i> Empresarial
El <i>software</i> es un medio para un fin. Es un componente de otro producto mayor.	El <i>software</i> es un fin en sí mismo. Es un producto único.
Se definen los objetivos al comienzo del desarrollo pero no siempre de manera clara y concisa. Puede o no seguir una metodología de desarrollo de <i>software</i> .	Se definen los objetivos de manera clara y concisa al comienzo del proyecto. Se sigue una metodología de desarrollo de <i>software</i> .
Generalmente los desarrolladores y usuarios son los mismos, es difícil encontrar un mercado externo para sus productos.	Generalmente los desarrolladores y los usuarios del sistema son distintas personas y existe un amplio mercado externo para sus productos.
Las pruebas y aseguramiento de la calidad son costosas. Se utiliza simulación para llevarlas a cabo ya que las pruebas del experimento físico la mayoría de las veces no se realiza por el costo (económico, social, ambiental) que ello significa.	Las pruebas y aseguramiento de la calidad son más fáciles de llevar a cabo que en el <i>software</i> científico.

En investigaciones a nivel internacional se han utilizado las encuestas, siendo una herramienta de uso común cuando se plantea

identificar áreas susceptibles de mejoras en el desarrollo de *software*, aun así, no se puede negar que el uso de esta técnica, como única herramienta presenta serios inconvenientes.

En este sentido, resulta fundamental enfocarse en las dificultades que se presentan en los procesos de desarrollo como una forma para mejorar posteriormente los mismos.

Se detecta la necesidad de implementar una metodología que permita la identificación y priorización de áreas de mejora de procesos, de manera de alcanzar mayor eficiencia, velocidad y calidad en los desarrollos.

Este trabajo describe los resultados de aplicar una versión modificada de la metodología SODA y completar la matriz de constructos personales de *Kelly* con un grupo de líderes en esta organización, con una adaptación en la formulación de los mapas cognitivos.

En el contexto de mejora continua, es necesario considerar la utilización combinada de diversos enfoques para lograr en una primera etapa la comprensión holística del dominio del problema, y posteriormente abordar la estructuración del mismo. La técnica SODA (Rosenhead y Mingers, 2001; Georgiou, 2010), permite contemplar los aportes del equipo de decisores del área, para trabajar luego en la selección y priorización de opciones. Sin embargo, la generación de mapas cognitivos, uno de los puntos más complejos de SODA, presenta una limitación en el tiempo requerido en una actividad que a priori no representa grandes divergencias en los mapeos cognitivos individuales.

La hipótesis de este trabajo es que los problemas de mejora continua constituyen un subconjunto de los problemas complejos, en el contexto de lo Complejo no hay relación evidente entre causas y efectos y sólo se puede avanzar prestando atención a los patrones emergentes (Snowden y Boone, 2007).

Por lo tanto se deben crear entornos que permitan que los patrones emerjan, por lo que es importante elevar los niveles de interacción y comunicación del equipo; y por último, promover que las ideas emerjan a través de la discusión, o marcando desafíos, fomentando la diversidad, y que pueden ser tratados con herramientas de menor costo y complejidad que los mapas cognitivos individuales, tales como las herramientas de la Investigación Operativa Soft (Zanazzi, Conforte, Boaglio, Dimitroff y Carignano, 2008; Zanazzi, Salamon, Cabrera, Gonzalez y Pedrotti, 2011) y como Repertory Grid de Kelly (Kelly, 1955); y aun así conservar las salidas

esperadas de una estructuración del problema bajo los lineamientos de la metodología SODA.

La estructura de presentación de este trabajo es, en una primera instancia, a modo de marco teórico, en el cual se hace referencia a los recursos metodológicos utilizados durante la experiencia. Posteriormente se realiza una breve descripción de la justificación para modificar la utilización de mapas cognitivos, a ésta le sigue la descripción de la aplicación concreta en el taller realizado con los líderes decisores y se consignan las instancias desarrolladas en el mismo. Finalmente se presentan algunas conclusiones sobre la experiencia que delimita el alcance del trabajo.

Se hace constar por otra parte, que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper presentado en el II Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAIISI 2014) organizado por la red de carreras de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (RIISIC) perteneciente al CONFEDI que se realizó en la Universidad Nacional de San Luis. El trabajo fue evaluado y aprobado por el comité científico de dicho Congreso.

2. DESARROLLO

2.1 Recursos metodológicos

Para abordar la problemática, se utilizó como marco conceptual SODA, un marco para la estructuración de problemas elaborado en la segunda parte de la década del 70. El enfoque de SODA se basa en el subjetivismo, donde el saber y la experiencia de los integrantes del equipo constituyen un elemento clave para el desarrollo de decisiones confiables y sustentables.

La estructuración de problemas está guiada por la “Teoría de las Construcciones Personales”, teoría cognitiva que sostiene que los individuos se esfuerzan por dar sentido a su mundo con el fin de manejarlo y controlarlo. (Eden y Ackermann, 1998; Stewart y Stewart, 1981; Lemke, Clark y Wilson, 2011). Las herramientas clásicas de SODA son los mapas cognitivos, a nivel individual y colectivo.

Se realizó una dinámica de elicitación utilizando *card sorting* para indagar acerca de la forma en que cada uno de los responsables de la gestión evaluaría áreas de mejora en el proceso de desarrollo de *software*. Esta tarea se apoya en las teorías de clasificación que

se centran en las categorías y en las relaciones jerárquicas entre conceptos. Esto es, las estructuras mentales de los individuos presentan un ordenamiento jerárquico, de manera que cada grupo está incluido en otro de orden superior (Sáez Martínez; 2005) y, a su vez, aglutina a varios de orden inferior (Rosch, 1978 y Anderson, 1985). En esta etapa, y aquí la diferenciación con la utilización tradicional de mapas cognitivos, no se construyeron los mapas individuales, sino que se diseñó una dinámica para favorecer la construcción grupal del mapa.

