



INGENIERÍA Y CIENCIA PARA LA INNOVACIÓN

Compiladores
MSc. Dany Esteban Gallego Quiceno
Vicerrector de Académico – Sede Medellín



INGENIERÍA Y CIENCIA PARA LA INNOVACIÓN

Compiladores

MSc. Dany Esteban Gallego Quiceno
Vicerrector de Académico – Sede Medellín

Natalia Nachef
César Felipe Henao Villa
David Alberto García Arango
Gustavo Andrés Araque González
Elkin Darío Aguirre Mesa
Safiah Binti Sidek
Massila Kamalrudin
Diego Fernando Montaña Montoya
Herley Fernando Casanova Yepes
Wilson Isidro Cardona Galeano
Luis Fernando Giraldo Morales
Héctor Sahir Taborda Vargas
Francisco Valverde Alulema
Gina Mejía Madrid
Evandro Bonetti
Rodney Wernke
Antonio Zanin

Coordinación Editorial

MSc. Jovany Sepúlveda-Aguirre
Director Editorial y de Publicaciones – Sede Medellín

Libro resultado de investigación, realizado a partir del trabajo colaborativo entre grupos de investigación y el desarrollo de propuestas que contribuyen al fortalecimiento de los indicadores de generación de nuevo conocimiento en la Ingeniería.

620.0072
C822

Corporación Universitaria Americana. (2018). Ingeniería y ciencia para la innovación. Dany Esteban Gallego Quiceno (Comp.). Medellín: Sello Editorial Coruniamericana.

153 Páginas: 16X23 cm.
ISBN: 978-958-56674-7-1

1. LABOREO ORGÁNICO - 2. FORMACIÓN POR PROYECTOS -3. MODIFICACIÓN DE ARCILLAS NATURALES - 4. MODELOS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO- 5. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES- 6. SOFTWARE -

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA-CO /SPA /RDA
SCDD 21 /CUTTER - SANBORN

Corporación Universitaria Americana©
Sello Editorial Coruniamericana©
ISBN: 978-958-56674-7-1

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA
Presidente
JAIME ENRIQUE MUÑOZ

Rectora Nacional
ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

Rector - Sede Medellín
ALBERT CORREDOR GÓMEZ

Vicerrector General - Sede Medellín
CAMILO ANDRÉS ECHEVERRI GUTIÉRREZ

Vicerrector Académico - Sede Medellín
DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO

Vicerrector Nacional de Investigación
ASTELIO SILVERA SARMIENTO

Vicerrector de Investigación - Sede Medellín
LUIS FERNANDO GARCÉS GIRALDO

Sello Editorial Coruniamericana
selloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

Diagramación y carátula: Jairo Ricardo Galvis Arteaga
Corrección de estilo: INFOLIO/infolio@infoliotextos.com
1ª edición: mayo de 2018

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Coruniamericana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana y da cumplimiento al Depósito Legal según lo establecido en la Ley 44 de 1993, los decretos 460 del 16 de marzo de 1995, el 2150 de 1995, el 358 de 2000 y la Ley 1379 de 2010.

Pares evaluadores

Ph. D. Wilson Manuel Castro Silupu

Doctor en Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria por la Universidad Politécnica de Valencia España, tesis con la calificación de sobresaliente - mención Cum Laude; Maestro en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos por el Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IuIAD) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV)-España, obteniendo la calificación de matrícula de honor en la tesis de maestría; Ex-Becario del Programa Internacional de becas de la Fundación Ford.

Mg. Boris Mauricio Revelo Rendón

Ingeniero en Instrumentación y Control. Magister en Educación. Doctorante en Educación por Competencias. Instructor Cisco Networking Academy. Docente Universitaria por más de doce años. Apasionado por los proyectos de Robótica educativa, automatización y control de procesos enfocados a la aplicación en la educación.

Contenido

Introducción

Jovany Sepúlveda-Aguirre

Impacto sobre suelo de landfarming de biosólidos en la Provincia de Córdoba

Natalia Nacheff

Descripción del proceso de intervención a la estrategia de formación por proyectos en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana

César Felipe Henao Villa, David Alberto García Arango, Gustavo Andrés Araque González, Elkin Darío Aguirre Mesa, Safiah Sidek, Massila Kamalrudin

Modificación de arcillas naturales tipo montmorillonita para la obtención de nuevos materiales funcionalizados con potenciales aplicaciones industriales

Diego Fernando Montaña Montoya, Herley Fernando Casanova Yepes, Wilson Isidro Cardona Galeano, Luis Fernando Giraldo Morales

Generación de un modelo de pruebas en proyectos de business intelligence

Elkin Darío Aguirre Mesa; David Alberto García Arango; Gustavo Andrés Araque González; César Felipe Henao Villa; Héctor Sahir Taborda Vargas; Safiah Binti Sidek; Francisco Valverde Alulema; Gina Mejía Madrid

Estudio comparativo de los procesos de intervención a estrategias de aprendizaje en facultades de ingeniería de Medellín y el Area Metropolitana

César Felipe Henao Villa; David Alberto García Arango; Gustavo Andrés Araque González; Elkin Darío Aguirre Mesa; Safiah Sidek; Massila Kamalrudin

Los modelos operativos de gestión del conocimiento y su relación con la acreditación de programas de ingeniería: caso de estudio

David Alberto García Arango; Gustavo Andrés Araque González; Elkin Darío Aguirre Mesa; César Felipe Henao Villa; Safiah Sidek; Massila Kamalrudin

Proceso de extracción y almacenaje de características a partir de imágenes de huellas de mordida en el desarrollo de un software para la identificación de personas mediante procesamiento digital de imágenes

Elkin Darío Aguirre Mesa; Héctor Sahir Taborda Vargas; David Alberto García Arango; César Felipe Henao Villa; Safiah Binti Sidek; Francisco Valverde Alulema, Gina Mejía Madrid

Software para utilizar el costeo em base a actividades y tiempo (TDABC) en cooperativas de crédito: estudio de caso

Evandro Bonetti; Rodney Wernke; Antonio Zanin

Lista de tablas

Tabla 1. Resultados de monitoreo y mediciones. A	17
Tabla 2. Resultados de monitoreo y mediciones. B	18
Tabla 3. Propiedades termogravimétricas de los líquidos iónicos sintetizados	46
Tabla 4. Propiedades termogravimétricas de la Mt con los diferentes líquidos iónicos	48
Tabla 5. Valores d de espaciamiento de la Mt modificada con los diferentes LI	50
Tabla 6. Ciclo de vida en proyectos BI, a partir de la metodología CRISP-DM	72 -73
Tabla 7. Visión y Misión -Principios de la Universidad	97
Tabla 8. Objetivos generales de educación	99
Tabla 9. Datos obtenidos en la encuesta	122

Lista de gráficas

Gráfica 1. Calidad de suelo determinada antes de la ejecución del proyecto	15
Gráfica 2. Volcamiento de residuos sólidos en base seca	16
Gráfica 3. Condiciones climáticas periodo 2004-2009	23
Gráfica 4. Estructura laminar de la arcilla tipo TOT	38
Gráfica 5. Espectro FT-IR de la Mt natural sin modificar	43
Gráfica 6. FT-IR para la Mt natural y Mt + [Cl6MIm][Br] (izquierda) y Mt con diferentes líquidos iónicos con el anion Br- (derecha)	43
Gráfica 7. Análisis termogravimetrico de la Mt con líquidos iónicos basados en el 1-butil-3-metilimidazol con diferentes aniones (izquierda) y del hidroxí del 1-alquil-3-metilimidazol (derecha)	45
Gráfica 8. Análisis termogravimetrico de la Mt con líquidos iónicos basados en el tetrafluoroborato de 1-alquil 3-metilimidazol (izquierda) y el 1-hexadecil-3-metilimidazol con diferentes aniones (derecha)	47
Gráfica 9. Difracción de rayos de la Mt intercalada con los diferentes LI	49
Gráfica 10. Esquema de Datos en las Metodologías CRISP-DM y RUP	64
Gráfica 11. Flujo de Datos Metodología SEMMA	65
Gráfica 12. Ciclo de vida en Proyectos BI sin DQS	69
Gráfica 13. Ciclo de vida en Proyectos BI con DQS	69
Gráfica 14. Fases Ciclo de vida Metodología CRISP-DM interactivo	70
Gráfica 15. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM por fases	71
Gráfica 16. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM. Desglose jerárquico	71
Gráfica 17. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM y tareas asociadas a cada actividad -fase.	72
Gráfica 18. Fases o etapas en el modelo V	74

Gráfica 19. Objetivos de los cursos iniciales de Seminario de Proyectos en Ingeniería	90
Gráfica 20. Objetivos de los cursos actuales de Seminario de Proyectos en Ingeniería	91
Gráfica 21. La interacción entre el mundo y la universidad en la configuración del currículo	93
Gráfica 22. Los determinantes que conforman el Modelo Pedagógico	95
Gráfica 23. Diagrama de perspectivas del conocimiento según Habermas	111
Gráfica 24. Esferas discursivas como un factor operativo de la gestión del conocimiento	113
Gráfica 25. Imagen Original	134
Gráfica 26. Imagen estándar (3000 x 2000)	135
Gráfica 27. Canal rojo	136
Gráfica 28. Canal verde.	136
Gráfica 29. Canal azul	137
Gráfica 30. Threshold configurado	138
Gráfica 31. Threshold aplicado	138
Gráfica 32. Imagen binarizada	140
Gráfica 33. Dilatación y erosión	141
Gráfica 34. Imagen con Fill Holes	142
Gráfica 35. Imagen con segmentación Watershed	143
Gráfica 36. Extracción de características de piezas dentales	144
Gráfica 37. Tela para importação das contas contábeis a considerar	158
Gráfica 38. Tela de seleção das contas contábeis a considerar no cálculo do TDABC	158
Gráfica 39. Cadastramento das atividades e suas peculiaridades	159
Gráfica 40. Cadastro do período a abranger	162
Gráfica 41. Atualizar/buscar movimento contábil do mês	162
Gráfica 42. Atualização do movimento contábil	162
Gráfica 43. Resumo das informações de custos e capacidade dos setores no período	163
Gráfica 44. Importação da lista de atividades	164

Presentación

Para el ejercicio de la ingeniería, todo profesional que se desempeña en esta rama, debe profundizar en la investigación y en desarrollo de prácticas y conocimientos científicos, si aspira a establecer metodologías que le agreguen valor a su profesión.

Es así, como es importante entender que la ingeniería se fundamenta en el estudio y aplicación de la tecnología en sus diversas ramas, que implica el desarrollo de técnicas y teorías para el aprovechamiento y uso del conocimiento en el ámbito científico. En este sentido, la rama de la ingeniería en su combinación con la investigación científica, conlleva implícita una ventaja competitiva relacionada con la practicidad y aplicabilidad de procesos, de manera que se puedan resolver problemas reales, asumiendo soluciones prácticas y que se lleven a un nivel de detalle importante. Asimismo, la práctica de investigación en la rama de la Ingeniería le permite al profesional obtener un conocimiento inter y multidisciplinario, orientado a cada uno de los ámbitos específicos de la ingeniería, a decir, la ambiental, la industrial, la química, entre otras.

En otro sentido, cada país, sin excepción, debe tener niveles de innovación tecnológica importantes, que les permita ser competitivos. Esto sólo se alcanza cuando profesionales como los de Ingeniería, dentro de sus prácticas, involucran la investigación científica, de manera que le permita al país establecer una economía basada en conocimiento y en el desarrollo científico, lo que los lleva a abandonar la dependencia de los recursos naturales y a fortalecer las capacidades científicas y de Innovación.

El Estado colombiano, en sus nuevas disposiciones y reglamentaciones, ha formulado nuevas estrategias para fortalecer estas capacidades, entre ellas, consolidar el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y competitividad, siendo este último componente el que se busca darle mayor fuerza a través de la investigación científico – práctica, que llegue a resolver problemas reales de las empresas. Además, para lograr posicionar a Colombia ante la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se han realizado acciones dentro de cada uno de los organismos de gobierno relacionados con competitividad, para alcanzar así el reconocimiento de Colombia por su avance científico y de innovación.

Sin embargo, no es suficiente la iniciativa estatal en materia de investigación científica e innovación, ya que es necesaria una estrecha colaboración entre la academia y el sector empresarial, lo que desencadena el conocimiento y el abordaje de la problemática y ofrecer soluciones más ajustadas a sus necesidades.

En este texto precisamente, se dan a conocer los resultados de diferentes investigaciones en el campo de la ingeniería, realizadas en colaboración con empresas y entidades internacionales, de manera que se puedan establecer referentes importantes y que puedan servir para el desarrollo de nuevos trabajos para la ingeniería e incluso otras áreas relacionadas con la innovación empresarial.

MSc. Jovany Sepúlveda Aguirre
Director de Publicaciones

Corporación Unoiversitaria Americana, Sede Medellín

Impacto sobre suelo de landfarming de biosólidos en la Provincia de Córdoba

Natalia Nacheft¹

Resumen

El Laboreo orgánico extensivo (landfarming), es un método que permite la biodegradación de biosólidos y otros residuos, el material que se agrega mezclado con el suelo produce una interfase que estimula la actividad de microorganismos aeróbicos específicos. Estos son básicamente ayudados por la aireación inducida, por minerales y nutrientes que son partes del material agregado. Puede a su vez, ser considerado como un proceso de biorremediación, puesto que consiste en la transformación de residuos a compuestos orgánicos estables, CO₂ y agua, al ser utilizados por la flora bacteriana y fúngica como fuente de carbono y energía. El tratamiento en suelo debe contemplar especialmente que el residuo no contenga contaminantes persistentes y cuál es la relación entre el volumen de residuos y el área a ser tratada.

Palabras clave: biorremediación, biosólidos, impacto ambiental, landfarming.

1. Ingeniera Química, Especialista en Ambiente y Energías Renovables, docente de asesoramiento y consultoría ambiental, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. E-mail: natalie.nachef@wakefern.com

Introducción

La Argentina inició, desde hace algunos años, un acelerado proceso de intensificación de la producción de leche. Uno de los indicadores más relevantes del mismo fue el importante crecimiento del tamaño de los rodeos. Esta transformación de los sistemas productivos creó una problemática específica, contrastante con la que existía en los sistemas lecheros tradicionales. Una de las consecuencias fue el incremento de la cantidad de efluentes generados en las instalaciones de ordeño. El manejo de estos residuos resulta determinante para limitar su efecto negativo sobre el ambiente, la salud humana y la salud animal (Inta, 2002). La región pampeana argentina posee 4,9 millones de hectáreas y comprende al centro-sur de la provincia de Santa Fe, centro-este de Córdoba, centro norte de Buenos Aires, noreste de La Pampa y este de Entre Ríos, donde desarrollan sus actividades aproximadamente 40.000 establecimientos rurales. Esta región ha experimentado constantes y permanentes cambios, principalmente en las tres últimas décadas, donde se han producido con celeridad modificaciones relevantes en aspectos tecnológicos, sociales, económicos y culturales (Vitta et al., s.f.). Una de las principales actividades de esta zona es la industria lechera, que viene aumentando su producción paulatinamente (Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación de la Nación, 2006).

La provincia de Córdoba participa con un tercio de la producción nacional, por lo que se ubica en el segundo escalón de las provincias productoras de leche del país. Dentro de las tres cuencas con que cuenta la provincia, la de mayor importancia es la zona de Villa María que aporta el 50% de la producción. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación, 2006). Un método para el tratamiento de efluentes generados en las instituciones de ordeño, es el *landfarming*. Es una técnica de biorrecuperación que puede ser utilizada para descontaminación tanto insitu como exsitu, y consiste en provocar la oxidación biológica en el suelo, por medio de la estimulación

de la microflora natural que allí se encuentra (levaduras, hongos o bacterias) mediante el agregado de fertilizantes, arado y riego superficial. Se trata de una bioestimulación de las poblaciones microbianas.

El tratamiento de biosólidos producto de los barros de plantas de tratamiento de efluentes de industrias alimenticias, particularmente lácteas, es un proceso conveniente y sustentable, siempre y cuando se cumpla con los parámetros de operación. Estos parámetros no son predictivos de acuerdo al suelo y a las condiciones climáticas, por lo que debe seguirse mediante el monitoreo periódico de la calidad del suelo. En particular en la provincia de Córdoba, el primer y único *landfarming* al norte de la ciudad de San Francisco. En este *landfarming* se han suscitado acontecimientos puntuales, de producción de olor y afectación negativa para la aptitud del suelo ante cultivos. Aunque los eventos ya han sido superados, demuestran la necesidad de la formulación de pautas y procedimientos tendientes a la no ocurrencia de nuevos problemas.

El proceso de *landfarming* tiene una serie de ventajas como son: su bajo costo, no dejar residuos posteriores, no provocar (si se realiza en condiciones controladas) riesgos de contaminación tanto superficial como subterránea, su impacto ambiental es mínimo cuando el proceso está bien realizado, y puede resultar una técnica susceptible de emplearse en una gran variedad de condiciones climáticas.

La efectividad de esta metodología depende de innumerables factores tales como tipo y concentración de contaminante, nutrientes, aireación, condiciones ambientales, presencia de inhibidores, concentración de microorganismos (EPA, 1993).