Se utilizó la técnica *Repertory Grid* creada por Kelly (Kelly, 1955) está diseñada para interpretar el modo en que una persona da sentido a sus experiencias. *Repertory Grid* es un instrumento de evaluación de las dimensiones y estructura del sistema de construcción personal que utiliza la valoración de elementos asociados a constructos bipolares. En Feixas y Cornejo (1996); Alexander, Van Loggerenberg, Lotriet y Phahlamohlaka (2010) se utiliza para identificar tanto coincidencias como disidencias en un grupo de investigadores. Dicha grilla permitió limpiar conceptos y organizarlos en una matriz (Kelly afirma que las personas buscan encajar las experiencias del mundo en constructos cognitivos). Se define como un constructo a una categoría descriptiva que permite clasificar los acontecimientos y que representa la percepción de la realidad. Se generó una matriz de datos conocida como Matriz de Kelly.

La técnica en cuestión utilizada es un instrumento de evaluación de las dimensiones y estructura del significado personal que se deriva de la "Teoría de los Constructos Personales", estas dimensiones o elementos son los aspectos relevantes en el contexto que se está evaluando. Esta matriz empleada: Matriz de Kelly, es un sistema bidimensional de elementos y constructos donde los mismos están interceptados entre sí. Los elementos están ubicados en la parte superior de la matriz: columnas, y los constructos en las filas.

A partir de la teoría de Kelly, los constructos bipolares fueron un importante mecanismo para organizar, simplificar e interpretar el "entorno".

En la matriz de la Tabla 2 se observan los constructos bipolares emergentes (positivos) a la derecha y los constructos bipolares opuestos (negativos) a la izquierda de cada fila.

Tabla 2. Matriz con Constructos Bipolares

	Elemento 1	Elemento 2	
Constructo Negativo 1			Constructo 1 Positivo 1
Constructo Negativo 2			Constructo 2 Positivo 2

Como se mencionó anteriormente, los subsistemas están relacionados entre sí, en este caso se realizó a través del Método de Contexto Mínimo donde *Kelly* plantea la técnica de la tríada: evaluando tres elementos describir una característica común a dos de ellos (medida de similitud), y que a su vez los diferenciara del tercero (medida de contraste), de esta manera se tomaron dichas medidas como valores de bipolaridad, reflejando la posibilidad de moverse en la misma dimensión entre dos valores identificados, ayudando así a validar los constructos expuestos.

2.2 Técnica de mapa cognitivo compartido

Aunque la técnica propuesta por SODA claramente son los mapas cognitivos, la utilidad de la aplicación en su máxima expresión ha sido cuestionada en investigaciones. La necesidad real de un mapa cognitivo compartido fue analizada por *Langfield-Smith* ([Langfield-Smith, 1992), concluyendo que la capacidad para mantener ese nivel de creencias colectivas es transitoria, y por lo tanto no resulta crítico para el proceso de toma de decisiones. Un componente clave, sin embargo, se refiere al construccionismo ejercitado por el grupo en la creación del mapa cognitivo, como un aspecto a ser preservado (Martínez Sánchez, 2005).

En términos de economías, un mapa cognitivo colectivo derivado a partir de la agregación de los mapas cognitivos individuales puede contener unos 1000 nodos, lo que representaría en la mayoría de los casos una sobreingeniería de la actividad de mejora. Siendo en estos casos que involucran problemas como los descritos anteriormente en los que los participantes para la construcción del mapa comparten el conocimiento homogéneo del dominio, un subgrupo factible a tratar con la opción de *Repertory Grid* entre otras técnicas para construir el mapa grupal, sin pasar primero por la construcción de los mapas individuales y luego construir el mapa grupal (Kerievsky, 2002).

Nuestra fundamentación para sustituir la generación de mapas cognitivos individuales por una dinámica de grupo tiene su base en el

tipo de objetivos y grado de impacto de los proyectos de mejora continua.

La mejora continua, si bien cumple con las características de los problemas complejos, tiene tres características que son intrínsecas al dominio y que generan un pre-acuerdo entre decisores:

- La mejora implica una ganancia sobre la situación actual, y el retorno de inversión puede estimarse.
- Los decisores pueden variar su grado de compromiso con el proyecto, y en general, sus responsabilidades primarias incluyen tangencialmente la mejora.
- Hay una baja fragmentación de la visión.

El mapa cognitivo compartido como herramienta de soporte a la estructuración tiene como objetivo principal el relevamiento, acuerdo y consenso que potencialmente puede lograrse a partir de la conducción del grupo en una situación concreta y particular a fin de obtener una visión compartida acerca de dicha situación (Alles, 2000; Alles, 2002; Levy-Leboyer, 1997; Gasalla, 2004).

2.3 Experiencia

La experiencia se desarrolló durante una jornada completa, en 3 fases específicas y de diferente duración.

En la primera fase se realizó una intervención informal a través de una discusión y debate acerca de la situación actual y características de los procesos de desarrollo de *software* extraídos de la industria, así como experiencias anteriores en el área de desarrollo de *software* científico-técnico. El objetivo principal de esta fase fue promover la interacción del grupo para que construyan consenso como observadores del problema. Seguido, los entrevistados expresaron como participantes cómo ven los procesos de desarrollo de *software* en los que son actores y cumplen algún rol, utilizando lenguaje coloquial con marcada tendencia técnica, como era de esperarse. Para esta actividad los facilitadores de este taller trataron de atemperar los liderazgos más fuertes y alentar los más tranquilos, de forma que el equipo de trabajo fuera una estructura plana y sin atractores.

Se capturaron las frases/conceptos/ideas más representativas. Para esta actividad se decidió utilizar la técnica de *card sorting* ([Rugg y McGeorge, 2005), a fin de categorizar los contenidos agrupando y asociando entre sí un número predeterminado de tarjetas (4 por persona) etiquetadas con las diferentes categorías temáticas

(surgidas de la interacción y el acuerdo entre los participantes como grandes agrupaciones de aspectos: Metodología, Soporte, Capacitación y Gestión).

Cada participante completó las 4 tarjetas mencionadas consignando en ellas características/percepciones de la situación de los procesos de desarrollo. De esta manera, partiendo del comportamiento de los propios participantes, se organizó la información conforme al modelo mental de los mismos. Con esta aplicación del concepto de clasificación se logró manejar y reducir la información compleja acerca de la realidad del desarrollo de *software* científico-técnico, con la finalidad de mejorar la comprensión del entorno, generando así categorías cognitivas, es decir, un conjunto de concepciones intelectualmente organizadas que referencian la realidad del sujeto, tales como las dificultades que el desarrollador asume, considera y percibe críticas en su proceso de construcción, y que conforman así los grupos cognitivos.

En la segunda fase del taller se utilizó la *Repertory Grid* de *Kelly*, que permitió limpiar conceptos y organizarlos en una matriz de datos. Los mismos debieron ser representativos de lo que está sujeto a análisis, homogéneos y lo más precisos posibles. Esta matriz empleada: Matriz de *Kelly*, es un sistema bidimensional de elementos y constructos: los elementos están ubicados en la parte superior de la matriz: columnas, y los constructos en las filas.

Como se mencionó anteriormente, los subsistemas están relacionados entre sí a través del Método de Contexto Mínimo y la técnica de la tríada: la misma consistió en presentar al individuo tres elementos y pedirle que describiera una característica común a dos de ellos, y que a su vez los diferenciara del tercero, de esta manera se tomaron dichas medidas como valores de bipolaridad, reflejando la posibilidad de moverse en la misma dimensión entre dos valores identificados, ayudando así a validar los constructos expuestos. Por ejemplo, la rotación en los cargos directivos caracteriza a las actividades de Gestión y Metodología, no en la misma medida que las actividades de Soporte.

Paso siguiente se completó la matriz con valores. Esta matriz construida en el taller representó los constructos obtenidos conjuntamente entre todos los participantes. Se organizaron en las columnas los elementos: Metodología, Soporte, Capacitación y Gestión identificados en la fase 1, en las filas se ubicaron las ideas extraídas también en la fase anterior, mostrando las proposiciones positivas a la derecha y las negativas a la izquierda, luego se

completaron los espacios faltantes (ya sea a la derecha o a la izquierda). Posteriormente, de acuerdo a una escala, se categorizó cada elemento en función de la valoración realizada sobre cada constructo según se observa en la Tabla 3, es decir, se consensuó la medida en la que dicha característica se presenta en un elemento en la realidad de los participantes.

Tabla 3. Matriz Grupal Resultante obtenida

	M	C	S	G	
Falta de experiencia	6	1	6	1	Mayor capacitación
Conocimientos básicos	1	6	2	6	Capacitación especializada
Objetivos estratégicos confusos	1	6	1	6	Objetivos estratégicos claros
Ausencia procedimientos y pautas de trabajo	5	5	1	6	Procedimientos y pautas de trabajo claras
Falta de planificación de las actividades	5	1	6	1	Llevar metodologías de ejecución
Inestabilidad de los plazos	6	2	6	1	Estabilidad de los plazos
Escases de herramientas y recursos	4	5	5	5	Documentar de manera ágil
Resistencia al cambio por parte de las personas	4	2	2	5	Personas proactivas
Alta rotación de cargos directivos	4	1	1	6	Poca rotación de cargos directivos
Presupuestos bajos	1	6	6	2	Presupuestos más altos

Referencias: M=Metodología, C=Capacitación, S=Soporte y Gestión

La tercera fase abarcó la construcción de un mapa cognitivo colectivo. Como era de esperarse, el resultado presentó un alto nivel de consenso.

A partir de las ideas (constructos) obtenidos en la fase anterior se generó el mapa cognitivo grupal: se ubicaron los conceptos y se relacionaron entre sí, nuevamente a partir de la discusión y consenso grupal. Se expresaron en forma de acciones deseables positivas.

Para la construcción y elaboración del mapa se utilizó el enfoque “escalonado hacia abajo”, es decir, trabajando desde las opciones

hacia la meta: la mejora de la calidad de productos *software*. Esto es, a partir de la matriz de Kelly se tomaron los valores positivos de la derecha y se ordenaron a partir de la interacción con los participantes, llegando a la meta del equipo.

Como resultado se posicionaron en las colas las potenciales acciones/aspectos a considerar y sobre los cuales accionar para lograr la mejora objeto de realización de este taller, según se muestra en la Figura 1.

De esta forma, conocimiento compartido de los objetivos estratégicos, enfoque en la capacitación, aplicación de presupuestos acordes, etc. son las acciones a considerar sobre las cuales la ejecución de acciones terminaría impactando en la situación inicialmente planteada.

Figura 1: Mapa Cognitivo Grupal obtenido



3. CONCLUSIÓN

La situación problema identificada en este trabajo, está dentro de la categoría de problemas complejos, pero con las particularidades de las iniciativas de mejora continua.

En ese contexto se realizó una experiencia de intervención basado en SODA adaptado, donde se realizó una modificación en el empleo de los mapas cognitivos. De esta manera, las expectativas de identificación y priorización de las áreas de mejora más críticas o sensibles fueron cumplidas y consensuadas, y toda la actividad pudo llevarse a cabo en una jornada.

La adaptación de las técnicas para abordar este tipo de problema permite la utilización de técnicas y herramientas acorde a los niveles de inversión y retorno esperado de los proyectos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexander P., Van Loggerenberg J., Lotriet H. y Phahlamohlaka J. (2010): The Use of the Repertory Grid for Collaboration and Reflection in a Research Context. *Group Decision and Negotiation*, vol. 19, pp. 479-504.
- Alles M. A. (2000): Dirección Estratégica de Recursos Humanos. Gestión por competencias. Ediciones Granica S.A., Argentina.
- Alles M. A. (2002): Desempeño por Competencias. Ediciones Granica S.A., Argentina.
- Anderson J. R. (1985): *Cognitive Psychology*. Foreman. Nueva York, USA.
- Carver J., Kendall R., Squires S. y Post D. (2007): *Software Development Environments for Scientific and Engineering Software: A Series of Case Studies*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA.
- Chalmers A. (1982): *What is this Called Science?.* Open University Press, Milton Keynes, UK.
- Eden C. y Ackermann S. (1998): Using Repertory Grid for Problem construction. *European Journal of Operational Research*, vol. 35 (9), pp779-790.
- Feixas G. y Cornejo J. M. (1996): *Manual de la Técnica de la Rejilla mediante el Programa Record v.2.2*. Paidós, Barcelona, España.
- Gasalla J. M. (2004): *La Nueva Dirección de Personas*. Ed: Pirámide, Madrid.
- Georgiou, I (2010): *Cognitive Mapping and Strategic Options Development and Analysis (SODA)*. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Cochran J. J., Copyright John Wiley & Sons, Inc.
- Kelly D. y Sanders R. (2008): *Assessing the Quality of Scientific Software*. *First International Workshop on Software Engineering for Computational Science and Engineering*. Leipzig, Alemania.