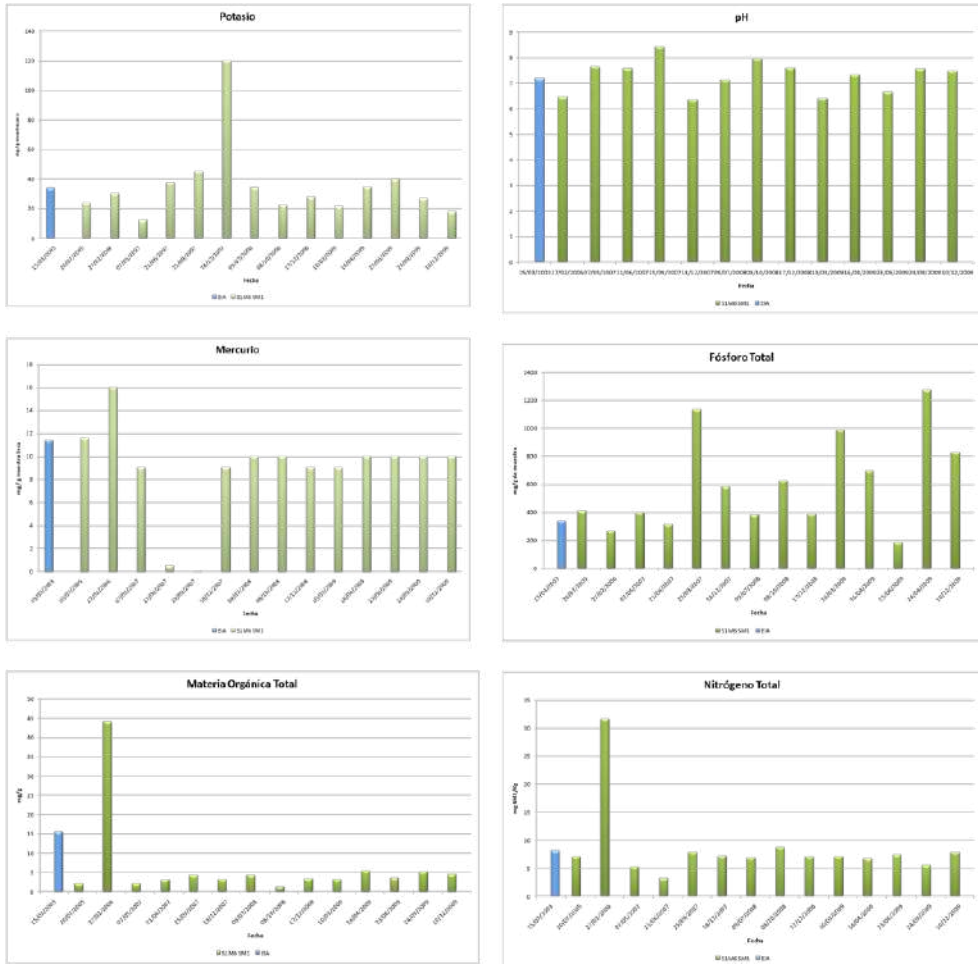
La matriz desarrollada en el EIA (Estudio de Impacto Ambiental) realizado en 2003, resume las relaciones entre los distintos factores ambientales de interés y las causas potenciales de impacto sobre los mismos. A dichos factores ambientales se les asignó peso específico de acuerdo a las características

de medio ambiente existente, expresado como unidades inconmensurables de peso (UIP). Respecto a la calidad del suelo se le asignó un factor de peso importante entre los factores ambientales considerados (8.2%), el más elevado junto a la calidad de agua subterránea, la calidad de aire, el transporte de carga, el uso del territorio y la salud de la población circundante.

En la matriz, el campo T (tipo de impacto) define el signo del impacto y la magnitud del mismo está dada por la sumatoria del producto entre la UIP asignada y el valor asignado del impacto. Durante el funcionamiento del tratamiento, se estimó que sería altamente beneficioso para el suelo del LF (600 de los 700 propuestos como el mejor escenario), y además evitaría contaminar un área de escorrentía superficial, con una considerable deposición de sólidos. Mientras que las características del suelo proporcionan un impacto negativo sobre el proceso de biodegradación (-400 de los -700 como escenario más desfavorable), debido a que los suelos del área están muy laboreados, expuestos a los vientos y con una pavimentación insuficiente (caminos secundarios), lo que provocaría el riesgo permanente de contaminación de polvo en el proceso.

La calidad de suelo determinada en la instancia previa a la ejecución del proyecto (EIA), en azul, junto con la evolución en los cinco años siguientes, se muestran en la gráfica 1. Se tomó como referencia, para este caso, los resultados de las muestras correspondientes al Sector I, Módulo 6, Sub-módulo I (SIM6SMI).

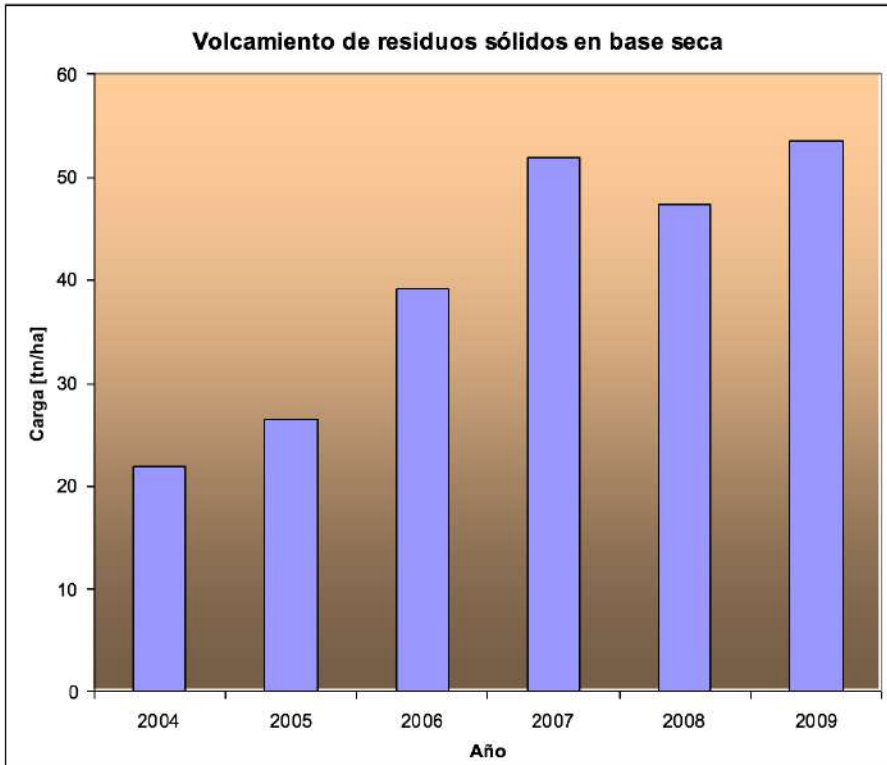
Se observó que las variaciones en los parámetros no se ven afectada en el tiempo debido al funcionamiento del sistema de *landfarming*. Así mismo, se detectó que la cantidad de materia orgánica va disminuyendo, conforme a lo esperado y las condiciones de pH se mantienen dentro de los parámetros deseados. Se debe observar que, si bien en determinados muestreos los valores encontrados fueron superiores a los establecidos en la línea de base inicial, los mismos no superan los límites estipulados por la legislación ambiental vigente para suelo de uso industrial como es el caso de estudio.



Gráfica 1. Calidad de suelo determinada antes de la ejecución del proyecto.

Caracterización y descarga de residuos

El material que ingresa lo hace en una interface sólido-líquido en porcentajes cuyos rangos aceptables son del 4% al 12% como materia seca. La distribución en el área permite la evaporación del agua que lo vehiculiza, a una velocidad media de 1,3 mm/día.



Gráfica 2. Volcamiento de residuos sólidos en base seca.

Los residuos que normalmente se trataron fueron lodos biológicos, lípidos, hidratos de carbono, aceites y detergentes. Estos tuvieron como principales restricciones:

- Ausencia de contaminantes persistentes.
- Ausencia de contaminantes cuyas características estén incluidas en los anexos de la Ley Nacional Argentina N° 24051, de Residuos Peligrosos, y la Ley de adhesión de la Provincia de Córdoba N° 8973.
- Solo se aplicaron residuos con un rango de pH comprendido entre 5 y 8.
- No se superó el índice de nitrógeno agronómico requerido por los cultivos de escarda.

- Se mantuvo una relación adecuada estable F/M (Residuo/Microorganismos).
- Se utilizó digestión aeróbica en suelos, por procesos de oxidación bajo condiciones controladas de pH, humedad y temperatura, sustentadas mediante laboreo agrícola.

Plan de mediciones, monitoreo y acciones correctivas para la eficacia del proceso de biodegradación

Toma de muestras y manipulación de las mismas: las muestras de suelo se extrajeron con barreno manual, en general en intervalos de 20 cm, siguiendo las técnicas estándar de diseño de muestreo. La respuesta de los cultivos se cuantificó mediante el rendimiento. Las muestras de suelo para determinaciones estándar se secaron al aire y fueron tamizadas por tamiz de 2 mm.

Monitoreos y mediciones: de acuerdo al plan de monitoreo presentado en el Estudio de Impacto Ambiental y considerando mejora continua sobre el mismo, las mediciones realizadas fueron las que se ven en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados de monitoreo y mediciones. A

Ítem	Parámetros por determinar	Metodología	Matriz	Frecuencia
Tres muestras	Conductividad	Análisis Químico de Suelo – Jackson, M.L. – 3ra. Ed. 1976. US EPA - SW-846: Test methods for evaluating Solid Wastes - Physical Chemistry methods	Suelo	Trimestral
	Fósforo total			
	Materia			
	Orgánica			
	Nitrógeno total			
	pH			
	Sodio	US EPA – Method 418.1 (Spectrophotometric, Infrared): “Petroleum Hydrocarbons, Total Recoverable” – Punto 7.3		
	Potasio			
	Calcio			
	Magnesio			
	Hidrocarburos totales de Petróleo			
Grasas y Aceites	Modificado por Tetracloruro de Carbono.			

Tabla 2. Resultados de monitoreo y mediciones. B

Ítem	Parámetros por determinar	Metodología	Matriz	Frecuencia
Tres muestras	Arsénico	US-EPA Method 200.2: "Sample"	Suelo	Anual
	Bario			
	Berilio	Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable".		
	Boro			
	Cadmio			
	Cinc			
	Cobalto			
	Cobre			
	Cromo			
	Cromo hexavalente			
	Estaño			
	Mercurio			
	Molibdeno			
	Níquel			
	Plata			
	Plomo			
	Selenio			
Talio				
Vanadio				

Metodología

- Método de Walkley - Black micro: determinación de materia orgánica.
- Método de Kjeldahl: determinación de nitrógeno.
- Método de Bray y Kurtz N°1: determinación de fósforo.
- Método de Punto Pastoso: determinación de pH.
- US EPA-Method 418.1 (Spectrophotometric, Infrared): "Petroleum Hydrocarbons, Total Recoverable" -Punto 7.3 modificado por Tetracloruro de Carbono.
- USDA (United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service)-SOILSURVEYLABORATORY METHODS MANUAL -Cation Exchange Capacity: NH₄OAc, pH 7.0 (CEC-7).

Equipamiento utilizado

- Balanza analítica marca OHAUS, modelo Voyager, N° de serie: B338013105, precisión 0.1 mg, con calibrador interno y automático.
- Espectrofotómetro Merck SQ118, N° de serie: 5/08/03356.
- Titulador automático, Marca Tacussel Electronique, N° de serie: 72328.
- Cromatógrafo iónico marca METROHM, modelo 761 Compact IC, N° de serie 0020/04250, con columna de cationes marca METROHM, modelo Metrosep catión 1-2, N° de serie 905628 y columna de aniones marca METROHM, modelo Metrosep A 4/5 Guard, N° de serie 7604/68.
- Analizador infrarrojo de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) marca BUCK SCIENTIFIC HC-404, N° de serie 1101.
- Medidor de conductividad de tipo potenciométrico con rango μS , mS y TDS, Marca Hanna Modelo HI8033, N° de serie: 276213.

Acciones correctivas para la eficacia del proceso de biodegradación

En función de los resultados obtenidos de las variables a monitoreadas, se efectuaron las siguientes acciones correctivas, a los fines de la eficacia del proceso:

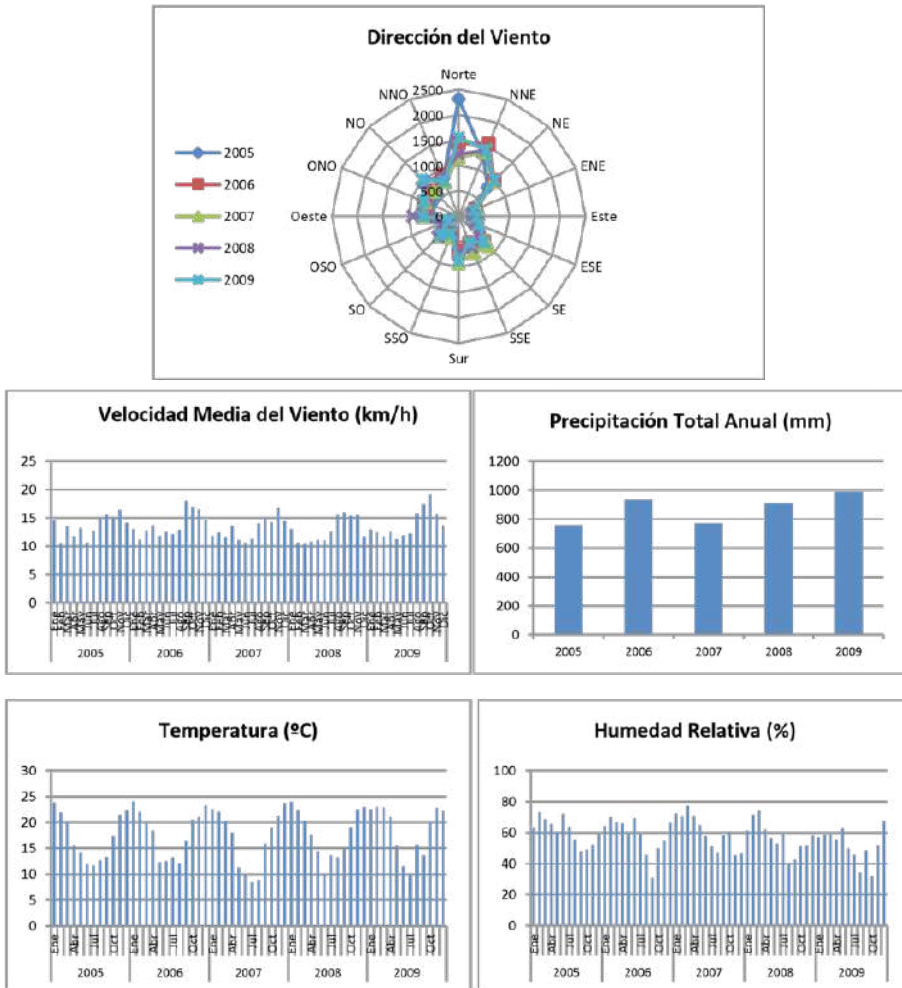
- Corrección del pH del suelo (encalado con sulfato de calcio).
- Corrección del contenido de nutrientes (siembra de cultivos de escarda para extraer nutrientes, agregado de urea, fósforo y potasio; agregado de catalizadores biológicos y cepas de bacterias no indígenas).
- Corrección de la densidad y tipo de población microbiológica (selección de bacterias aeróbicas).
- Corrección de la textura del suelo, para controlar la permeabilidad, volumen de humedad, la densidad de la tierra, disponibilidad de oxígeno y retención de nutrientes (laboreo de suelo con arado de discos, hasta 30 cm de profundidad, cada 21 días).

Tiempo de tratamiento

El rango de tratamiento varió entre 6 y 10 meses.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas imperantes en períodos de precipitación, retardan y en consecuencia extiende el período de degradación por incremento desmedido de la humedad. Se pueden observar en la gráfica 3, a continuación, para el período 2004-2009:



Gráfica 3. Condiciones climáticas periodo 2004-2009

Conclusiones

En la evaluación del impacto producido por el empleo de landfarming de biosólidos a lo largo de su funcionamiento en la provincia de Córdoba se lograron identificar los parámetros de valoración para el análisis del impacto ambiental, evaluar los parámetros referidos a suelo, analizar la tendencia histórica de estos parámetros y su influencia en el proceso. Dando como resultado que el impacto producido sobre este tipo de suelo, y bajo las condiciones de operación efectuadas a lo largo de 5 años en el predio en cuestión, es mínimo y no modifica las características iniciales del mismo.

Referencias

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (INTA). (2002). Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Recuperado de: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/III/pa_calidad_10.htm
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. (SAGP). (2006). Indicadores mensuales de la producción argentina de leche. Recuperado de: http://www.quesosargentinos.gob.ar/paginas/indica_2010.pdf
- Environmental Protection Agency. (EPA). (1993). Solid waste disposal facility criteria. Technical Manual. Recuperado de: <https://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/SolidWasteDisposalFaciltyCriteriaTechnicalManual1993.pdf>
- Vitta, J.; Fernández, J.; Guillen, M.; Romano, M.; Spiaggi, E. y S. Montico. (s.f.). La visión del desarrollo sustentable en el agro de nuestra región: bases para la discusión. Revista Ambiental UNR, 4, (4), 24-47.

Descripción del proceso de intervención a la estrategia de formación por proyectos en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana

César Felipe Henao Villa²

David Alberto García Arango³

Gustavo Andrés Araque González⁴

Elkin Darío Aguirre Mesa⁵

Safiah Sidek⁶

Massila Kamalrudin⁷

Introducción

En el presente artículo se realiza la descripción del proceso de modificación de los parámetros de desarrollo, seguimiento y evaluación de la Estrategia de Formación por Proyectos de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana en Medellín. La investigación se centra en la presentación de los elementos desencadenantes del cambio, descripción de rúbricas utilizadas para reconocer los cambios y la identificación de variables que intervinieron en la reconstrucción de algunos elementos fundantes de la estrategia. La metodología, además de ser de corte cualitativo, se centra en un análisis documental que relaciona los actores del proceso con los aspectos institucionales que intervienen en él. Finalmente se obtienen conclusiones desde un análisis discursivo de los avances y desaciertos que ha implicado el cambio y las mejoras implementadas de cara al mejoramiento continuo en aras de la acreditación en alta calidad de los programas de ingeniería de la facultad.

2. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7426-2589>

3. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia, Magíster en Matemáticas Aplicadas de la Universidad EAFIT. Escuela de Ciencias, Departamento de Ciencias Matemáticas, candidato a Doctor en Educación de la Universidad Nacional de Rosario -Argentina. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0031-4275>

4. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería de Producción, docente investigador de la Corporación Universitaria Americana. Correo: garaque@americana.edu.co

5. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ingeniero de Sistemas de la Fundación Universitaria María Cano, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa de la Universidad de Santander. Correo: elkin.aguirre@pascualbravo.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2521-6003>

6. IDocente investigador de la University Teknikal Malaysia Melaka (UTeM). Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka. safiahsidek@utem.edu.my

7. University Teknikal Malaysia Melaka.

Palabras clave: aprendizaje organizacional, calidad educativa, educación, ingeniería, mejoramiento continuo.

Introducción

Las instituciones, y particularmente las educativas, están en un constante ir y venir determinado por las dinámicas sociales y los intereses subjetivos que conviven en permanente tensión en los diversos escenarios que subyacen al acto mismo de enseñar en el entorno actual mediado por la incertidumbre y la variabilidad.