- Kelly G. A. (1955): *The Psychology of Personal Constructs*. Norton and Company, N. York.
- Kerievsky J. (2002): *Stop Over-Engineering! Software Development*, vol. 10, Nº 4.
- Langfield-Smith K. (1992): *Exploring the Need for a Shared Cognitive Map*. *Journal of Management Studies*, vol. 29(3), pp. 249-368.
- Lemke F., Clark M. y Wilson H. (2011): *Customer Experience Quality: An Exploration in Business and Consumer Contexts Using Repertory Grid Technique*. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Disponible en web.
- Levy-Leboyer C. (1997): *La Gestión de las Competencias*. *Gestión 2000*, Barcelona, España.
- Martínez Sánchez B. (2005): *Estructuración Cognitiva del Mundo Vocacional*. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia, Servei de Publicacions.
- Rosch E. (1978): *Principles of Categorization*. Publicado en Rosch y Lloyd *Cognition and categorization*. Lawrence Erlbaum Associates pp. 24-48, New Jersey, USA.
- Rosenhead J. y Mingers J. (2001): *Análisis Racional Reestudiado para un Mundo Problemático: Métodos para Estructurar Problemas en Condiciones de Complejidad, Incertidumbre y Conflicto*. IVEPLAN Instituto Venezolano de Planificación, Caracas, Venezuela.
- Rugg G. y McGeorge P. (2005): *The Sorting Techniques: a Tutorial Paper on Card Sorts, Picture Sorts and Item Sorts*. *Expert Systems*, vol. 22, Nº 3.
- Sáez Martínez F. J. (2005): *Las Configuraciones Cognoscitivas como Herramienta de Análisis de la Estructura Sectorial*. Publicado en *Revista europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 14 Nº3, pp. 111 – 134.
- Segal J. (2007): *Some Problems of Professional End User Developers*. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VLHCC), Coeur Alene, Idaho, USA.
- Segal J. (2008): *Scientists and Software Engineers: a Tale of Two Cultures*. PPIG University of Lancaster, UK.
- Snowden D. y Boone M. (2007): *A Leader's Framework for Decision Making*. *Harvard Business Review*.

- Stewart V. y Stewart A. (1981): Business Applications of Repertory Grid. McGraw-Hill Book Company. Berkshire, England.
- Zanazzi J., Conforte J., Boaglio L., Dimitroff M. y Carignano C. (2008): Problemática de Trabajo en Equipo. Metodología para el Análisis Conjunto. I ERABIO (Encuentro Regional Argentino Brasileiro de Investigación Operativa) - XXI ENDIO. Posadas, Argentina.
- Zanazzi J., Salamon A., Cabrera G., Gonzalez A. y Pedrotti B. (2011): La Investigación Operativa Soft en la Estructuración de Problemas Vinculados con la Orientación Vocacional. XXII EPIO - XXIV ENDIO. Rio Cuarto, Córdoba, Argentina.

ASPECTOS DE CALIDAD EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE DISTRIBUÍDO APLICANDO INTEGRACIÓN CONTÍNUA

ALICIA GUILLERMINA SALAMON
JOSÉ DOMINGO CUOZZO
MARÍA ALEJANDRA BOGGIO
LAURA BOAGLIO
SOFÍA PÉREZ

Palabras clave: Mapa Cognitivo Compartido, Integración Continua

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una experiencia desarrollada por los autores en una empresa de servicios informáticos dedicada al desarrollo global de *software*.

Esta compañía implementa como parte de su proceso de desarrollo de ciertos productos, un modelo de referencia de Integración Continua configurado y adaptado al proyecto. Esta arquitectura de Integración genera datos que pueden ser analizados. Este es el inicio del trabajo: los datos que fueron derivados del proceso de integración y de la experiencia de los líderes de proyecto en el desarrollo de *software* distribuido, para identificar características que afectan la calidad del producto *software*.

En este modelo de trabajo la empresa proveedora de servicios necesita desempeñarse eficaz y eficientemente, buscando la continua satisfacción del cliente, de manera que el *software* sea de calidad y el desarrollo rentable para la empresa.

Esta forma de trabajo tiene características particulares que se evidencian en sus diferentes configuraciones: descentralización geográfica, flexibilidad, actualización permanente de tecnología informática, conformación de equipos de trabajo con alta variabilidad dentro del grupo y entre los grupos, conformación de equipos de alto desempeño para proyectos de innovación, gestión de los grupos a través de líderes, sistemas de comunicación intra-organización y empresa-cliente sofisticados en términos de su gestión; todos estos aspectos generan en los empleados una variabilidad significativa en sus comportamientos ante escenarios similares.

Actualmente, gran parte de los proyectos de *software* se desarrolla en entornos distribuidos geográficamente (*Braun 2007*), esto significa un cambio en el proceso de gestión de los recursos humanos, es decir, de los equipos que desarrollan *software*, como así también un cambio en la gestión del proyecto, con el propósito de obtener una mayor productividad y calidad de los productos.