El mejoramiento continuo en la búsqueda de la acreditación en alta calidad, es un hecho imperativo de exploración constante y que inevitablemente permea los intersticios de las relaciones funcionales entre los actores del proceso y modifican los atributos o propiedades de los procesos misionales de la institución de tal forma que se generan cambios y saltos cualitativos en la manera de concebir las instituciones universitarias y su horizonte de formación.

La identificación de las características de tales cambios, sus implicaciones y los mecanismos que los activan en los objetivos de los programas formativos en las universidades es de gran interés para los tomadores de decisiones, gerentes e investigadores en el área. El desarrollo de estos análisis pasa por la identificación de las tensiones entre los paradigmas hegemónicos y emergentes que están reguladas mediante los fenómenos de representación de la realidad en una esfera discursiva determinada.

El presente texto propende por describir la forma en que se ha llevado a cabo el proceso de mejoramiento continuo de la Estrategia de Formación por Proyectos en la Corporación Universitaria Americana. En ese orden de ideas, la investigación se centra en la presentación de los elementos desencadenantes del cambio, la descripción de rúbricas utilizadas para identificar los cambios y la identificación de variables que intervinieron en la reconstrucción de algunos elementos fundantes de la Estrategia.

La metodología, además de ser de corte cualitativo, se centra en un análisis documental que relaciona los actores del proceso con los aspectos institucionales que intervienen en él. Finalmente, se obtienen conclusiones desde un análisis discursivo de los avances y desaciertos que ha implicado el cambio y las mejoras implementadas de cara al mejoramiento continuo en aras de la acreditación en alta calidad de los programas de ingeniería de la facultad.

Referentes conceptuales

Con el fin de establecer el marco teórico sobre el cual se desarrolló la investigación, se plantean a continuación diversos conceptos.

Fundamentación del currículo

Chacín & Briceño (1997), plantean que la fundamentación del currículo está constituida por las bases filosóficas que lo sustentan, los elementos que la caracterizan son los valores, fines, metas, misión y visión. Según Silverio Gómez (2005), los fundamentos “orientan el análisis de las condiciones socioeconómicas en un contexto dado, orientan la construcción del currículo”. Esta definición implica considerar una gran cantidad de elementos conceptuales relacionados con el marco teórico del componente curricular, Silverio Gómez los identifica como: “filosóficos/sociológicos, epistemológicos, culturales/lingüísticos, psicológicos, pedagógicos, de dirección científica” (Silverio, 2005).

De ahí que la concepción y posterior modificación de aspectos curriculares, implica la consideración de cambios paradigmáticos en la esencia misma de las formas de conocer, aprender y enseñar en el contexto local o global.

Investigación y currículo

La investigación al interior del currículo en instituciones de educación superior, es considerada como un proceso dinámico que, utilizado de forma transversal a los propósitos institucionales, posibilita el enriquecimiento de los proyectos de desarrollo mediante la evaluación continua del quehacer académico, docente y estudiantil. Clark y Guba, plantean que:

Los sistemas locales escolares están llamados a redireccionar sus esfuerzos en investigación de currículo enfocándose en su rol como adaptadores del proceso de cambio educativo, y particularmente, que ellos asumen la responsabilidad de estas funciones como se ejemplifica a través del desarrollo y centros de control de calidad (1965).

Es así como la investigación debe:

Generar una visión innovadora a una situación problemática cotidiana que se representa en el aula de clase, en la clínica o en el laboratorio de simulación y/o experimentación, el entorno curricular, el extracurricular y el social, entre otros, como escenarios de formación de los estudiantes y de los docentes (Díaz Caballero, Carmona Lorduy y Bustillo Verbel, 2007).

Es entonces a través de la investigación que se mapean aspectos institucionales en la búsqueda de generar impacto en la comunidad a través de soluciones formativas, científicas o aplicadas.

Extensión

En general, es posible afirmar que la extensión es un proceso que implica una comunicación con la sociedad, en la que la universidad se posiciona, habla, construye relaciones y representaciones; y se sitúa frente a los distintos sectores de la sociedad con los que interactúa. Las distintas concepciones de la extensión implican diferentes relaciones con la sociedad, sus organizaciones e instituciones, así como distintas valoraciones

en torno a la universidad, al saber y a la relación que se instaura entre esta y los múltiples sectores sociales involucrados. (Plenario de Rectores, 1997).

La extensión se relaciona inevitablemente con las políticas y conceptualizaciones locales.

Por tanto:

La extensión -considerada como un momento del proceso dinámico de la acción universitaria frente al conocimiento, en el cual se toma a la sociedad como fuente de saber y como interlocutor válido- permite interpelar el conocimiento científico y ponerlo en diálogo con los saberes locales logrando una mutua imbricación y un mutuo aprendizaje que enriquece tanto a las ciencias como a las comunidades. (Rodríguez, 2002).

Es a raíz de la construcción de colectividad y diálogo de saberes que se proyectan los fines de la formación universitaria, específicamente para las facultades de Ingeniería, estos aspectos se materializan en la consolidación de proyectos asociados a la solución de problemáticas con enfoque real. Es así como Menéndez (2015), menciona que:

Sin lugar a dudas, tanto el diseño de una política de extensión como su instrumentación debe ser parte de una construcción colectiva entre los diferentes sectores que conforman la comunidad universitaria con plena conciencia de su desempeño académico y responsabilidad social. De esta manera se podrá garantizar que la función de extensión se consolide como dimensión esencial de la vida académica de la institución, posibilitando que el diálogo que se establezca entre la universidad y la sociedad sea efectivamente enriquecedor para cada una de las partes.

Roles docente-estudiante

Con el auge del paradigma tecnológico y la prevalencia de la industria 4.0, el rol docente y su relación con el rol del estudiante se están reconfigurando y presentando nuevas opciones de conceptualización. El docente se identifica con la acción mediadora de la representación desde el lenguaje en la esfera discursiva de la academia, donde presentará una dimensión de la realidad de la cual es testigo. Por su parte, el estudiante, es testigo de otra u otras realidades que le pueden ser superiores y que requieren de explicación. La acción mediadora del docente es, de esta forma, la identificación de factores desencadenantes de la comprensión de estas realidades a la luz de los referentes teóricos de los cuales es partícipe para así validar a nivel académico el desarrollo formativo del estudiante, el estudiante, a su vez, valida la interconexión entre dichas dimensiones de la realidad y mediante un proceso de andamiaje concibe nuevas interpretaciones que serán utilizadas a medida que sean aprehendidas.

Considerar que debe ser el estudiante quien se adapte a los procesos educativos mediante la comprensión de la dimensión conceptual propuesta por el docente, implica desde el punto de vista enunciativo un proceso de desgaste y tergiversación que alude al efecto panóptico de considerar que la vigilancia conceptual es el único medio adecuado para incursionar en procesos de aprendizaje, cuando finalmente se está logrando es una suerte de sinécdoque de las políticas institucionales hegemónicas.

El rol docente se caracterizaría entonces por “procesos de aprendizaje que inciden en los cambios cognoscitivos y/o comportamentales pragmáticamente previstos en un sistema estable de acción” (Chacín & Briceño, 1997).

Mecanismos de intervención

La consideración de cambios en la forma de observar las realidades de estudio puede ser traumáticas o enriquecedoras según la forma en que estos cambios se lleven a cabo y según la interpretación del contexto de estudio. A este respecto Pacheco Méndez (1991), establece que sobre el problema de definir en quién recae la responsabilidad de los proyectos de innovación, en todos y en cada uno de sus momentos, podemos avanzar las siguientes consideraciones:

- La dinámica interna de las instituciones genera inercias y concepciones de tipo endogámico acerca de sus propios problemas.
- La historia de las instituciones, sus cambios estructurales o bien sus mecanismos de equilibrio, definen el grado y la forma de permeabilidad de influencias externas.
- El carácter de las instituciones define su apertura ante los condicionamientos provenientes de otros sectores o de otras instituciones sociales.
- Los vínculos institucionales con el resto de las estructuras de poder definen su disponibilidad al cambio.

No es gratuito, entonces, identificar la necesidad de estudiar la forma en que los cambios curriculares se desarrollan dentro de la historia de las instituciones de educación superior.

2014-I: generación del plan estratégico de Facultad vigencia 2014–2016

Se propone como objetivo estratégico de la Facultad de Ingeniería, diseñar propuestas curriculares y actualizar permanentemente las existentes, con base en las necesidades del entorno, el estado del arte de las disciplinas, los parámetros nacionales e internacionales de calidad en la educación y el Proyecto Educativo Institucional. Se mencionan cuatro proyectos fundamentales para la obtención del objetivo estratégico I :

- Implementación de la metodología de aprendizaje por proyectos (CDIO u otra).
- Reforma curricular del programa de Ingeniería de Sistemas.
- Implementación de talleres curriculares y actualización curricular del programa de Ingeniería de sistemas.
- Implementación de un modelo de evaluación de competencias y seguimiento al trabajo independiente del estudiante.

Con el fin de responder a la meta así planteada, dentro del plan estratégico de Ingeniería se propiciaron espacios de análisis y debate en torno al estado del arte de la ingeniería en un contexto nacional e internacional, se generaron dichos espacios de discusión en los denominados claustros de ingeniería, en los cuales, aparte de consolidar un diálogo académico relacionado con los programas, se establece una política de avance en materia de proyectos integradores de semestre, para esto, se hace una evaluación curso por curso, semestre a semestre del nivel de aporte de cada materia al desarrollo de las competencias en ingeniería planteadas por la acreditadora internacional. Teniendo como base los argumentos teóricos anteriormente planteados, se consolidó un esquema inicial de trabajo que respondiera a la problemática planteada, dicho esquema se publicó en la página web de la universidad y se dio a conocer a la comunidad en general, donde el porcentaje de asignación es del 28% para asignaturas de primer a séptimo semestre.

2014-II: puesta en marcha de la estrategia para los programas de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial

En este semestre se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Información de la estrategia a la comunidad académica de la Facultad.

- Creación de un correo electrónico para la estrategia.
- Inscripción de los proyectos sin formato, solo por correo electrónico.
- Recepción de entregas del proyecto por parte de los estudiantes desde el correo electrónico: Se hacen dos entregas y un momento final de exposición el cual es el único evaluable.
- Se asignan asesores por semestre.
- Se lleva a cabo la primera muestra de formación por proyectos asignando la calificación final.

2015-I: Consolidación del proceso de implementación

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Reunión informativa relacionada con los proyectos.
- Elaboración de rúbricas evaluativas para las distintas entregas, la distribución de porcentajes para las notas se hizo en tres entregas de 5%, 5% y 18%.
- Inscripción de proyectos mediante formato establecido para tal fin.
- Inicio de elaboración de software de administración de proyectos integradores (desarrollo llevado a cabo por estudiantes de Ingeniería de Sistemas).
- Reuniones periódicas con asesores y evaluadores.
- Asesorías por cursos para primer y segundo semestre.
- Escritura de los proyectos en normas IEEE.
- Espacio en la página web institucional para proyectos integradores

2015-II: Consolidación del proceso evaluativo

Se desarrollaron las siguientes actividades:

- Elaboración de informe de análisis de la estrategia.
- Finalización de construcción de software de proyectos.
- Se inscriben estudiantes a semilleros desde el desarrollo de su proyecto integrador.
- Intensificación de los procesos de asesoría en las aulas.
- Reorganización de las rúbricas evaluativas desde los componentes CDIO y ABET.

2016-I: Crecimiento de la estrategia (etapa de diseño e implementación)

Se implementan estrategias de generación de espacios de conceptualización denominados de la siguiente forma:

- Derrumbando paradigmas en ingeniería.
- Primer Encuentro Nacional de Formación Por Proyectos.
- Socialización de resultados de la primera entrega de proyectos.
- Primer Foro de Lecciones Aprendidas en el marco de la estrategia de formación por proyectos.

Igualmente se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Análisis de la estrategia desde un enfoque transdisciplinar y complejo.
- Reconstrucción metodológica de la estrategia.
- Enfoque hacia los pensamientos creativo, crítico y colaborativo.
- Implementación del software de evaluación de proyectos.

- Implementación de horarios de asesoría por proyectos.
- Enfoque de la estrategia hacia la integración de las diversas dimensiones de direccionamiento estratégico de la facultad.

2016-II: consolidación del crecimiento de la estrategia (etapa de diseño e implementación)

Se continúan implementando las estrategias de generación de espacios de conceptualización anteriormente mencionados, se lleva a cabo el Seminario Internacional de Metodologías de Enseñanza y se evalúan los eventos con la finalidad de identificar aspectos a mejorar. Se generan informes y artículos de la experiencia de aprendizaje de la Facultad.

2017-I: Articulación de la estrategia con procesos de extensión, docencia e investigación

Se inicia el proceso de solución a la siguiente pregunta problema: ¿Cómo integrar las diferentes competencias específicas y transversales de las asignaturas que conforman el plan de estudios, en un proyecto formativo y competitivo que se enmarque dentro del contexto empresarial, social y atendiendo a las competencias del Ingeniero de Sistemas propuestas por ABET?

Como resultado de todo esto se asignan docentes expertos a la asesoría de proyectos con temáticas en común, igualmente se inicia la construcción e implementación de un modelo de gestión de conocimiento en la Facultad que consolide la estrategia de aprendizaje por proyectos como un eje transversal de la articulación de procesos. En ese orden de ideas, la construcción de proyectos integradores por parte de los estudiantes de la Facultad se identifica como un factor desencadenante del cambio hacia la ciencia, tecnología e innovación en los programas.

2017-II: evaluación de la estrategia como eje articulador de procesos

Fortalecimiento de líneas de formación por proyectos e identificación de niveles de competencia alcanzados por los proyectos integradores a la luz del modelo de gestión del conocimiento.

El modelo operativo de gestión de conocimiento fue adaptado de los procesos descritos por Nonaka y Takeuchi (1995), el modelo se ocupa de relacionar aspectos de docencia, investigación y extensión en el quehacer académico de la Facultad. Como puede observarse, el modelo sigue una estructura en espiral en sentido opuesto al movimiento de manecillas del reloj con lo cual se causaría un sentido positivo del movimiento de torque generando una salida del plano. Es así como la gráfica 4 representa una traza de un ciclo de aprendizaje a todos los niveles de la Facultad, iniciando por la relación entre el docente y el estudiante.

Cada cuadrante del modelo representa niveles de interacción que dependerán de los actores del proceso formativo. Con la implementación del modelo se pretende incursionar en la determinación de niveles de competencias en los diversos sectores de injerencia de la Facultad para el año 2018.

Conclusiones

Del análisis del proceso histórico adelantado, se identifica que, en primer lugar, la Estrategia de Formación por Proyectos se ha venido modificando siguiendo la misma filosofía CDIO que la sustenta (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) y, en segundo lugar, los procesos que se desarrollan en la estrategia están intrínsecamente relacionados con el tipo de administración curricular propuesta por los líderes de la estrategia.

Cada cambio de la estrategia obedece a una lógica del mejoramiento continuo enmarcado en la lectura de las necesidades locales. Es así como, mediante los proyectos integradores, se impacta en el desarrollo y posterior modificación de la estructura curricular de los programas de ingeniería a la par que se apunta al logro de la acreditación en alta calidad.

A medida que se ha desarrollado la estrategia y el aprendizaje basado en proyectos (ABP) en los currículos la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, se ha observado que, tanto el nivel de apropiación por parte de la comunidad académica como la construcción de colectividad, es fundamental para lograr los objetivos relacionados con la formación en competencias de cara a la acreditación internacional y al mejoramiento del desempeño del rol del ingeniero en las organizaciones actuales, las cuales están mediadas por situaciones problema que van más allá de la información o las habilidades técnicas.

La Facultad cuenta con diversos mecanismos y elementos que, articulados, generarían el escenario apropiado para una construcción de comunidad académica encaminada a la solución de problemas en un contexto real y con sentido social, donde se propenda por la formación de egresados con estructura definida por el perfil planteado en la Facultad y con gran capacidad para generar mecanismos de aprendizaje para toda la vida.

Referencias

- Chacín, M. y Briceño, M. (1997). Factores que inciden en la administración curricular en un programa de educación avanzada. *Revista de Enseñanza Universitaria*, (11), 83-101.
- Clark, D. L. & Guba, E. G. (1965). *An Examination of Potential Change Roles in Education. Seminar on Innovation In Planning School Curricula*, Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=ED043226>
- Díaz, A. J.; Carmona, M. C. & Bustillo, R. L. (2007). La interacción entre el currículo y la investigación. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*, 4 (1), 52-59.
- Menéndez, G. (2015). Desarrollo y conceptualización de la extensión universitaria. Recuperado de: https://accionesocial.ucr.ac.cr/sites/default/files/documentos/conceptualizacion_menendez.pdf
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Pacheco, T. (1991). Los procesos de innovación educativa. Su medición institucional. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 21 (1), 75-93.
- Plenario de Rectores. (1997). Documento aprobado por Plenario de Rectores. Santa Rosa - Provincia de La Pampa: Ac. PL.Nº 251/97. Recuperado de: <http://www.cin.edu.ar/doc.php?id=241>
- Rodríguez, J. G. (2002). *Imbrincación y aprendizaje mutuos: una perspectiva de la extensión Universitaria*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Silverio, M. (2005). Bases y fundamentos curriculares. *Revista Educação e Tecnologia*, 1 (1), 1-9.