La gestión del proyecto resulta un desafío que tiene que asumir los responsables del mismo, y de su buen desempeño depende el éxito del proyecto. Entre estos desafíos los líderes enfrentan escenarios de gran complejidad, con riesgos propios de este tipo de proyectos, gestión de cadenas de equipos codependientes y nivel de congruencia entre los requisitos de coordinación del proyecto y las actividades de coordinación que realmente se están realizando en el mismo. La gestión de los equipos de trabajo muchas veces depende de la experiencia que tengan los responsables del equipo en la ejecución de la tarea. En este sentido los principales desafíos se centran en la comunicación, en la coordinación y en el control del proyecto, aspectos estos que se acentúan debido a la distancia geográfica (puntos geográficos distintos), distancia temporal (diferencias de usos horario) y distancia socio-cultural, haciendo referencia esta última a la comprensión de las costumbres del otro, que de no lograrse podría generar conflictos entre los miembros del equipo de desarrollo (*Conchúir, 2010*), esto llevaría a causar retrasos en las entregas de los productos. Esta distribución geográfica de los equipos genera obstáculos en el desarrollo del producto *software*, tales como la imposibilidad de realizar reuniones frecuentes para coordinar debido a que no hay solapamiento de horario de trabajo entre equipos distantes, situación ésta que debe reemplazarse contando con documentación adecuada y disponible, por ejemplo, en un espacio virtual común al que todos los integrantes del equipo puedan acceder. En casos en los que el equipo trabaja en horarios solapados, es posible utilizar tecnología para realizar videoconferencias o *call conference* a fin de concretar reuniones de coordinación. Con la intención de mejorar el trabajo de los equipos que desarrollan *software* globalmente, en los últimos años han surgido nuevas prácticas y herramientas que tienden a satisfacer estas necesidades. Actualmente las distancias se han reducido gracias al uso de la tecnología adecuada y la mejora del proceso *software* en entornos distribuidos.

La consultora está actualmente utilizando este procedimiento de Integración Continua con el objetivo de reducir los tiempos de algunas actividades a través de la automatización (Brooks, 2008).

La Integración Continua (Fowler, 2006) es uno de los temas que está ocupando un lugar cada vez más importante en las actividades de construcción de *software*. Se trata de una práctica que comienza con la organización de los proyectos en una estructura de directorios adecuada para establecer el orden de ejecución de los componentes de un proyecto (incluyendo casos de prueba), y así permitir la construcción correcta del *software* cuando se ejecuta el proceso de integración, logrando que el mismo sea transparente para el equipo de desarrollo.

En este trabajo se expone el desarrollo de una propuesta metodológica que facilite la identificación de aspectos que inciden en la Calidad del producto *software* desde la perspectiva de la experiencia de los líderes de proyecto y de algunos de los datos derivados del proceso de Integración Continua. El proceso de desarrollo de *software* distribuido que lleva adelante la Consultora se puede visualizar en un entorno de decisión en grupo. El equipo de decisión, en este caso los líderes de proyecto de acuerdo a su percepción fundada en su conocimiento y experiencia en la implementación del procedimiento de Integración Continua como parte del proceso para desarrollar *software* de forma global, es quien aporta los aspectos a considerar en el seguimiento de los proyectos *software* en el marco de su gestión.

Para abordar el problema presentado en este trabajo se realizaron entrevistas a los líderes de proyecto y a los equipos de desarrolladores de *software* en la empresa, con el objetivo de elicitar la manera en que se ejecuta el proceso de desarrollo de *software*, como así también el impacto en la organización, en el proceso de desarrollo y en el equipo. Es necesario considerar la integración de diversos aportes: la técnica SODA desarrollada por *Eden & Jones* (1981, 1984) y la Técnica del Mapa Oval (TMO) de *Eden & Ackermann* (1998) y *Bryson* (1995) adaptada para identificar los factores que el equipo de decisores considera importante.

Este trabajo presenta en la Sección Desarrollo los recursos metodológicos involucrados, la descripción de un mecanismo de Integración Continua y la aplicación del mismo en la empresa foco de este estudio en particular. A continuación se describe la aplicación de SODA adaptado con la técnica de mapa oval en la empresa

mostrando una sección del mapa obtenido, para luego presentar los resultados.

Por otra parte, se hace constar que este capítulo se origina a partir del trabajo presentado en carácter de full paper en el III Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAISI 2015) organizado por la red de carreras de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (RIISIC) perteneciente al CONFEDI que se realizó en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. DESARROLLO

2.1. Recursos metodológicos

Para abordar la problemática planteada se utilizó como marco conceptual SODA, que es una técnica para la estructuración de problemas elaborada en la segunda parte de la década del 70. El enfoque de SODA se basa en la subjetividad, es decir, la experiencia y conocimiento de los integrantes del equipo decisor son un elemento clave para el desarrollo de decisiones confiables y sustentables. La estructuración del problema planteado en este trabajo sigue los lineamientos de la “Teoría de los Constructos Personales (TCP)” de *Kelly* [8]. Esta teoría sostiene que las personas construyen su mundo individual conforme a la interpretación personal que hacen del mundo exterior.

Una de las herramientas clásicas de SODA son los mapas cognitivos, a nivel individual y colectivo. En este trabajo se aplica una modificación a SODA con TMO. La diferencia radica en que no se construyen los mapas individuales, sino que se diseña una dinámica de intervenciones para favorecer la construcción en grupo de un mapa cognitivo con el equipo decisor de la empresa. Esta metodología reconoce que cada persona tiene una visión propia de una situación problemática, visión que puede reorientarse a través de un proceso de aprendizaje. Su aplicación debe posibilitar el reconocimiento de las opiniones de los otros, la comparación e identificación de visiones comunes para resolver la situación en cuestión.

A continuación se realiza una descripción de las intervenciones que se realizaron en la Consultora, esto es, se describe el taller que se llevó a cabo con los responsables de la gestión de los proyectos con el objetivo de explorar la problemática planteada utilizando como herramienta un mapa cognitivo compartido. La TMO es una buena opción para hacer aflorar y estructurar las ideas del grupo de decisión, ya que permite realizar este trabajo en una sola sesión, aunque no se alcance la profundidad de las entrevistas individuales, en la construcción de los mapas cognitivos es posible involucrar hasta 12 participantes en la sesión. De todas maneras, *Eden & Ackermann* (1998) y *Bryson* (1995), en el desarrollo de la TMO recomiendan que el grupo sea hasta 8 participantes.