Modificación de arcillas naturales tipo montmorillonita para la obtención de nuevos materiales funcionalizados con potenciales aplicaciones industriales

Diego Fernando Montaña Montoya⁸

Herley Fernando Casanova Yepes⁹

Wilson Isidro Cardona Galeano¹⁰

Luis Fernando Giraldo Morales¹¹

Resumen

Montmorillonita (Bentonita) es el nombre genérico comercial de un grupo de minerales arcillosos cuyo componente principal lo constituyen las esmécticas. Estos minerales son aluminosilicatos laminares bidimensionales. Su estructura básica es del tipo TOT, está formada por dos capas de Tetraedros de Si_4^+ , y una capa Octaédrica de $M= Al_3^+, Mg_2^+$ o $Fe_{2,3}^+$ como se muestra en la gráfica 4. Cuando moléculas polares son insertadas entre las capas, las láminas se abren exponiendo de esta manera su superficie interna. Otra forma de aumentar el área expuesta es modificando la polaridad de la superficie mediante un tratamiento ácido y térmico (activación termoácida), este último permite, además, eliminar carbonatos y otros óxidos que se pueden encontrar como impurezas (que en forma natural contiene la arcilla) y, lo más importante, es que genera centros ácidos (H^+ y/o H_3O^+) que la convertiría en un potencial material para ser empleado en adsorción, como en materiales funcionalizados con propiedades específicas. En este trabajo hemos logrado implementar un tratamiento para funcionalizar arcillas del tipo Montmorillonita (Mt), dicha funcionalización se logró reemplazando los cationes de las interláminas por otros cationes más voluminosos que llamamos $[C_nMIm]^+$, los cuales lograron un espaciado interlaminar considerable en el nuevo material con respecto a la arcilla natural original. Dicho tratamiento además de lograr un espaciado o ensanchamiento en las interláminas, logra generar un material térmicamente más estable tal como lo muestra los análisis termogravimétricos. Además, dependiendo del tipo de compuesto con el que se funcionalice la arcilla natural, es decir longitud de cadena alquílica o anión, se puede lograr un nuevo material con propiedades, bien sean hidrofóbicas o hidrofílicas, lo que lograría obtener arcillas o materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas útiles en procesos industriales.

8. Químico, Magíster en Química, Doctor en Química, Posdoctor en Química, docente investigador de la Corporación Universitaria Americana. E-mail: dmontano@americana.edu.co

9. Químico, Doctor en Química, Posdoctor en Química, docente investigador de la Universidad de Antioquia. E-mail: herley.casanova@udea.edu.co

10. Químico, Doctor en Ciencias Químicas, docente investigador de la Universidad de Antioquia. E-mail: wilson.cardona1@udea.edu.co

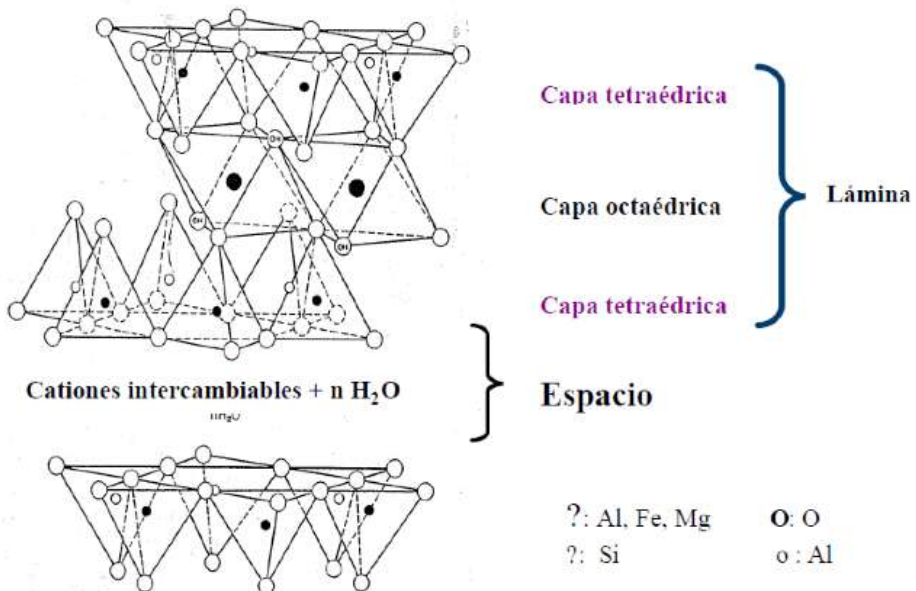
11. Químico, Doctor en Ciencias Químicas, docente investigador de la Universidad de Antioquia. E-mail: Luis.giraldo@udea.edu.co

Palabras clave: *líquido iónico, medio de reacción, no volátil, síntesis orgánica, selectividad.*

Introducción

La funcionalización de minerales arcillosos naturales como Mt con moléculas orgánicas, abre una amplia oportunidad para obtener nuevos materiales con propiedades especiales y potenciales aplicaciones técnicas y ambientales debido a las nuevas propiedades físicas, químicas y mecánicas que adquieren. La Mt es una arcilla natural perteneciente al grupo de esmectitas con estructura en capas de aluminosilicato T-O-T. La capa octaédrica contiene especies de Mg^{+2} , Al^{+3} o $Fe^{+2/+3}$, lo que genera una estructura con intersticios con diferentes tipos de cationes tales como Na^{+} , K^{+} , Ca^{+2} que se incorporan mediante interacciones electrostáticas. Estos cationes pueden ser sustituidos por iones de plata, cobre y zinc (Malachová, et al., 2011) y también los cationes que provienen de moléculas orgánicas como sales de amonio cuaternario, surfactante y, recientemente, con líquidos iónicos (LI) (Takahashi, 2012; Wu, 2014). El uso de líquidos iónicos en la modificación de Mt ha llamado la atención debido al intercambio iónico con estos compuestos que permiten la fácil modificación orgánica en el mineral de arcilla, y permite promover así la exfoliación, en un proceso sencillo, con la ventaja de que el resto de LI que no logra incorporarse puede ser completamente recuperado. La mayoría de los IL utilizados para la exfoliación de Mt tienen cationes basados en imidazolium, piridinio y pirrolidinio (Reinert, 2012; Selvam, 2012). La intercalación de líquido iónico en la Mt es un proceso termodinámicamente favorable para LI como cloruro de 1-hexadecil-3-metilimidazolio y tetrafluoroborato de 1-butil-3-metilimidazolio, en el que el intercambio de cationes ocurre muy rápido y algunos autores han reportado que de uno a cinco minutos son suficientes para asegurar la incorporación de LI (Malachová, et al., 2011; Takahashi, 2012).

La presencia de cationes orgánicos de LI en la estructura de Mt aumenta la hidrofobicidad de este mineral de arcilla y los hace adecuados para adsorber sustancias orgánicas como contaminantes (Fiscal, 2017) o moléculas de importancia farmacéutica. La Mt modificada con cloruro de tetradodecil amonio muestra una buena actividad catalítica para la fijación química de dióxido de carbono por reacción con alquil glicidil éter con el fin de obtener carbonatos cíclicos sin el uso de cualquier cocatalizador y disolvente (Kim, et al., 2013). Dichos autores también muestran que el catalizador puede reutilizarse durante al menos tres veces consecutivas sin pérdidas significativas en su eficiencia. El análisis de muchos de estos resultados ha demostrado que la naturaleza del catión orgánico y la longitud de la cadena alquílica afectan a la máxima capacidad de adsorción del sustrato mineral de arcilla (Reinert, 2012).



Gráfica 4. Estructura laminar de la arcilla tipo TOT

Los líquidos iónicos adsorbidos en Mt se han utilizado en general para catalizadores (Kim, et al., 2013; Shirini, 2015; Ranu & Banerjee 2005), sustratos para extracción en fase sólida (Aftafa, 2014; Fiscal, 2017), solvente verde, síntesis y estabilización de micro y nanopartículas (Guerrero, et al., 2006), la fabricación de películas delgadas (Nanocomposites, 2009), extracción de metales pesados (Li, et al., 2014) y compuestos de polímeros (Mahmoudian, 2012; Nanocomposites, 2009; Men, et al., 2014).

A pesar de que el intercambio iónico de la Mt con diferentes LI ha sido estudiado por diversos autores tal como lo hemos referenciado, se deben realizar estudios complementarios con el fin de comprender el efecto del anión y la longitud de la cadena alquílica en la eficiencia de la modificación orgánica y el efecto de dicha modificación en los planos interlaminares.

En este trabajo, una Mt sódica se modificó con nueve diferentes líquidos iónicos basados en metil-imidazolio previamente sintetizados en nuestro laboratorio. El mineral de arcilla no modificado comercialmente disponible Cloisite Na⁺ se dispersó en soluciones alcohólicas de líquidos iónicos a temperatura ambiente. Los iones existentes en los interplanos de la arcilla natural se cambiaron con cationes derivados del imidazol con grupos alquilo sustituyentes butilo, octilo y hexadecilo. Cada uno de los cationes de 1-alkil-3-metilimidazolio, [CnMIm]⁺ se utilizaron con sus contraiones HO⁻, Br⁻ y BF₄⁻. La nueva arcilla modificada se caracterizó por análisis FT-IR, TGA y XRD. Los resultados muestran que la Mt modificada con LI que tienen aniones HO⁻ exhiben una funcionalización más alta en cuanto a la cantidad de LI que logra intercalar, y la presencia de aniones BF₄⁻ promueve la estabilidad térmica de los restos orgánicos en el mineral de arcilla. El espacio entre capas en Mt aumenta en función de la longitud de la cadena alquílica.

Materiales y métodos

Reactivos

Todos los reactivos utilizados para la síntesis de los líquidos iónicos fueron grado reactivo, metil imidazol (99%), 1-bromobutano (97%), KOH (97%), Acetato de etilo, etanol, fueron suministrados por Sigma Chemical Co. La montmorillonita utilizada fue Cloisite Na⁺, que es un mineral arcilloso crudo proporcionado por Southern Clay Products de la región de Texas con un CEC de 92,6 mmol/100 g. Este mineral se utilizó sin tratamiento adicional, tiene una fórmula química de (Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)₂Si₄O₁₀(OH)₂•nH₂O.

Síntesis de líquidos iónicos

Los líquidos iónicos a base de anión bromuro fueron sintetizados en nuestro laboratorio de acuerdo con el procedimiento descrito en G. H. Min (2016), utilizando en cada caso el correspondiente bromuro de alquilo en la reacción con 1-metilimidazol. Se sintetizaron el hidróxido de 1-butil-3-metilimidazolio, [C₄MIm][OH] y el tetrafluoroborato de 1-butil-3-metilimidazolio, [C₄MIm][BF₄] por reacción de metátesis de [C₄MIm][Br] con KOH y NaBF₄ respectivamente, De acuerdo con los procedimientos descritos anteriormente (Ranu & Banerjee, 2005; Fulmer, et al. 2002).

Hasta ahora no se ha descrito la síntesis del hidróxido de 1-hexadecil-3-metilimidazolio, [C₁₆MIm][OH], a continuación, se describe el método de preparación: cantidades equimolares de metilimidazol (5,0 g, 61 mmol) y hexadecilo Bromuro de metilo (18,3 g, 61 mmol) se colocan en un matraz de reacción en acetato de etilo seco (50 ml). La mezcla se agitó vigorosamente a reflujo durante 48 horas y después de este tiempo se evaporó la solución para eliminar el disolvente y se obtuvo el [C₁₆MIm][Br], que es un sólido amarillo pálido. Luego se procede a la reacción de metátesis de [C₁₆MIm][Br] con KOH. Se añadió hidróxido de potasio sólido (1,46 g, 26 mmol) a una solución de [C₁₆MIm][Br]

(10 g, 26 mmol) en cloruro de metileno seco y la mezcla se agitó vigorosamente durante 24 horas a temperatura ambiente. El KBr sólido se filtró y se separó, y la solución se evaporó para eliminar el disolvente y se obtuvo la IL final, [C16MIm][OH], que es un sólido amarillo pálido. La sal iónica se lavó tres veces con éter (3 x 20 ml) y se secó a 90 °C durante 24 horas aplicando alto vacío. Este compuesto se caracterizó por análisis espectroscópico de IR, 1H RMN y TGA.

Modificación de Mt

Se dispersó un gramo de Mt en una solución de cada líquido iónico en metanol al 13% v/v y a continuación se mantuvo la dispersión bajo agitación vigorosa durante 1 hora a temperatura ambiente. La mezcla se filtró y el material sólido se lavó tres veces con metanol (20 ml cada vez) para eliminar el exceso de líquido iónico, después se lavó tres veces con agua destilada y después el sólido se secó en estufa durante 24 horas a 110 °C. El filtrado se sometió a evaporación para eliminar el metanol y recuperar el exceso de líquido iónico. El mismo procedimiento se utilizó para el tratamiento de Mt con los diferentes líquidos iónicos utilizados en este trabajo. El mineral arcilloso modificado se caracterizó por análisis de rayos X, infrarrojos y termogravimétricos.

Caracterización

Todos los líquidos iónicos se caracterizaron por RMN 1H y 13C, FT-IR y TGA. Los espectros infrarrojos se registraron en el intervalo de 4000-400 cm⁻¹ en un espectrofotómetro infrarrojo de transformada de Fourier modelo IRAffinity-1 SHIMADZU usando tabletas KBr, se realizaron 16 scan para cada muestra con una resolución de 4 cm⁻¹. El análisis termogravimétrico se obtuvo utilizando un TGA Q500 de TA Instruments, y la velocidad de calentamiento fue de 10 °C / min desde temperatura ambiente hasta 700 °C en aire.

Las muestras de Mt modificado se caracterizaron por difracción de rayos X utilizando un XPert PANalytical EMPYREAN.

Los valores de 2Θ se tomaron con un paso de 0,0394, usando radiación de $\text{CuK}\alpha$ (valor λ de 1,540598 Å). Las muestras (100 mg) se colocaron sobre una placa de 2 cm² de área para minimizar el error en la localización del pico. Los espectros de RMN se registraron como soluciones de DMSO-d₆ o CDCl_3 en un instrumento AMX 300 (Bruker, Billerica, MA, USA) a 300 MHz para ¹H y 75 MHz para ¹³C. Los desplazamientos químicos (δ) se expresan en ppm con el pico de disolvente como referencia y TMS como un patrón interno, las constantes de acoplamiento (J) se dan en Hertz (Hz).

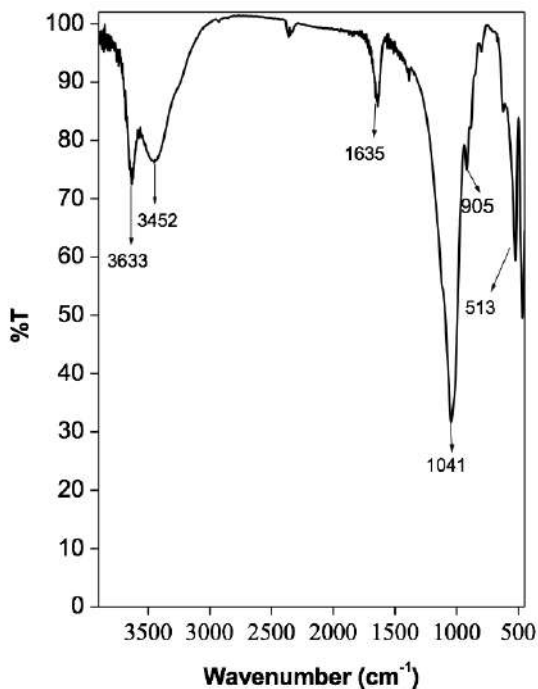
Resultados y discusión

Análisis del espectro RMN del Nuevo compuesto [C₁₆MIm][OH]

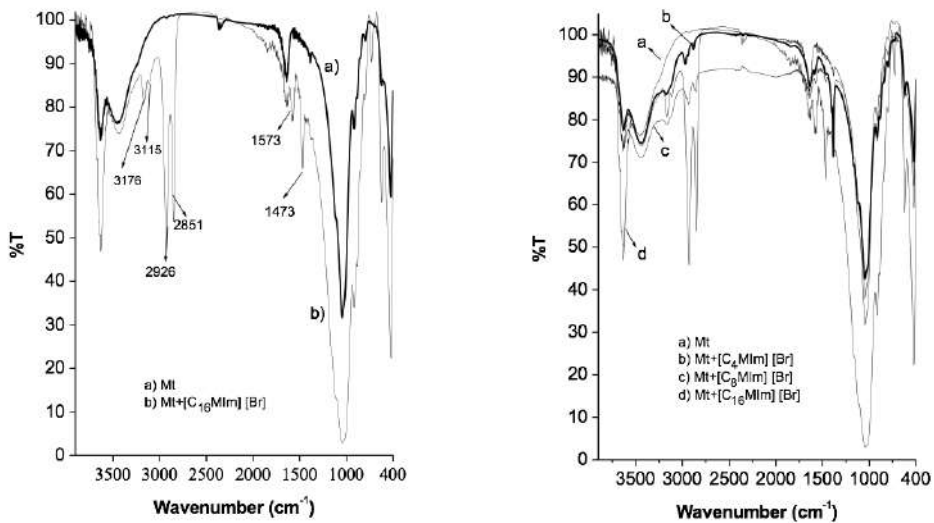
¹H NMR (DMSO-d₆, 300 MHz): δ 0.91 (3H, t, J = 6.76 Hz), 1.16-1.41 (26H, m), 1.79-2.15 (2H, m), 3.44-3.57 (bs, 1H) 4.16 (3H, s, N-CH₃), 4.35 (2H, t, J = 7.30 Hz, N-CH₂-), 7.31 (1H, d, J = 1.48 Hz), 7.42 (1H, d, J = 1.48 Hz), 10.53 (1H, s). ¹³C NMR (DMSO-d₆, 125 MHz): δ 14.14 (CH₃), 15.29 (CH₂) 22.71 (CH₂), 26.29 (CH₂), 29.01 (CH₂), 29.38 (CH₂) 29.68 (4CH₂), 29.71 (4CH₂) 30.32 (CH₂), 31.94 (N-CH₃), 50.25 (N-CH₂), 121.54 (CH-Im), 123.21 (CH-Im), 138.09 (CH-Im).

Análisis FT-IR

En la gráfica 5 se observan las señales más representativas de la Mt natural sin modificar. Mientras tanto, la gráfica 6 muestra la comparación de los espectros FT-IR de la Mt y Mt modificado con diferentes líquidos iónicos. En el espectro de la Mt, las señales de estiramiento para los enlaces silicio-oxígeno y aluminio-oxígeno se observan respectivamente a 1041 cm⁻¹ y 905 cm⁻¹. Las bandas a 1635 cm⁻¹ y aproximadamente a 3633 cm⁻¹ se asignan a los modos de flexión y estiramiento del agua absorbida. La señal a 513 cm⁻¹ se asigna al estiramiento del enlace magnesio-oxígeno, mientras que las bandas alrededor de 3452 cm⁻¹ se asignan al estiramiento del grupo -OH.



Gráfica 5. Espectro FT-IR de la Mt natural sin modificar



Gráfica 6. FT-IR para la Mt natural y Mt + [C₁₆Mim][Br] (izquierda) y Mt con diferentes líquidos iónicos con el anion Br- (derecha)

Los espectros de Mt con diferentes líquidos iónicos muestran bandas para el grupo funcional de amonio cuaternario en el intervalo entre 1200 y 1650 cm^{-1} . Las bandas alrededor de 2800-3000 cm^{-1} corresponden al estiramiento simétrico y antisimétrico de C-H, y se señalan en la gráfica 6, estas bandas se vuelven más intensas a medida que aumenta la longitud de la cadena de alquílica. Además, estos espectros muestran bandas alrededor de 1470 cm^{-1} asignadas a las vibraciones de estiramiento C-C y C-N. Aunque todos los espectros muestran bandas similares, existen diferencias en la intensidad dependiendo del líquido iónico utilizado en la modificación del Mt. Las bandas pequeñas en la región 1400-1500 cm^{-1} son características de las vibraciones asimétricas de flexión de los grupos -CH₂ y -CH₃ de las cadenas alquílicas. La señal localizada a 1573 cm^{-1} en los espectros de todas las arcillas modificadas se asigna al estiramiento de N-C del anillo de imidazol. Una señal muy débil cerca de 3170 cm^{-1} observada en los espectros de la Mt modificada puede atribuirse al estiramiento C-H insaturado. Estas nuevas bandas en el espectro infrarrojo para el Mt modificado indican que ha habido una funcionalización orgánica con los diferentes líquidos iónicos utilizados.

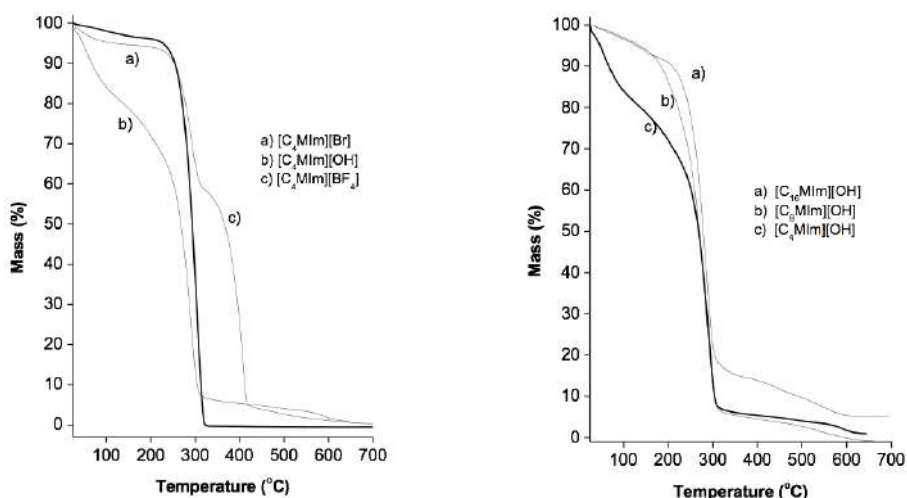
Análisis termogravimétrico de líquidos iónicos basados en 1-alquil-3-metilimidazolio

La gráfica 7 muestra las curvas termogravimétricas para los líquidos iónicos de 1-butil-3-metilimidazolio con diferentes aniones, se tomó la temperatura de inicio de la degradación como la temperatura registrada en el primer cambio de línea base en los procesos de degradación y es más alta para los líquidos iónicos con BF₄⁻ y Br⁻ en relación con líquidos iónicos con HO⁻.

En el caso de [C₄MIm][OH], la degradación comenzó a 235,7 °C, se sabe que la mayor parte del mecanismo de combustión orgánica implica la presencia de radicales OH•, que favorecen el proceso de descomposición en compuestos orgánicos, mientras que la presencia de compuesto halogenado retarda los procesos de degradación térmica porque los halógenos actúan como eliminadores de radicales libres. En el caso de [C₄MIm] [BF₄], hay dos procesos

de descomposición, las temperaturas que da la velocidad máxima de descomposición son 298 °C y 408 °C. La primera pérdida de masa puede atribuirse a la descomposición parcial de la fracción orgánica del catión imidazolio, que podría estar relacionada con la fragmentación de los sustituyentes (3) -metilo y (1) -butilo que forman las especies CH_3^+ y C_4H_8^+ , tal como ha sido demostrado anteriormente (Efimova, et al., 2015; Efimova, et al., 2013). La segunda pérdida de masa podría estar relacionada con la fracción orgánica que queda con el compuesto halogenado y residuos de carbono.

Un comportamiento similar se observa para los líquidos iónicos con octil y hexadecilimidazolio, como puede verse en gráfica 7 (derecha). Un aumento en la longitud de la cadena de hidrocarburos aumenta la estabilidad térmica de los LI de $[\text{C}_n\text{MIm}][\text{OH}]$ y a 650 °C sigue siendo aproximadamente 10% p/p de $[\text{C}_{16}\text{MIm}][\text{OH}]$, probablemente debido a los residuos de carbón. La tabla 3 resume las propiedades termogravimétricas de los LI sintetizados. La temperatura de inicio más alta en la obtenida por los líquidos iónicos de BF_4^- y en todos los casos los LI con este anión muestran dos pérdidas de masa desplazadas a temperaturas más altas en relación con las otros LI.



Gráfica 7. Análisis termogravimétrico de la Mt con líquidos iónicos basados en el 1-butil-3-metilimidazol con diferentes aniones (izquierda) y del hidroxil 1-alkil-3-metilimidazol (derecha)

A medida que aumenta la cadena alquílica, la cantidad de residuo de carbón también aumenta y es más alta para la muestra con aniones de BF₄⁻ en relación con los LI con en Br⁻ y HO⁻. A pesar de que los LI con HO⁻ comenzaron primero su degradación en comparación con los otros, toda su degradación no es posible hasta 700 °C, en contraste los líquidos iónicos con iones Br⁻ tienen una temperatura de inicio superior, pero una vez que comenzó la degradación se descompone completamente a temperaturas inferiores a 400 °C.

Tabla 3. *Propiedades termogravimétricas de los líquidos iónicos sintetizados*

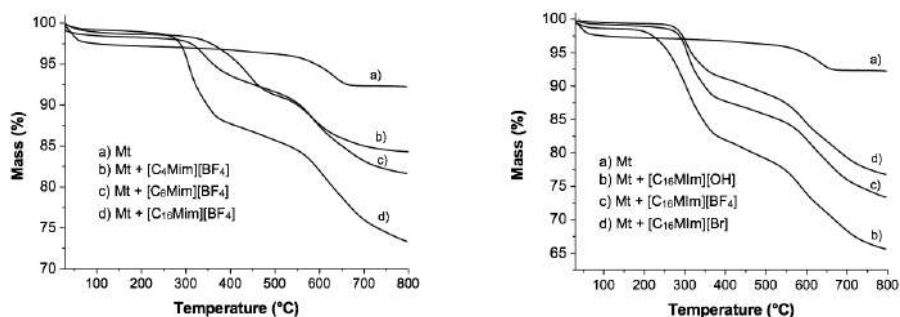
Sample	Onset Temperature /°C	T1/°C	T2/°C
[C4MIm][Br]	255.8	302.1	-
[C4MIm][OH]	235.7	290.1	294.5
[C4MIm][BF ₄]	247.0	294.2	407.9
[C8MIm][Br]	235.7	293.4	-
[C8MIm][OH]	215.2	283.9	-
[C8MIm][BF ₄]	253.9	292.8	410.6
[C16MIm][Br]	234.2	284.8	-
[C16MIm][OH]	227.5	285.5	-
[C16MIm][BF ₄]	259.2	327.8	382.1

Análisis termogravimétrico de Mt con líquidos iónicos

La gráfica 8 (derecha) muestra el análisis TGA de la Mt modificada con LI del [C16MIm] con HO⁻, BF₄⁻ y Br⁻. La Mt modificada tiene una pérdida de masa del 4,4% p/p entre 550 y 650 °C asignada a la pérdida de agua de condensación de grupos silanol sobre la superficie mineral de arcilla. Dos pérdidas de masa están presentes cuando la Mt está funcionalizada con cationes 1-hexadecil-3-metilimidazolium. El primero está asociado con la descomposición de los restos hidrófilos y el segundo se debe a la degradación de las cadenas de hidrocarburos. Es posible ver que la mayor pérdida de masa se obtiene cuando la Mt es funcionalizado con el líquido iónico hidróxi de 1-hexadecil-3-metilimidazolium seguido por aquellos

con tetrafluoroborato y iones bromuro, respectivamente. En el caso de utilizar [C16Mim][OH], una cantidad considerable de este IL permanece en la Mt después de lavarse varias veces con una pérdida de masa total superior al 28% p/p. Esta cantidad no es todo necesario debido a la IL intercambiada en Mt, pero también podría ser debido a la cantidad de IL adsorbida en su superficie como se ha demostrado en otro estudio (Wu et al., 2014). Los resultados mencionados anteriormente demuestran que el tipo de anión afecta a las cantidades de LI incorporado en el mineral de arcilla. La Mt utilizada en este trabajo tiene una CEC de 92,6 mmol/g, ya determinado en otros trabajos (Rafiei & Ahmadi, 2013). De acuerdo con los datos del análisis TGA indicados en la Tabla 2, la cantidad de IL intercambiado se ha calculado a partir de la pérdida de masa para cada sistema LI-arcilla natural Mt. Vale la pena mencionar que en todos los casos la cantidad de pérdida de agua por deshidroxilación que proviene de la arcilla mineral Mt (4,22%) fue retirada de la pérdida de masa total para obtener la cantidad real de LI incorporado.

En la tabla 4 se observa que los sistemas Mt + [C4Mim][OH] y Mt + [C16Mim][OH] superan la CEC, con valores de 98,7 y 128,8 mmol/100g, respectivamente. Esto significa que debe haber un exceso de LI adsorbido sobre la superficie de arcilla mineral, correspondiente a 4,9 y 24,6 mmol/100 g (con el anión incluido), para Mt + [C4Mim][OH] y Mt + [C16Mim][OH], respectivamente, ya que se calculó a partir de los datos TGA.



Gráfica 8. Análisis termogravimétrico de la Mt con líquidos iónicos basados en el tetrafluoroborato de 1-alquil-3-metilimidazol (izquierda) y el 1-hexadecil-3-metilimidazol con diferentes aniones (derecha)

A pesar de que todos los líquidos iónicos tienen la misma longitud de cadena alquílica, el anión juega un papel importante en la cantidad efectiva de LI incorporado en la arcilla natural. Un resultado muy interesante es que se observa que la cantidad de LI incorporado es mayor que la CEC para los sistemas Mt + [C4MIm][OH] y Mt + [C16MIm][OH].

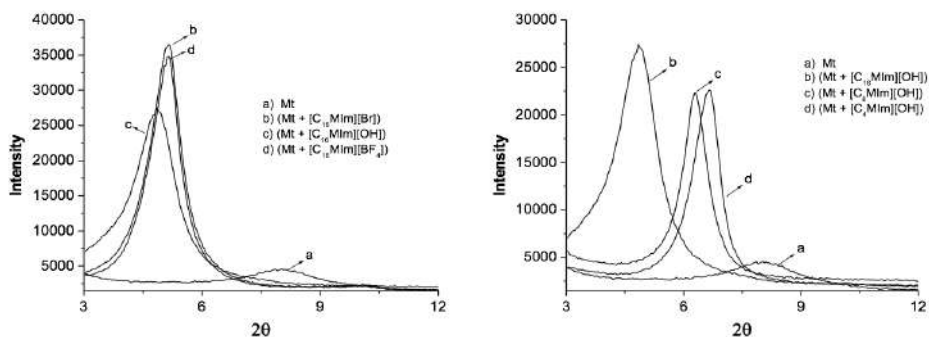
La Mt es un filosilicato negativo y aniones voluminosos como Br⁻ y BF₄⁻ pueden causar repulsión electrostática que evita un adecuado intercambio de cationes con el mineral de arcilla. Por lo contrario, los iones hidróxido son menos voluminosos e interactúan favorablemente con grupos silanol sobre superficie mineral de arcilla permitiendo su difusión a través de ella, lo que podría explicar la mayor cantidad de este LI retenida en la Mt. La tabla 4 resume la pérdida de masa y las temperaturas en las que la tasa de descomposición es máxima para la primera (T₁) y la segunda pérdida de masa (T₂). En el caso de Mt con LI de [C16MIm]⁺ aparece un tercer pico y se muestra entre paréntesis, esto podría asociarse con la descomposición de la cadena alquílica.

Tabla 4. *Propiedades termogravimétricas de la Mt con los diferentes líquidos iónicos incorporados*

Sistema	ΔW1/%	ΔW2/%	T1/°C	T2/°C	LI mmol/100g
Mt	-	4.22	-	634.1	
Mt + [C4MIm][Br]	7.46	6.90	441.2	585.7	81.1
Mt + [C4MIm][OH]	7.82	8.48	434.4	590.2	98.7*
Mt + [C4MIm][BF4]	7.23	6.97	443.5	582.6	79.6
Mt + [C8MIm][Br]	5.18	11.51	339.9	578.1	72.9
Mt + [C8MIm][OH]	7.14	11.00	354.0	587.1	82.8
Mt + [C8MIm][BF4]	6.03	10.49	342.5	588.0	71.8
Mt + [C16MIm][Br]	8.83	13.67	303.6	592.5 (690.0)	72.8
Mt + [C16MIm][OH]	17.37	15.22	302.8	584.1 (682.5)	128.8*
Mt + [C16MIm][BF4]	12.30	12.64	305.8	609.9 (664.3)	85.0

Análisis de DRX

El intercambio de Na^+ en la Mt por cationes de 1-alkil-3-metilimidazolio conduce a un aumento en el espacio interlamilar de la reflexión 001 en comparación con la Mt natural y dicha separación está relacionada con la longitud de la cadena de alquilo en el catión $[\text{C}_n\text{Mim}]^+$. Los resultados de dicho espaciamento se presentan en la tabla 5. Este resultado se confirma por el desplazamiento de las señales a ángulos de 2θ más pequeños, tal como se observa en la gráfica 9.



Gráfica 9. Difracción de rayos de la Mt intercalada con los diferentes LI

Es posible observar el gran efecto de la longitud de la cadena de alquílica en el desplazamiento a ángulos inferiores debido al aumento del valor d en la arcilla natural modificada. En el caso de la Mt modificada con el líquido iónico que contiene el anión $-\text{OH}$, se obtienen difractogramas con picos de buena intensidad y bien definidos, lo que puede dar una indicación del buen empaquetamiento sobre la estructura del mineral orgánico arcilloso obtenido. Por otro lado, de acuerdo con los resultados de los análisis de TGA, el líquido iónico que mejor se incorporó en la Mt, fue el LI con el grupo $-\text{OH}$, lo que podría atribuirse a una fuerte interacción entre el grupo HO^- y los grupos funcionales sobre las capas del material arcilloso.

Tabla 5. Valores *d* de espaciamiento de la Mt modificada con los diferentes LI

Sample	XRD analysis	
	2Θ (°)	d-value (Å)
Mt	8.12	10.86
Mt + [C4MIm][Br]	6.89	12.81
Mt + [C4MIm][OH]	6.67	13.23
Mt + [C4MIm][BF4]	6.78	13.03
Mt + [C8MIm][Br]	6.40	13.80
Mt + [C8MIm][OH]	6.28	14.07
Mt + [C8MIm][BF4]	6.25	14.14
Mt + [C16MIm][Br]	5.15	17.15
Mt + [C16MIm][OH]	4.87	18.12
Mt + [C16MIm][BF4]	5.13	17.23

En la tabla 5 se puede observar el espacio interlamilar generado en la Mt con los diferentes LI incorporados. Se observa que el valor máximo y mínimo del espacio *d* fue 18,12 y 12,81 Å correspondientes al sistema Mt + [C16MIm][OH] y Mt + [C4MIm][Br], respectivamente. Esto indica que probablemente los cationes están dispuestos perpendicularmente entre las capas de Mt, ya que los tamaños de los cationes han sido previamente estimados (Reinert, 2012), lo que favorecería la maximización de las interacciones iónicas con la superficie de la arcilla mineral.

De acuerdo con estos resultados, las condiciones suaves del proceso químico llevado a cabo para la modificación de Mt son suficientes para un intercambio eficaz de cationes de Na⁺ por [CnMim]⁺ debido a la gran afinidad de la Mt con los LI. La caracterización por espectroscopía infrarroja, por difracción de rayos X y el análisis termogravimétrico confirmaron la intercalación de los cationes alquilimidazolio en el espacio de la capa intermedia de Mt. Este resultado muestra que las interacciones electrostáticas del catión imidazolio son más fuertes que el catión sódico en la capa intermedia del mineral, favoreciendo así la modificación de la arcilla y la obtención de un nuevo material.

Conclusiones

En este trabajo se ha sintetizado una nueva sal iónica, el hidróxido de 1-hexadecil-3-metilimidazolio y se ha interactuado eficazmente sobre el mineral de arcilla montmorillonita. Se ha realizado un estudio en términos de la longitud de la cadena alquílica y el papel de los aniones en la modificación eficaz de la montmorillonita. Cuanto más altas son las cadenas de alquilo, más alto es el espacio interlamilar que se genera en la Mt como se demuestra por XRD y TGA. Específicamente en este trabajo la cantidad de ILs adsorbida en Mt sigue el siguiente orden; Hexadecilo > octilo > butilo. Además, se ha demostrado que el tipo de anión afecta fuertemente la concentración efectiva de sal iónica que se puede incorporar en minerales arcillosos como la montmorillonita. Una mayor cantidad de sal iónica se intercala en la Mt cuando los aniones de hidróxido HO⁻ están presentes en comparación con aniones más electronegativos y voluminosos como Br⁻ y BF₄⁻ cuando la longitud de la cadena de alquílica permanece constante.

El procedimiento aquí descrito para obtener un mineral arcilloso modificado es fácil y permite que se recuperen las sales iónicas que no se incorporan a este mineral de arcilla, lo que lo hace adecuado para aumentar la producción industrial. La posibilidad de modificación por funcionalización del mineral de arcilla montmorillonita abre una amplia oportunidad para obtener nuevos materiales con propiedades especiales y potenciales aplicaciones técnicas y ambientales.