Las pautas de trabajo con la técnica del mapa oval son

:

- La pregunta clave se fija en la parte superior del pizarrón.
- Se solicita ajustarse a una sola declaración por óvalo/nodo y utilizar de 8 a 10 palabras por declaración.
- No está permitido quitar el óvalo/nodo de otro participante, aunque no se esté de acuerdo.
- Se clasifican y estructuran los aportes de cada participante.
- La vinculación del material son relaciones causales (de medios-fines u opciones- resultados).

Con esta técnica se construye un mapa con el grupo, los participantes pueden ver los diferentes aportes y analizar cómo ensamblarlos. Como resultado, se puede obtener de forma rápida una visión común compartida, en este caso, entre los 8 participantes de la sesión.

El taller se divide en 3 fases:

- Fase 1: se realiza una explicación sobre el desarrollo del taller y las actividades a desarrollar.
- Fase 2: se acuerda la redacción de la/s pregunta/s clave/s que brindan el foco para la sesión de la TMO. Luego se realiza la estructuración de los aportes de los participantes, esto es, a medida que cada decisor expresa sus ideas, el facilitador debe colaborar con el proceso de agrupamiento de estos aportes. La identificación de cada agrupamiento no siempre es inmediato.

- Fase 3: a partir de la clasificación obtenida en la segunda fase comienza el proceso de vinculación de las diferentes declaraciones en cada agrupamiento, es decir, se inicia la elaboración del mapa en forma compartida. Este mapa se construye en forma escalonada hacia arriba, es decir trabajando desde las opciones hacia las metas, según definición de *Eden & Ackermann (1998)*.

De las entrevistas con los líderes de proyecto y con los desarrolladores se ha obtenido la información referida al procedimiento de Integración Continua necesaria para reconstruir el proceso realizado por el equipo de proyecto. El funcionamiento estándar de dicho proceso y el implementado en la consultora se describen a continuación.

2.2. El proceso de integración continúa

La integración continua es una práctica en la cual los miembros de un equipo de desarrollo “integran” (compilan y ejecutan) los distintos componentes de un proyecto con una frecuencia especificada. Esto se debe a que los proyectos *software* se componen de gran cantidad de archivos que deben ser integrados para construir el/los producto/s. Cada integración se realiza de forma automática (incluyendo sus casos de prueba) con el fin de detectar errores de integración lo antes posible. Según *Martin Fowler*, muchos equipos de desarrollo han encontrado que este enfoque reduce significativamente los problemas de integración y permite que los equipos desarrollen *software* cohesivo más rápido.

La arquitectura del producto cobra relevancia en las empresas que desarrollan *software* de forma global, dado que esta modalidad de trabajo de equipos distribuidos y la descentralización geográfica, hacen que la arquitectura se convierta en un punto de referencia que guía el trabajo de los equipos.

La metodología que se utiliza para el diseño global de la arquitectura se divide en cuatro actividades que se ejecutan a nivel local y otras a nivel global. Estas actividades son: la determinación de requisitos de la arquitectura, el diseño local, la validación local y la validación e integración global de la arquitectura. La arquitectura se puede diseñar de forma colaborativa entre los nodos de trabajo (separados geográficamente), donde cada nodo individual involucrado en el proceso de desarrollo valida la arquitectura que

satisface los requisitos definidos y la integra (sin conflictos) dando lugar a la arquitectura global.

Un escenario típico de Integración Continua según *Hannay, MacLeod* [9] se compone de la siguiente manera:

- Primero, un desarrollador realiza un *commit* de su trabajo al repositorio de control de versión, a la vez que el servidor de Integración Continua verifica cambios en el repositorio cada cierto tiempo establecido y fijado de antemano.
- El servidor de integración continua detecta los cambios en el repositorio de control de versión, extrayendo el último *commit* o actualización que se ha realizado y ejecutando una *build script* que se encarga de integrar los distintos componentes del *software* en desarrollo.
- El servidor de integración continua genera *feedback* con los resultados del proceso de *building*, el cual es enviado a los miembros que se especifique del proyecto.
- El servidor de integración continúa revisando cambios en el repositorio de control.

2.3. Procedimiento de trabajo con integración continua en la consultora

Cada uno de los desarrolladores de los diferentes proyectos implementa una nueva funcionalidad o un cambio en el *software*, luego confirma su trabajo realizando un *commit* en el repositorio.

Cada cierto tiempo, que ha sido configurado, el servidor de integración continua (*Cruise Control* en este caso particular) busca modificaciones en el repositorio y procede a realizar la *build* o construcción con los componentes de cada uno de los proyectos. Si la construcción es exitosa se genera un producto que es almacenado en el directorio del proyecto en cuestión. Si la construcción ha sido fallida no se obtiene ningún producto final.

Los desarrolladores observan que este procedimiento permite visualizar el estado de las construcciones que se generan en el proceso de integración identificando posibles incidencias, y de esta manera, evitando que las mismas generen errores futuros en el proyecto. Además, *Cruise Control* permite que se publique la información de este proceso en un repositorio.

Este proceso se ejecutará de forma concurrente en todos los nodos involucrados en el diseño de la arquitectura, ejecutando cada

uno de ellos localmente el proceso y obtener una parte de la arquitectura global que se integra.

2.4. Aplicación de SODA adaptado con la técnica TMO en la empresa

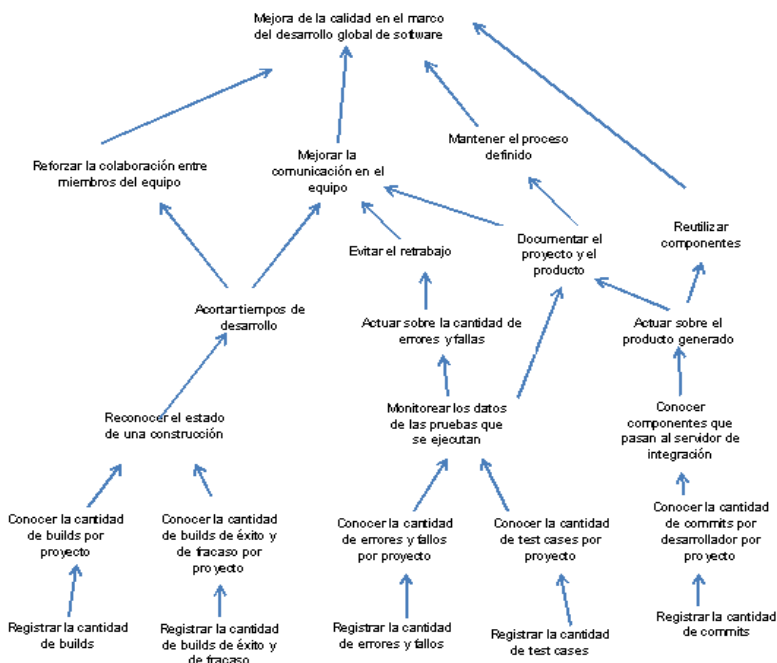
El taller se llevó a cabo en tres fases, en la primera se explicitó el desarrollo del taller, explicando cuáles iban a ser las tareas y las diferentes instancias de la jornada. *Ackermann* (1996) y *Phillips & Phillips* (1993) afirman que brindar claridad en las consignas y disponer en forma adecuada el escenario resulta fundamental para que el taller sea un éxito. A continuación, se presentó la técnica, se informó a los participantes del taller que ellos eran los que debían generar el material y que los facilitadores no agregarían ningún contenido.

En la segunda fase se llevó a cabo la exploración de conceptos para generar un mapa cognitivo colectivo preliminar. En esta actividad grupal se utilizó un pizarrón y tarjetas autoadhesivas, esta tarea se apoyó en las teorías de clasificación, que se centran en las categorías y en las relaciones jerárquicas entre conceptos. Esto es, las estructuras mentales de los individuos presentan un ordenamiento jerárquico de manera que cada grupo está incluido en otro de orden superior planteado por *Sáez Martínez* (2005) y, a su vez, aglutina a varios de orden inferior según *Rosch* (1978) y *Anderson* (1985). Ante la existencia de fuertes liderazgos entre los participantes, los facilitadores lograron equilibrar las participaciones, de manera que el equipo de decisión conformado por los líderes de proyecto fuera una estructura plana y sin detractores. Como resultado, se obtuvo un alto nivel de consenso en los conceptos componentes del problema. En la reunión se definieron preguntas que ayudaron a organizar la información. Se plantearon esencialmente dos interrogantes principales y disparadores en la sesión:

- ¿Qué medidas de la arquitectura de integración continua implementada contribuyen a la obtención de indicadores del proceso, del producto y del equipo?
- A partir de estos indicadores, ¿identifica acciones que pudieran tener impacto en la mejora de la calidad del producto desarrollado?

Cada uno de los integrantes del equipo de gestión expresó en un óvalo o nodo en la pizarra su idea o creencia con respecto a los interrogantes mencionados, expresándose en forma de acciones deseables. A partir de los conceptos expuestos en la pizarra, se realizó la tercera fase del taller, logrando la elaboración compartida entre los líderes de proyecto del mapa cognitivo. En la siguiente figura se presenta una sección del mapa cognitivo resultante en este taller:

Figura 1: Sección del Mapa Cognitivo Compartido Resultante



Para la confección del mismo se tuvo en cuenta la meta, esto es, apuntar a la mejora de la calidad del producto *software* a partir de la evaluación de los datos generados en el entorno de Integración Continua y extraídos de la actividad de los roles involucrados en dicho proceso (Salamon y otros, 2014; Salamon A y otros, 2015).

El enfoque que se utilizó para trabajar el mapa cognitivo con los líderes de proyecto fue el escalonado hacia arriba en el cual se planteó la meta y se identificaron las submetas, que amplían la

cadena de metas hacia “arriba”, es decir, hacia niveles superiores de la jerarquía. Este proceso se repitió hasta que el grupo acordó que el nuevo nivel no tiene consecuencias e implica algo bueno y esclarecedor para el tema planteado.

El punto de partida fueron las fuentes de datos a partir de los archivos generados por el servidor de integración y del sistema de control de versiones, en este modelo se trabaja con espacios sincronizados.

Las fuentes de datos conducen a una submeta 1, para lograr esto se planteó al grupo la pregunta acerca de qué datos se generaban en el sistema de control de versiones y en el servidor de integración a partir de la actividad de los desarrolladores y de los ingenieros de pruebas que pudieran ser analizados. Posteriormente se generó la submeta 2 con la ayuda de preguntas para explicitar la información que surge como resultante del registro y de la forma de trabajo con la arquitectura de Integración Continua a partir de la actividad del equipo de desarrollo. Esto corresponde al interés de un líder de proyecto, quien debe hacer un seguimiento de la calidad del producto, como así también controlar los recursos implicados en el desarrollo del mismo; en este rol resulta relevante conocer la cantidad de construcciones generadas por proyecto y el tiempo que insume dicha tarea de construcción, la cantidad de *builds* exitosas de cada proyecto sobre el total de *builds*, la cantidad de *builds* que resultaron en fracasos de cada proyecto, como así también monitorear la cantidad de *test suite* por proyecto y la cantidad de casos de prueba que mostraron fallas del proyecto y aquellas que se ejecutaron con éxito, el tiempo en que se genera un código sin errores listo para pasar al servidor de integración, la cantidad de componentes de código que se pasan al servidor de integración y la cantidad de *commit* realizados por los desarrolladores en cada proyecto.

A partir de las anteriores surgió el siguiente nivel, explicitando, cuáles son los aspectos percibidos por los líderes de proyecto que se deben mejorar, atender y/o corregir en la gestión de proyecto. Esto resultó en acortar los tiempos de desarrollo, evitar el retrabajo, mantener el proceso definido, mejorar la comunicación en el proyecto, mejorar aspectos relacionados con la documentación del proyecto, compartir experiencias en el equipo de proyecto, medir el rendimiento (calidad y productividad) del equipo, mejorar la colaboración en el equipo, disminuir las tareas rutinarias.