Referencias

- Aftafa, C.; Pelit, F. O.; Yalcinkaya, E. E.; Turkmen, H.; Kapdan, I. & Nil Ertas, F. (2014). Ionic liquid intercalated clay sorbents for micro solid phase extraction of steroid hormones from water samples with analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, (1361), 43–52.
- Efimova, A.; Pfützner, L. & Schmidt, P. (2015) Thermal stability and decomposition mechanism of 1-ethyl-3-methylimidazolium halides. *Thermochimica Acta*, (604), 129–136.
- Efimova, A., Hubrig, G. & Schmidt, P. (2013) Thermal stability and crystallization behavior of imidazolium halide ionic liquids. *Thermochimica Acta*, (573), 162–169.
- Fulmer, S. L.; Richardson, D. P.; Smith, T. E. & Wolff, S. (2002) Preparation of 1-Butyl-3-Methyl Imidazolium-Based Room Temperature Ionic Liquids. In *Organic Syntheses* 79, 236.
- Fiscal, J. A.; Obando, M.; Rosero, M.; Montaña, D. F.; Cardona, W.; Giraldo, L. F. & Richter, P. (2017). Ionic liquids intercalated in montmorillonite as the sorptive phase for the extraction of low-polarity organic compounds from water by rotating-disk sorptive extraction. *Analytica Chimica Acta*, 953, 23–31.
- Guerrero, C.; Erdmenger, T.; Šereda, P.; Wouters, D. & Schubert, U. S. (2006) Water-soluble ionic liquids as novel stabilizers in suspension polymerization reactions: Engineering polymer beads. *Chemistry - A European Journal*, 12 (35), 9036–9045.
- Il, M.; Kim, D. K.; Bineesh, K.; Kim, D. W.; Selvaraj, M. & Park, D. W. (2013). Catalytic performance of montmorillonite clay ion-exchanged with ionic liquids in the cycloaddition of carbon dioxide to allyl glycidyl ether. *Catalysis Today*, 200 (1), 24–29.
- Li, Z.; Jiang, W. T.; Chang, P. H.; Lv, G. & Xu, S. (2014). Modification of a Ca-montmorillonite with ionic liquids and its application for chromate removal. *Journal of Hazardous Materials*, 270, 169–175.
- Mahmoudian, S.; Wahit, M. U., Ismail, A. F. & Yussuf, A. A. (2012). Preparation of regenerated cellulose/montmorillonite nanocomposite films via ionic liquids. *Carbohydrate Polymers*, 88 (4), 1251–1257.
- Malachová, K.; Praus, P.; Rybkov, Z. & Kozk, O. (2011) Antibacterial and antifungal activities of silver, copper and zinc montmorillonites. *Applied Clay Science*, 53 (4), 642–645.

- Men, Y.; Kuzmicz, D. & Yuan, J. (2014) Poly(ionic liquid) colloidal particles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 19 (2), 76–83.
- Rafiei, B. & Ahmadi, G. (2013) Preparation and characterization of the Cloisite Na + modified with cationic surfactants. *Journal of Crystallography and Mineralogy*, 21 (2), 25–32.
- Ranu, B. C. & Banerjee, S. (2005). Ionic liquid as catalyst and reaction medium. The dramatic influence of a task-specific ionic liquid, [bmIm]OH, in Michael addition of active methylene compounds to conjugated ketones, carboxylic esters, and nitriles. *Organic Letters*, 7 (14), 3049–3052.
- Reinert, L.; Batouche, K.; Leveque, J.M.; Muller, F.; Beny, J. M.; Kebabi, B. & Duclaux, L. (2012) Adsorption of imidazolium and pyridinium ionic liquids onto montmorillonite: Characterisation and thermodynamic calculations. *Chemical Engineering Journal*, 209, 13–19.
- Selvam, T.; MacHoke, A. & Schwieger, W. (2012). Supported ionic liquids on non-porous and porous inorganic materials - A topical review. *Applied Catalysis A: General*, 445–446, 92–101.
- Shirini, F.; Seddighi, M.; Mazloumi, M.; Makhsoos, M. & Abedini, M. (2015). One-pot synthesis of 4,4-(arylmethylene)-bis-(3-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-5-ols) catalyzed by Brønsted acidic ionic liquid supported on nanoporous Na⁺-montmorillonite. *Journal of Molecular Liquids*, 208, 291–297.
- Takahashi, C.; Shirai, T. & Fuji, M. (2012) Study on intercalation of ionic liquid into montmorillonite and its property evaluation. *Materials Chemistry and Physics*, 135 (2–3), 681–686.
- Wu, L.; Liao, L.; Lv, G.; Qin, F. & Li, Z. (2014) Microstructure and process of intercalation of imidazolium ionic liquids into montmorillonite. *Chemical Engineering Journal*, 236, 306–313.

Generación de un modelo de pruebas en proyectos de business intelligence

Elkin Darío Aguirre Mesa¹²

David Alberto García Arango¹³

Gustavo Andrés Araque González¹⁴

César Felipe Henao Villa¹⁵

Héctor Sahir Tabora Vargas¹⁶

Safiah Binti Sidek¹⁷

Francisco Valverde Alulema¹⁸

Gina Mejía Madrid¹⁹

Resumen

En ingeniería, el tema de minería de datos es un campo de la informática que deriva del *Big Data* el cual trata de generar y aplicar, a partir de modelos matemáticos y lógicos, patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos. Igualmente, en ingeniería de software, el proceso de minería de datos está vinculado directamente con un ciclo de vida. Dentro de la ingeniería de software, cada una de las pruebas que se aplican están relacionadas directamente con procesos transversales en todo el ciclo de vida, lo cual está representado por un modelo que es generado con estándares ingenieriles

12. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ingeniero de Sistemas, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa. Correo: elkin.aguirre@pascualbravo.edu.co

13. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Matemáticas Aplicadas, candidato a Doctor en Educación. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

14. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería de Producción, docente investigador de la Corporación Universitaria Americana. Correo: garaque@americana.edu.co

15. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Ingeniero de Sistemas, Magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co

16. Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa, Universidad de Santander, Especialista en Administración de la Informática Educativa, Universidad de Santander, docente investigador Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Correo: hector.taborda@uam.edu.co

17. Docente investigador de la Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM). Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka. Correo: safiahsidek@utem.edu.my

18. Docente investigador de la Universidad Central de Ecuador. Av. La Gasca s/n Av. Universitaria. Correo: fvalverde@uce.edu.ec

19. Docente investigador de la Universidad Central de Ecuador Av. La Gasca s/n Av. Universitaria. Correo: gsmejia@uce.edu.ec

claros y prácticos que se desarrollan a nivel de industria de software o, propiamente, en la industria. Proyectos de tipo BI -*Business Intelligence* han desarrollado investigaciones sobre las validaciones de los modelos que se generan en la minería de datos, pero no un modelo que sea transversal a todo el ciclo del mismo. Este artículo propone un modelo de pruebas para proyectos BI aplicando las prácticas de pruebas en ingeniería de software como la unitaria, de componentes, de integración, de sistemas y otras. Las metodologías utilizadas en diversas bases de datos son la CRISP-DM -Cross-Industry-Estándar-Process y la SEMMA -Muestreo, Exploración, Modificación, Modelado y Valoración-. En conclusión, las soluciones informáticas en BI conllevan etapas que integran, fundamentan la concepción, implementación y desarrollo de modelos de ingeniería de software, por consiguiente, se deben aplicar prácticas de verificación, cuantificación y validación para obtener productos de software de calidad aplicando instrumentos y mecanismos permanentes.

Palabras clave: inteligencia de negocios, proyectos BI, modelo, pruebas, ingeniería de software.

Introducción

Al momento de querer realizar pruebas a el desarrollo de un software aparece la pregunta de qué se debe tener en cuenta al iniciar el proceso de evaluación de un software o paquete, y si se desea implementar una solución a largo, mediano o corto plazo. En función de la necesidad se presentan situaciones en las que una organización necesita resolver sus requerimientos y necesidades de los análisis de inmediato, pero se cae en el error de no tener tiempo suficiente para hacer un análisis a cabalidad, metódico o con la suficiente calidad para resolver los requisitos y elicitaciones del usuario, de la plataforma de la organización y del modelo gerencial de la organización. En relación a lo mencionado, uno de los causantes más comunes es el de depender de un modelo que no es transversal a otros procesos de la organización y se está limitado a un modelo de prueba o gestión analítico interno que ya no es eficiente ni pertinente correctamente o que, por el contrario, es muy complejo y por ende es demasiado difícil de mantener en el tiempo.

Según el estándar ISO 9000, se define la calidad como el grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos del sistema, lo que indica un nivel de satisfacción del interesado acerca de un producto de software o solución informática (ISO, 2005). En desarrollo de software, se busca asegurar la calidad del producto a producir a través de pruebas que pueden ser una o varias, y que busca realizar una validación de todos los requerimientos y especificaciones del producto que se definieron a la hora de realizar la elicitación y definición de los requisitos logrando un producto sobrio en función de la revisión realizada el diseño inicial y, por último, de su codificación (Martínez & Segovia, 2000).

En las lecturas realizadas, algunas investigaciones solo tratan el problema mostrando modelos, prácticas y metodologías que sirvan para apoyar el proceso de pruebas

de los productos de software, pero con la problemática de que, las pruebas aplicadas a los software o soluciones informáticas, se enfocan únicamente en el ciclo de vida del mismo y no en el ciclo de vida de proyectos de minería de datos (Glenford & Wiley, 2004). Que es lo que algunas organizaciones quieren realizar. Otra situación que se presenta muy comúnmente al interior de las instituciones, organizaciones o empresas desarrolladoras de software se debe a políticas internas de la institución que no puede esperar más tiempo para que las áreas de la institución o ente, realicen revisión y construcción de elementos de la elicitación y sobre las necesidades funcionales y no funcionales requeridas para el diseño del software.

En casos generales se ha observado también, que instituciones y organizaciones que dedican recursos en adquirir mejores softwares de BI de su clase, pasarán con este un tiempo prolongado, ya que se realizó un gasto significativo en función de capital económico, consultorías, asesorías y formación de los usuarios, así como tiempo total que se asocia a la creación, extracción, conversión y procedimientos o procesos de carga de datos y puntos de vista del negocio.

Ahora bien, en el desarrollo de un **proyecto BI** (*Business Intelligence*) o como se conoce en español Inteligencia de negocios, su ciclo de vida es tratado como una etapa más, para la cual los modelos generados y desarrollados usando distintos modelos o técnicas, deben ser verificados en función de sus requisitos. Por lo que aparecen falencias relacionadas con la falta de implementación de etapas de pruebas de cada uno de los elementos que conforman el ciclo de vida de un software, y que lo mejor es realizar distintas pruebas en paralelo y que serán transversales a ellas para garantizando así una mejor corroboración del objetivo del software, sus elicitaciones y comprobar a la luz de las pruebas un buen desarrollo de cada etapa del ciclo de vida asociado a proyectos de BI.

Las pruebas de software

Un estándar interesante de mencionar es el ISO/ IEC 29119, en las que todas las actividades de verificación y validación realizado durante el proceso de software se le lleva como actividad al proceso de pruebas, definiendo por consiguiente que las pruebas a realizar son ya un modelo propio de este.

Las pruebas de software se definen como: “la actividad en que un sistema o un componente se ejecuta bajo condiciones controladas, los resultados son registrados y la evaluación es realizada sobre algún aspecto del sistema o componente” (ISO/ IEC/IEEE, 2010). Es de aclarar que las actividades relacionadas con la verificación y la validación de software, se derivan del aseguramiento de la calidad y el cumplimiento de los requisitos levantados al inicio del desarrollo, y que tienen como objetivo garantizar al usuario que el sistema se construye de acuerdo al proceso de desarrollo y que cumple con las necesidades del cliente (Wallace & Fujii, 1989), las validaciones aplicadas permiten entonces corroborar que el desarrollo del software es capaz de cumplir con el uso previsto (ISO / IEC / IEEE 2010) y la verificación corrobora que el software sí cumple a cabalidad con los requisitos definidos por el cliente (ISO / IEC / IEEE 2010), ambos conceptos están determinados a la hora de plantear los objetivos del proceso de prueba y del proceso de validación. Se ha generalizado que la validación se divide en dos componentes primarios: validación estática y validación dinámica. La validación estática, verifica la exactitud del producto de software sin ejecutar el sistema de software, mientras que la validación dinámica ejecuta el sistema de software (Boehm, 1984).

Los procesos propios de las pruebas de software están integrados por los siguientes subprocesos (Sanz, et al., 2009):

- **Procesos de gestión:** conjunto de procesos que permiten gestionar el proyecto de pruebas en cada uno de sus pasos y componentes.

- **Procesos de soporte:** conjunto de procesos que promueven la ejecución de aquellos procesos que incluyen las actividades propias de verificación y validación de productos de software o soluciones informáticas.

- **Procesos técnicos:** conjunto de procesos que incluyen las actividades relacionadas directamente con la verificación y la validación de los productos software que van desde lo físico, hasta lo lógico pasando por plataformas y demás.

A nivel técnico, es de mencionar que, entre los aspectos más notables del proceso de pruebas, se destacan el alcance y el tipo de prueba. A continuación, se describen las dos:

Alcance de las pruebas

El alcance hace referencia a las etapas de las pruebas, las cuales se definen como (Baker, et al., 2008):

- **Pruebas de aceptación:** los usuarios prueban el sistema o aplicación para establecer si está listo para la salida a producción.

- o **Pruebas de componentes:** el objetivo de la prueba de componentes es escoger la pieza más pequeña del software a probar, aislarlo del resto del código, y determinar si se comporta exactamente como se espera. Cada componente, se prueba por separado antes de integrarlo en un servicio.

- **Pruebas de integración:** se centran en verificar el ensamblaje correcto entre los distintos componentes, una vez que han sido probados unitariamente.

- **Pruebas de sistema:** son pruebas de integración del sistema completo. Permiten probar el sistema en su conjunto y con otros sistemas con los que se relaciona, para verificar que las especificaciones funcionales y técnicas se cumplen. Estas pruebas se realizan en un entorno fuera del alcance del desarrollador.

- **Pruebas unitarias:** el objetivo es probar las unidades más pequeñas del software, el componente o módulo de software.

Tipos de prueba

De acuerdo con los alcances de las pruebas se determinan que dimensiones de calidad se van a evaluar, y según la literatura usada como referencia (Shuja & Krebs, 2007) las pruebas se clasifican por lo general en:

- **Las pruebas de confiabilidad:** involucra la ejecución de otros tipos de pruebas como: pruebas de integridad, estructurales y de estrés.
- **Las pruebas de infraestructura:** se dividen en pruebas de configuración y pruebas de instalación.
- **Las pruebas de regresión.**
- **Las pruebas de rendimiento incluyen:** pruebas de *benchmark* (procedimiento que evalúan el rendimiento), pruebas de carga y pruebas de perfiles.
- **Las pruebas de usabilidad:** evalúan la facilidad de uso de las interfaces con el usuario.
- **Las pruebas funcionales:** que a su vez se dividen en pruebas de requisitos funcionales, pruebas de control de acceso y seguridad, y pruebas de volumen.

La mayoría de los estándares asociados a IEEE a la hora de aplicar procesos de verificación y validación se mencionan y tratan las siguientes técnicas (Juristo, Moreno y Vegas, 2006):

- **Técnicas estáticas:** es una técnica de evaluación de artefactos del proceso de desarrollo denominada generalmente revisiones, pretende detectar de forma manual defectos en cualquier producto del proceso de construcción. Los tipos de revisiones que se realizan son:

- o Auditorías.
 - o Inspecciones.
 - o Revisiones informales.
 - o *Walkthrough* (las de técnicas de una revisión guiada).
- **Técnicas dinámicas:** estas técnicas permiten evaluar un sistema o uno de sus componentes. Se ejecuta en circunstancias previamente definidas, comparando los resultados obtenidos y los resultados esperados para identificar las fallas en el software.
 - o Caja blanca o estructural: se enfocan en examinar los detalles procedimentales del código fuente en el contexto lógico del desarrollo.
 - o Caja negra o funcionales: estas pruebas se realizan al sistema de software en tiempo de ejecución orientada a evaluar la funcionalidad que debe realizar.

Proyectos de tipo BI

Por definición, se entiende que los proyectos de tipo BI, están orientados a la adquisición de conocimiento a partir de un gran número de datos que se encuentran consolidados y se pueden ubicar en las bases de datos destinadas para ello, las cuales son repositorios de información que son alimentados por diferentes fuentes de datos operativos o transaccionales, así como las relaciones existentes entre ellos si es el caso (Lezcano, 2002).

Otro concepto, ya generalizado es el que está asociado con la obtención de conocimiento, el cual es denominada KDD (*Knowledge Discovery in Databases*, traducido al español proceso de extracción de conocimiento) y está encaminado a obtener patrones potencialmente útiles y fáciles de comprender (Cabrera, 1998). Esta actividad se realiza fundamentalmente con la aplicación de técnicas de minería de datos, las cuales integran bases de datos, reglas de inferencia, estadística, redes neuronales, lógica difusa e inteligencia artificial;

encontrando relaciones en los datos, y generando modelos o representaciones del conocimiento obtenido a partir de ello. Las etapas tradicionales del ciclo de vida para obtención de conocimiento son:

- El modelado del negocio.
- La extracción o comprensión de los datos.
- La preparación de los datos que implica la selección.
- Limpieza y transformación, la consolidación que implica el modelado de la bodega de datos.
- La explotación de los datos, la cual se realiza aplicando técnicas de minería de datos para descubrir patrones.
- La interpretación y evaluación de los modelos obtenidos
- Todas las etapas están tratadas en la obra Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering Fundamentals (Chang, 2001).

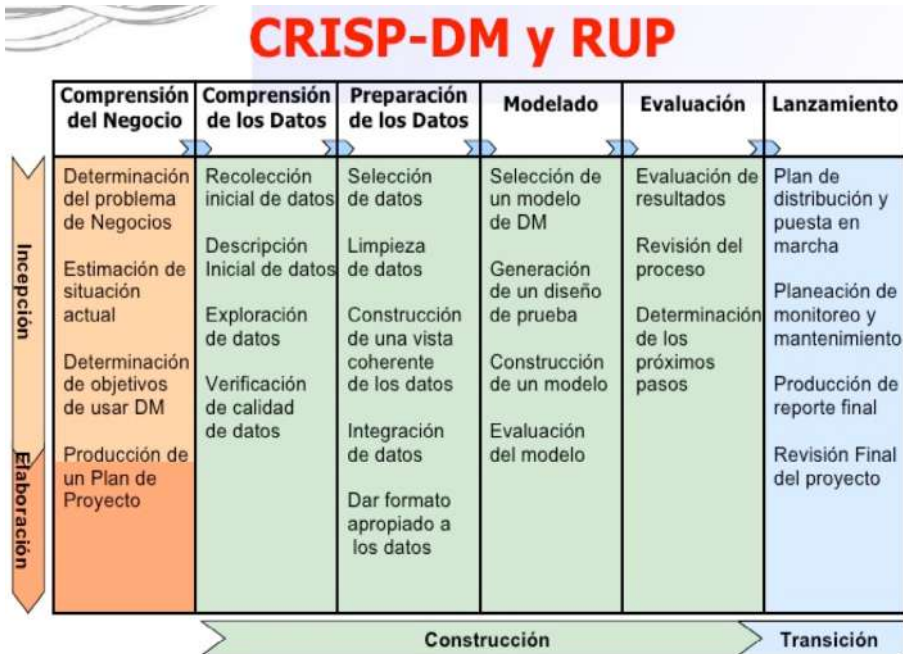
Metodologías para proyectos BI

La unión o reunión de un conjunto de actividades, procesos, funciones y tareas que se ejecutan con la meta de obtener un propósito es lo que se define como metodología. La metodología que se utilice es la que con el tiempo determina como se deben realizar cada una de las tareas o funciones y el orden de estas. Se entiende por consiguiente que la metodología seleccionada garantiza en la medida de lo posible cumplir con cada una de las etapas que conforman un proceso de adquisición de conocimiento en forma ordenada y sistémica según lo plantea en su trabajo Chang (2001).

En la industria del software existen dos metodologías muy conocidas y utilizadas en los proyectos BI, se describen a continuación:

- **Metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standar Process traducido del inglés proceso estándar para minería de datos Cross-Industry):** esta primera metodología es un estándar de índole internacional creado con el fin de generar buenos desarrollos de proyectos BI a la luz del trabajo realizado por Paola Britos en su obra titulada *Objetivos de negocio y procesos de minería de datos en sistemas inteligentes (2010)*. Esta metodología la componen 6 etapas. La primera es la **comprensión del negocio**, la cual relaciona el modelado de la organización. Posteriormente, se realiza la **comprensión de los datos**, la cual apunta a extraer datos desde las fuentes u orígenes. Luego, la **preparación de los datos**, a través de un proceso de extracción. Se continúa con el modelado del repositorio, donde se almacenan los datos y la consolidación de los mismos a través de la transformación y carga de datos, luego se realiza la extracción del conocimiento, a esta etapa se le denomina **explotación**. El conocimiento viene en modelos generados que son revisados en una etapa que se denomina **evaluación**. Cuando todo es consistente se puede visualizar. Esta es la última de las fases que indica la metodología CRISP-DM (Chang, 2001). Todas entran a participar en un proceso recurrente o iterativo. La metodología CRISP-DM define dos documentos básicos a la hora de realizar un desarrollo del proyecto BI. El primero conocido como el **modelo de referencia** el cual describe cada una de las fases, tareas y resultados de un proyecto KDD, y el segundo como la **guía del usuario**. El cual abarca cada uno de los elementos técnicos relacionados con los aspectos tratados en la guía de referencia. Es de anotar que a este punto se utilizan listas de chequeo de cada una de las funciones de cada etapa mencionada (gráfica 10).

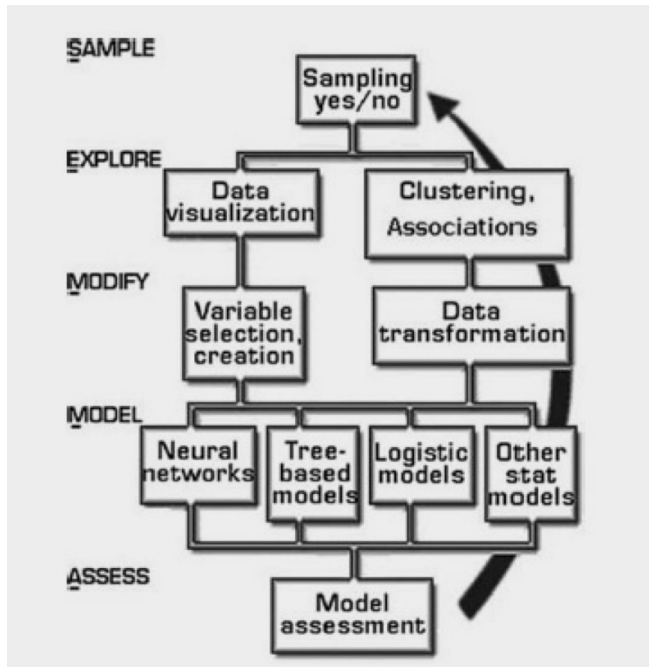
- Metodología SEMMA (acrónimo de: Muestreo,



Gráfica 10. Esquema de datos en las metodologías CRISP-DM y RUP

Fuente: www.snoopconsulting.com

Exploración, Modificación, Modelado y Valoración): esta otra metodología, es de las más implementadas en proyectos BI y se basa en seleccionar, explorar y modelar a partir de conjuntos de datos no relacionados entre sí obligatoriamente, con el propósito de obtener patrones frecuentes desconocidos para la organización adquiriendo así nuevo conocimiento como patrimonio. Se conoce que las fases asociadas a esta metodología son: Muestreo, que corresponde a la extracción de los datos. Exploración, en ella se revisan los datos, cuyo propósito es la optimización de la eficiencia de los modelos que se obtendrán en esta metodología. Modificación, en esta, se ajustan los datos para que tenga el formato requerido en el modelo analítico. Modelado, permite definir el modelo de datos analítico donde se trata la información. Finalmente, Valoración que consiste en evaluar los modelos obtenidos. De esta forma, se garantiza que los datos tengan una predicción confiable y viable (gráfica 11) (Britos, 2010).



Gráfica II. Flujo de datos metodología SEMMA

Fuente: <https://churriwifi.wordpress.com/category/formacion/?page=stats&view=post&post=371&blog=10189113>

Antecedentes

En procesos de pruebas que se les realizan a proyectos BI se encuentran componentes pilares a la hora de realizar una validación, valoración, evaluación, estimación, y búsqueda de una calidad en el producto, con lo que en la literatura que se mencionará se pudieron identificar unos cinco o seis componentes, que trataremos a continuación, sin ser uno más o menos relevante que los otros.

La validación

Se determinó, por ejemplo, que en la obra “introducción a la minería de datos” (Vieira y Ortiz, 2009), es tratado el tema de realizar la etapa de ajuste y validación mucho después de realizarse la extracción de los datos analizados, tomando una muestra, determinando que dicha muestra debe ser

ajustada a los modelos de acuerdo a los datos solicitados en él, con lo que se plantea como etapa final, la validación del modelo usado. Esta validación se realiza en la etapa de extracción ya tratada y en la etapa posterior a la explotación y anterior a la visualización; teniendo el inconveniente que no se tiene en cuenta la validación en cada una de las etapas del proyecto de minería de datos siendo esto un error que generaría fallas en el modelo planteado inicialmente.

Validación de un modelo de minería de datos con paquetes o software a la medida

Un ejemplo, es el paquete desarrollada por la compañía Microsoft, que comercializa diferentes herramientas de testeo y de validación de modelos de datos con el fin de tener una garantía en el uso adecuado de los diferentes modelos de minería de datos (Microsoft Developer Network, 2014). Se debe aclarar que estas herramientas o paquetes comerciales hacen parte de la validación del proceso de explotación y no permiten la evaluación de cada uno de los procesos que intervienen en el ciclo de vida de proyectos de minería de datos MD.

Las métricas de evaluación

Una de las métricas de evaluación utilizada según Barrientos y Ríos (2013) son aquellas que se basan en medidas de evaluación técnica que contiene la información relacionada con las distintas clasificaciones que se tienen de los datos y las que se predicen para un determinado proyecto, se trabaja con tablas de contingencias para presentar los datos predichos acertados y los datos erróneos, para los cuales se realiza una serie de mediciones técnicas como la precisión, la exactitud, entre otros. Las métricas de evaluación tienen el inconveniente de que solo se centra en la parte técnica de los datos y no tiene en cuenta la evaluación de otras etapas propias a ella.

Herramienta de validación de método de estimación de esfuerzo para proyectos BI

Se trabajan con un número diverso de modelos, y se posee un método matemático configurado y estimado para proyectos de minería de datos, conocido como DMCOMO. La cual tiene un enfoque dinámico para la validación de dichas estimaciones a través de herramienta propias del proceso de validación (Pytel, 2011), pero se debe tener en cuenta que surge la problemática de no tener un método de validación a partir de una herramienta o proceso formal, que garanticen una validación idónea.

Ingeniería de Data Mining -DM determinando el modelo para desarrollar proyectos BI

Con los trabajos realizados por los investigadores estudiados a la fecha y que se han mencionado por sus escritos, se puede realizar un paralelo entre la ingeniería de software y la ingeniería de Data Mining -DM, entendiendo que la metodología CRISP-DM que es de minería de datos, posee una etapa encargada de evaluar resultados obtenidos, pero no se evidencia una etapa de evaluación del proceso en sí, con lo cual se requiere evaluar cada una de las etapas que conforman el ciclo de vida de un proyecto BI. Por lo anterior, la evaluación hace parte de un proceso integral y formal en todo el ciclo de vida de proyectos DM pero que aún no se definen las actividades que lo engloban o abarcan ni los instrumentos a aplicar para la evaluación. El modelo para realizar un adecuado desarrollo de proyectos BI debe incorporar mínimo tres tipos de procesos que serían de gestión, de desarrollo e integrales; que serían transversales a todo el modelo y que se apoyan en un buen modelamiento de mejora continua, mejora de la infraestructura y mejora de la formación (Mariscal, et al., 2007).

Garantizar la calidad para proyectos BI con adquisición de conocimiento

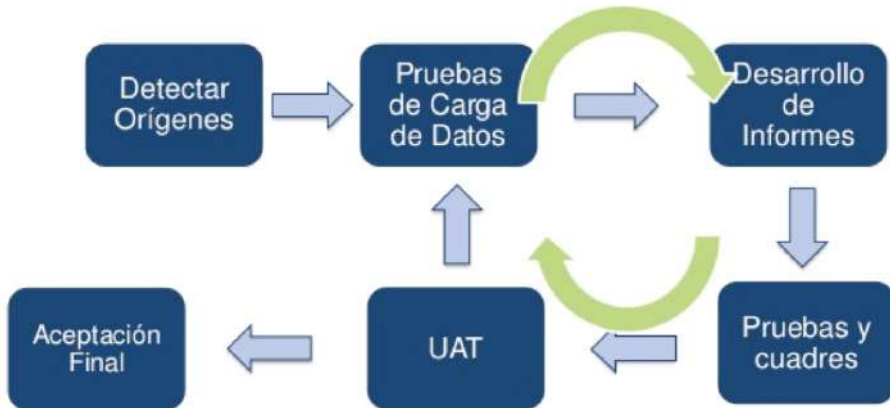
A continuación, se describirá un modelo de pruebas que se encuentra en una fase beta, el cual sea garante en el proceso de verificación de la calidad de proyectos BI que busquen generar conocimiento a partir de una base o repositorio de información. Se describen, por lo tanto, las pruebas a realizarse en los proyectos pertinentes, aunque no se determina en el escrito actual el proceso que define las pruebas a aplicarse, pero estas serán transversales para garantizar así una mejor corroboración del objetivo del software, sus elicitaciones y comprobar a la luz de las pruebas un buen desarrollo de cada etapa del ciclo de vida del proyecto.

Los antecedentes tratados y la introducción sirven de base fundamental para decir que en general las validaciones solo se aplican a parte del ciclo de vida o a algunas etapas del ciclo de vida en proyectos de naturaleza BI, con lo que daciones específicas del ciclo en mención, no se determinan de forma clara las tareas, herramientas y artefactos a aplicar en cada una de las distintas pruebas en todo el proceso de los proyectos asociados a minería de datos y adquisición de nuevo conocimiento.

Metodología

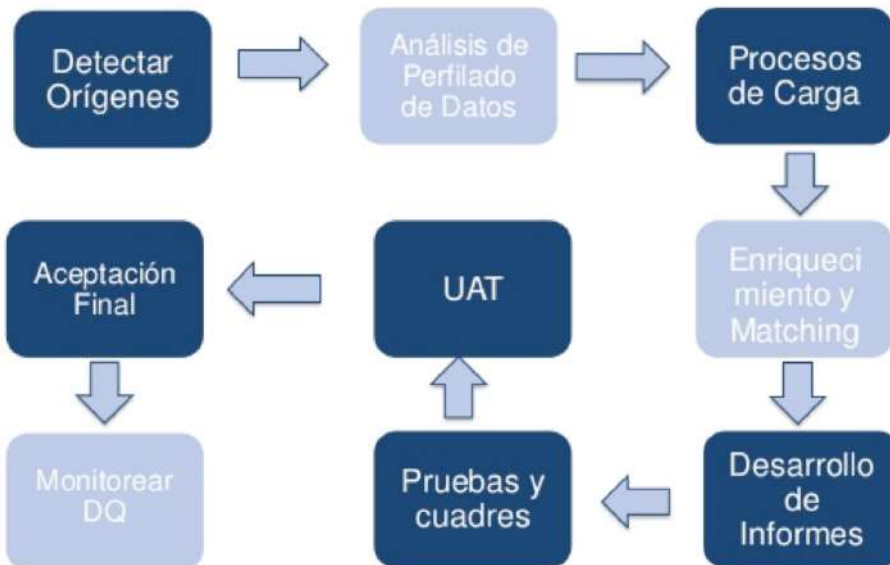
En la gestión de proyectos, que busca alcanzar uno o más objetivos de un proyecto, logrando desarrollar el emprendimiento de un producto, se utilizan distintos modelos de desarrollo como son el de Cascada que es de los más usados y conocidos, Modelo V que es usado tanto en gestión como en desarrollo de software y está disponible públicamente, PRINCE (PRRobjects IN Controlled Environments), o modelos de evaluación de procesos como son el CMMI (Capability Maturity Model Integration), Modelo de prototipos y demás, por lo que en aras de determinar una solución a la falta de un modelo propia para proyectos de BI se determinó que se logra mejores resultados al usar el Modelo V en paralelo con las distintas fases o etapas del ciclo de vida en proyectos BI.

Las pruebas de calidad y validación realizadas con el modelo V para software presentan mejor resultado, por lo que se tratara el ciclo de vida en proyectos BI y el modelo v desde el enfoque de tener conocimiento en la calidad de datos DQS.



Gráfica 12. Ciclo de vida en Proyectos BI sin DQS

Fuente: <https://es.slideshare.net/maryarcia/asegurando-la-calidad-del-dato-en-mi-entorno-de-business-intelligence>

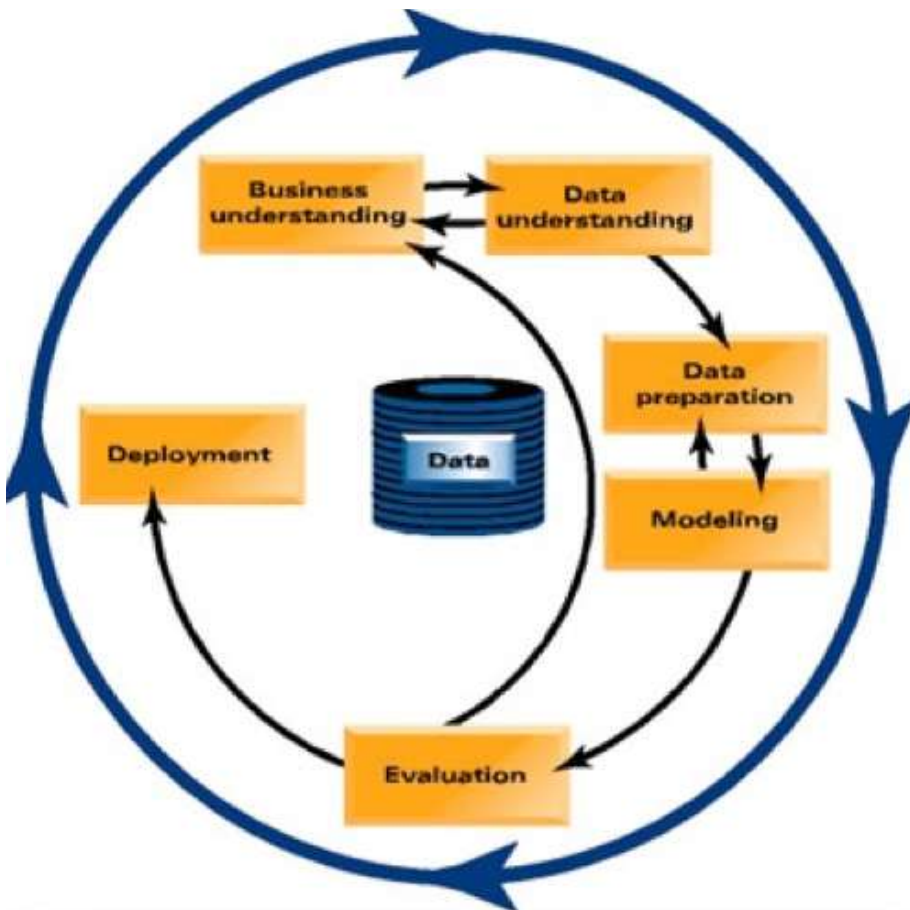


Gráfica 13. Ciclo de vida en Proyectos BI con DQS

Fuente: <https://es.slideshare.net/maryarcia/asegurando-la-calidad-del-dato-en-mi-entorno-de-business-intelligence>

Etapas del ciclo de vida para proyectos BI

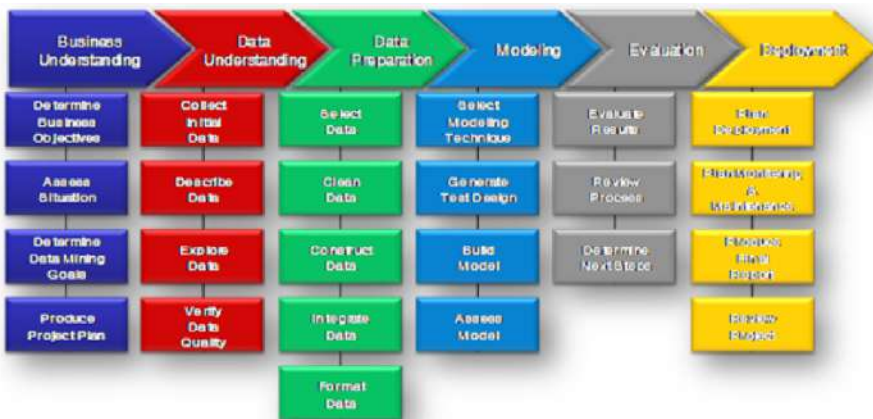
Las distintas etapas del ciclo de vida en un proyecto BI la conforman seis fases con sus actividades y los entregables asociados a cada tarea. Esto según lo especifica la metodología CRISP-DM. La metodología CRISP-DM estructura el ciclo de vida en fases, que interactúan entre ellas de forma iterativa durante el desarrollo del proyecto, y son vistas en la gráfica 14.