Los aspectos percibidos por los líderes de proyecto fueron ordenados y clasificados, y desde la perspectiva de la construcción

global de *software* se observan factores que impactan en el proceso, en el equipo de desarrollo y en la organización. Esto se ha sintetizado en la clasificación en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de Factores y su Impacto

Categoría	Impacto
Organizacional	Permite compartir las mejores prácticas (activo organizacional).
	La comunicación se ve favorecida
Equipo	Permite modularizar el trabajo.
	Refuerzo en la colaboración entre los miembros del equipo de trabajo multiculturales.
	Aumenta la eficacia y eficiencia del trabajo del grupo.
	La gestión evita el retrabajo.
Proceso	Mejora la comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo.
	El proceso está definido
	Mejora la documentación del proyecto.
	Se acortan los tiempos de desarrollo.

2.5. Resultados

La arquitectura de Integración continua implementada en la empresa foco de este trabajo permite a los decisores estar informados sobre el estado del producto *software* y la evolución del mismo en todo momento, brindando retroalimentación del mismo. En este taller, y a partir de las medidas obtenidas en dicho entorno, se lograron identificar prácticas que afectan la calidad del producto *software* desarrollado, como así también ordenarlos y clasificarlos en tres categorías: factores relacionados al proceso de desarrollo, al equipo de trabajo y a la organización. Estas categorías agruparon los aspectos que surgieron y que se identificaron relevantes en el

proceso. Estos aspectos se fueron conceptualizando a partir de medidas o datos que se registran de forma automática en las herramientas del entorno de Integración Continua en producción.

Esta experiencia resultó en el reconocimiento del dominio del problema plasmado en un primer mapa cognitivo compartido que se fue construyendo con el grupo de participantes mientras se ensamblaban los diferentes aportes de cada uno de ellos con la base de los datos registrados en el entorno de Integración Continua, y una comprensión compartida del problema en cuestión desarrollada por los decisores, que les ha permitido trabajar como equipo.

3. CONCLUSIONES

Este trabajo describe una experiencia de aplicación de mapas cognitivos adaptados en una empresa dedicada al desarrollo global de *software*. Se comprobó la pertinencia de la metodología utilizada para abordar el tratamiento de una situación problemática que se presenta compleja y requiere de herramientas muy flexibles.

La dinámica de grupo utilizada en el presente trabajo generó un entorno de aprendizaje constructivista, logrando que los participantes adquieran mayor compromiso con el resultado del taller y aumentando así la posibilidad de completar acciones futuras con la base de las prácticas manifestadas en el mapa. En la experiencia llevada a cabo en este trabajo han surgido factores importantes referidos a los recursos humanos, tales como la motivación personal, las habilidades de los recursos humanos y la clara definición de funciones y responsabilidades. Los procesos de desarrollo y gestión deben ser adaptados a la complejidad de este tipo de desarrollos en los que fundamentalmente el equipo trabajan de forma distribuida, con la finalidad que los mismos aumenten su cohesividad se organicen para el cumplimiento de los objetivos a partir de la comunicación, coordinación y control. Para esto se deben tener en cuenta aspectos adicionales como la estrategia de asignación en distintas localizaciones o a los distintos equipos distribuidos. Importante presencia en este sentido tiene actualmente la infraestructura tecnológica. A partir de esta intervención se destaca el aporte de la generación de un espacio de reflexión para los responsables de la gestión. Por un lado se logró que los líderes de proyecto conformaran una visión más clara de la situación caracterizada por la ejecución de proyectos de *software* desarrollados

de forma global, y por otro se hicieron tangibles las cuestiones ocultas y presentes en el contexto en el cual se desenvuelven.

El trabajo a futuro de este equipo de docentes investigadores consiste en profundizar el estudio de la arquitectura de integración continua aplicada al Desarrollo Global de *Software* a partir del registro de la experiencia en diferentes proyectos abordados por la consultora, como así también la definición de estrategias que posibiliten la mejora en la calidad del producto *software* a partir de las lecciones aprendidas y de nuevos análisis surgidos de las implementaciones anteriores.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackermann P. L. (1996): A Theory of Adult Intellectual Development: Process, Personality, Interests and Knowledge. *Intelligence*, 22,227-257.
- Anderson J. R. (1985): *Cognitive Psychology*. Freeman, Nueva York.
- Brooks G. (2008): Team Pace Keeping Build Times Down. Agile. Agile 08 Conference.
- Bryson J. (1995): *Strategic Planning Public and Nonprofit Organizations*. CA: Jossey Bass, San Francisco.
- Conchuír E. (2010): *Global Software Development: A Multiple-case Study of the Realization of the Benefits*. University of Limerik, Ireland.
- Eden C. y Ackermann S. (1998): *Making Strategy: The Journey of Strategic Management*. Sage Publications, London.
- Eden C. y Jones S. (1984): Using Repertory Grid for Problem Construction. *European Journal of operational research* vol. 35 (9), pp. 779-790.
- Eden C., Jones S. D. y Sims T. (1981): Facilitating Problem Definition in Teams. *European Journal of Operational Research* vol. 6 (4), pp. 360-366.
- Fowler M. (2006): Martin Fowler web page. <http://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html>. Disponible en web.
- Hannay J. E., Macleod C., y Singer J. (2009): *How Do Scientists Develop and Use Scientific Software?*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA.

- Kelly G. A. (1995): *The Psychology of Personal Constructs*. Norton and Company, N. York.
- Phillips L. y Phillips M. (1993): *Facilitated Work Groups: Theory and Practice*. *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 44 (6), pp. 533-542.
- Rosch E. (1978): *Principles of Categorization*. Publicado en Rosch y Lloyd: *Cognition and Categorization*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 24-48.
- Saez Martínez F. J. (2005): *Las Configuraciones Cognoscitivas como Herramienta de Análisis de la Estructura Sectorial*. Publicado en *Revista europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 14 (3), pp. 111 – 134.
- Salamon A y otros (2015): *Herramienta Integradora para la Mejora de la Calidad de Productos Software Desarrollados por Equipos de trabajo Distribuidos*. EPIO-ENDIO 2015, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- Salamon A, y otros (2014): *Automatización de la Generación de Indicadores para el Seguimiento de Proyectos*. CADI 2014, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Impreso en la
Asociación Cooperadora de la
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Córdoba
Septiembre 2016