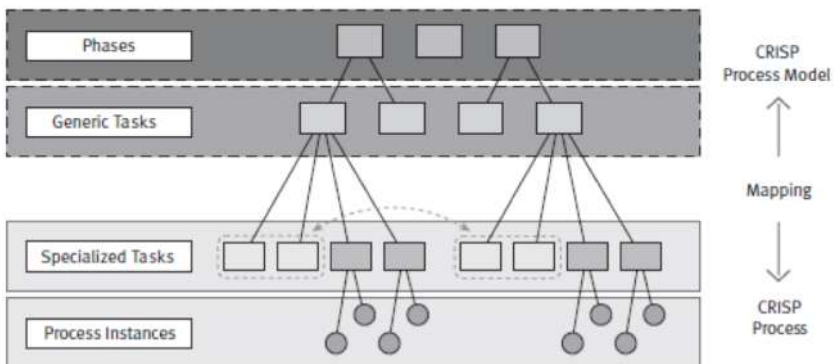
Gráfica 14. Fases Ciclo de vida Metodología CRISP-DM iterativo
Fuente: <https://jpgarcia.cl/2008/07/25/metodologia-para-proyectos-de-mineria-de-datos/>

Se debe tener claro que los proyectos BI que involucran DM no siempre garantizan en la implantación del modelo (sexta fase), con lo que es necesario documentar y presentar los resultados de manera comprensible en orden para garantizar un incremento en la adquisición de conocimiento. Seguidamente a lo anterior se tiene que garantizar que en la fase de explotación se implemente un mantenimiento de la aplicación y la posible difusión de los resultados encontrados con el modelo desarrollado.

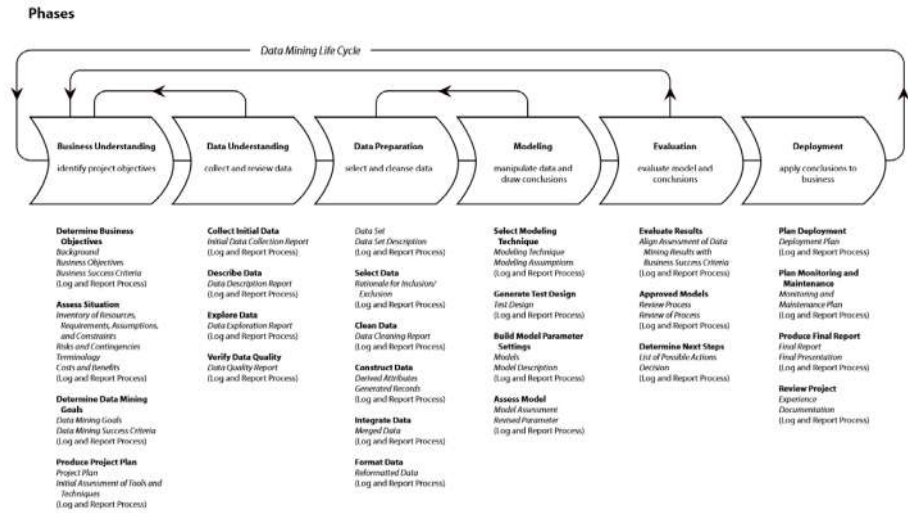
Igualmente, se debe tener claro cuáles son las fases que conforman el ciclo de vida y que cada una posee tareas asociadas a cada etapa. En las siguientes dos gráficas (15 y 16) se observa de forma visual esto para una mayor comprensión.



Gráfica 15. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM por fases
 Fuente: <https://jpgarcia.cl/2008/07/25/metodologia-para-proyectos-de-mineria-de-datos/>



Gráfica 16. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM. Desglose jerárquico
 Fuente: <http://blog.auriboxtraining.com/business-intelligence/metodologias-de-data-mining/>



Gráfica 17. Fases ciclo de vida metodología CRISP-DM y tareas asociadas a cada actividad -fase.
Fuente: <https://exde.wordpress.com/2009/03/13/a-visual-guide-to-crisp-dm-methodology/>

Tabla 6. Ciclo de vida en proyectos BI, a partir de la metodología CRISP-DM

Etapa	Tareas
<p>Comprensión del negocio Modelado de la organización: Identificación de la organización y sus procesos. Especificación de necesidades en torno a las metas de la organización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Determinar las características de la organización. •Realizar especificación de procesos y actividades relacionados con las necesidades identificadas con anterioridad. •Identificación del problema, y alcance de mismo en función del tiempo.
<p>Comprensión de los datos Extracción: Definición de las diferentes fuentes u orígenes de la organización; las colecciones de datos necesarias para dar respuesta a las necesidades planteadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar las fuentes de datos internas y externas (bases de datos y sus formatos). •Especificar el mapeo necesario para obtener los datos desde las diferentes fuentes. •Definir las estrategias de extracción de datos, relacionando variables, y criterios de búsqueda, así como la limpieza en repositorios externos o internos

Continúa en la siguiente página.

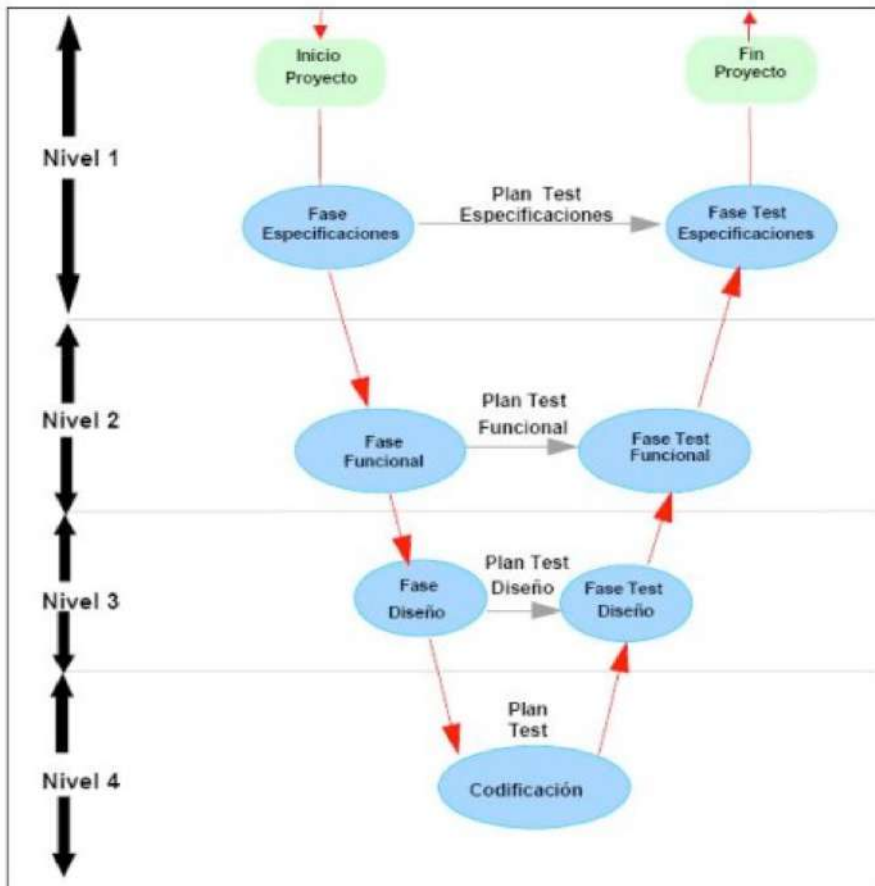
Etapa	Tareas
<p>Modelado Consolidación: Organización de los datos obtenidos de las diferentes fuentes, en una base de datos denominada bodega de datos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Se diseña e implementa la bodega de datos (Modelo estrella), donde se especifican las dimensiones y los hechos. •Se especifican procedimientos necesarios para migrar los datos desde el origen al destino (desde las fuentes, a la bodega de datos). •Durante este proceso se realiza una actividad que consiste en transformar los datos (tipos y longitudes), con el fin de garantizar la simetría y consistencia.
<p>Explotación: Elaboración de consultas al repositorio de datos, con el fin de obtener información, y después de analizarla se adquiere conocimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Se determinan los criterios para definir las colecciones de información desde la bodega de datos. •Se especifican criterios de selección para las técnicas de análisis de información apropiadas. •Validación de modelos.
<p>Visualización</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Se especifican las interfaces, para visualización de los modelos obtenidos.

Modelo V

Este modelo, muestra gráficamente el flujo etapas del ciclo de vida de un producto de software, el cual en nuestro caso es de tipo BI, recibe su nombre al tener una distribución de las etapas formando la letra v, acá se da una correspondencia entre el proceso de elaboración de un software y las pruebas aplicadas a él (Shuping & Ling, 2008). Como correspondencia se determinó la siguiente relación:

- En la etapa de Especificaciones se realizan las pruebas de aceptación.
- En la etapa Funcional o análisis de requisitos se realizan las pruebas de sistema.

- En la etapa de Diseño _Arquitectura se realiza las pruebas de integración.
- En la etapa de Diseño _Detallado se realiza las pruebas de usuario.
- En la etapa de codificación se realiza las pruebas de usuario como la anterior.
- En la etapa de Entrega o finalizando el proyecto se realiza las pruebas de regresión para la adecuada operación y mantenimiento del sistema en el tiempo. Gráfica 18. (Torres, 2009).



Gráfica 18. Fases o etapas en el modelo V

Fuente: <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/rodriquez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>

Resultados

En función de la metodología descrita y la necesidad de definir y generar un modelo de pruebas en proyectos BI se determinaron las siguientes pruebas asociadas a cada etapa del Ciclo de vida y los elementos del Modelo V.

Modelado de la organización

En esta fase se debe contrastar las necesidades de los clientes frente al plan estratégico de la organización validando la consistencia de las reglas de negocio y la estructura organizacional (Montilva y Barrios, 2012). Lo que llevaría finalmente, a la validación por parte del cliente a pruebas de aceptación cuando finalice el proyecto BI. Para pasar a la etapa de **pruebas de aceptación**, es necesario:

- Estudiar y cuantificar la calidad de las fuentes de datos y evitar reprocesos en la construcción del repositorio y almacenaje de datos.
- Conocimiento del cliente frente a las necesidades del proyecto.

Extracción

En esta etapa, el equipo de pruebas requiere un instrumento para comprobar el cumplimiento de la realización de un análisis exploratorio y descriptivo de los datos, también es importante establecer cuáles serán los instrumentos que permitan la validación y verificación de las actividades de transformación de variables y creación de atributos que se derivan de los datos, con lo que se deben implementar **pruebas unitarias**. Con lo anterior se garantiza la consistencia de la información y con apoyo en las reglas de negocio se logre validar la consistencia de los datos.

Consolidación

Antes de iniciar con la consolidación se tienen los resultados de las pruebas unitarias y con las cuales al dar su aprobación se da inicio a esta etapa, en ella se debe garantizar la consistencia e integridad de los datos por lo cual es el momento de realizar pruebas de integración, es requerido validar y verificar el repositorio o llamado generalmente bodega de datos, y que él se ajuste a los modelos indicados para ser un proyecto de adquisición de conocimiento, la estructura, asociaciones y demás relacionado con los datos son testeados a la luz de las pruebas unitarias, que garanticen la verificación de las unidades más pequeñas del proceso de extracción, transformación y carga (ETL en inglés) de datos que son propios de esta fase o etapa.

Explotación

Partiendo de los resultados de las pruebas de integración se debe generar un producto de calidad aceptable a este nivel con lo cual se debe realizar elección de herramientas e instrumentos de minería para la adecuada clasificación y agrupamiento de los datos en función de volumen, tamaño, relevancia y demás. Dependiendo de la selección de los criterios para evaluar los resultados obtenidos por la aplicación de las técnicas, con lo que son requeridas pruebas de integración a la hora de ejecutar todo el proceso extracción, transformación y carga de datos.

A esta altura del modelo, la etapa de explotación es un proceso redundante e iterativo en función del resultado obtenido con las pruebas a este momento. De acá se determinó que las pruebas deben garantizar la alineación de los modelos obtenidos con los objetivos del negocio, los resultados generados versus los esperados por la organización. Con lo que a este nivel vuelven a aparecer las Pruebas de aceptación. Una vez llegado a este punto se engloba todo y se generan pruebas de sistema que serán determinantes para la fase de visualización, con lo que se deben tener posibles alternativas en caso de que no se obtenga resultados exitosos en el descubrimiento de patrones para el conjunto de datos.

Visualización

Hasta este punto, los objetivos técnicos del estudio se han obtenido, pero los objetivos de negocio solo se garantizarán, si los usuarios de la solución apropian de forma adecuada el nuevo conocimiento a la toma de decisiones y a la generación de fortalecimiento de los procesos organizacionales, que en algunos casos se refleja en la ampliación de los objetivos estratégicos con el propósito de conquistar nuevos mercados. Por tal razón, las pruebas de software deben verificar el cumplimiento de un plan de implantación a producción, donde se pueda comprobar los perfiles requeridos tanto del capacitado como del formador. Al igual que se deben realizar pruebas de sistema como un todo, corroborando, desde los procesos hasta la visualización como parte de los objetivos iniciales del proyecto BI, con el fin de satisfacer, las necesidades propuestas alrededor de diversos indicadores propuestos.

Soporte y mantenimiento

Es de entenderse que todo proyecto, al llegar a producción y haber ejecutado todas las etapas del ciclo de vida como las pruebas asociadas a ellas, se deben establecer unos lineamientos que garanticen la validez de los modelos frente a los cambios del entorno o medio ambiente en que esta embebido el proyecto por lo que es determinante generar pruebas de realimentación del proyecto que den garantía a la hora de ejecutar modificaciones o adaptaciones del proyecto a lo largo de cualquier momento en el ciclo de vida o de ser requerido una actualización para aumentar su proyección de duración en la organización, teniendo una buena base en su calidad, robustez y confiabilidad, sin afectar los objetivos del proyecto planteados como base del proyecto original.

Conclusiones

Se requiere establecer los elementos continuos al interior del modelo de pruebas que sirvan de garantes para estudiar el nivel de complejidad, robustez y fiabilidad de la solución alcanzada para el proyecto BI y que deben ser propios de cada prueba que se realice a la vez que se vaya generando en el tiempo el modelo de pruebas.

Es trascendental definir prácticas de verificación y validación en cada una de las distintas etapas del ciclo de vida de un software de naturaleza BI con lo cual se tenga una base firme que soporte el alcance del objetivo del desarrollo de un proyecto BI, con un soporte fundamental que es la calidad del desarrollo que se obtiene.

En la etapa actual de la investigación no se han definido los activos o elementos que se derivan de cada una de las etapas de desarrollo con lo que es importante definirlos en el inicio del proyecto para ser usados en las últimas fases del ciclo de vida como es la implementación y el mantenimiento del sistema.

En función de los elementos que conforman el modelo planteado para proyectos BI es fundamental y crucial que se ejecute un análisis de los resultados de la etapa anterior o la que está en ejecución para mitigar así los posibles errores a la hora de aplicar la metodología o en el ciclo de vida del software como tal. Esto para así, evitar retrasos, errores o tener que abandonar la fase en que se esté trabajando, y realizar un ajuste o realimentación de la fase de trabajo en que se esté desarrollando

Referencias

- Baker, P.; Ru, Z.; Grabowski, J.; Haugen, O.; Schieferdecker, I. & Williams, C. (2008). *Model Driven Testing – Using the UML Testing Profile*. New York: Springer.
- Barrientos, F. y Ríos, S. (2013). Aplicación de minería de datos para predecir fuga de clientes en la industria de las telecomunicaciones. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 27, 73-107.
- Boehm, B.W. (1984). Software engineering economics, *IEEE Trans. Software Eng.*, 10 (1).
- Britos, P. (2010). Objetivos de negocio y procesos de minería de datos en sistemas inteligentes. *Reportes Técnicos en Ingeniería del Software*, 7 (1), 26-29.
- Cabrera, J. A. (1988). *Bodega de datos*. Grupo de Técnicas de Dirección. Universidad Agraria de la Habana, Cuba.
- Glenford, J. & Wiley, J. (2004). *The art of software testing*. Recuperado de: http://barbie.uta.edu/~mehra/Book1_The%20Art%20of%20Software%20Testing.pdf
- Chang, S.K. (2001). *Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering Fundamentals*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- International Organization for Standardization. (ISO). (2005). *Fundamentos y vocabulario. Norma internacional ISO 9000*. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:vi:es:term:3.6.1>
- Juristo, N.; Moreno, A.M. y Vegas, S. (2006). *Técnicas de evaluación de software*. Recuperado de: http://www.grise.upm.es/htdocs/sites/extras/12/pdf/Documentacion_Evaluacion_7.pdf
- Lezcano, R. D. (2002). *Minería de datos*. Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado de: <http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/MineriaDatosLezcano.pdf>
- Mariscal, G.; Marbán, O.; González, A. y Segovia, J. (2007). *Hacia la ingeniería de data mining: un modelo de proceso para el desarrollo de proyectos*. Recuperado de: <http://www.lsi.us.es/redmidas/CEDIo7/%5B14%5D.pdf>
- Martínez, A. F. & Segovia, F.L. (2000). *Introducción a la ingeniería del software: modelos de desarrollo de programas*. Madrid: Delta Publicaciones.

- Microsoft Developer Network. (2014). Proyectos de minería de datos: probar y validar modelos. Recuperado de: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/analysis-services/data-mining/testing-and-validation-data-mining?view=sql-analysis-services-2017>
- Montilva, J. C. y Barrios, J. A. (2012). BMM: A business modeling method for information systems development. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Pytel, P. (2011). Método de estimación de esfuerzo para proyectos de explotación de información: herramienta para su validación. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Estudio comparativo de los procesos de intervención a estrategias de aprendizaje en facultades de ingeniería de Medellín y el Área Metropolitana

*César Felipe Henao Villa*²⁰

*David Alberto García Arango*²¹

*Gustavo Andrés Araque González*²²

*Elkin Darío Aguirre Mesa*²³

*Safiah Sidek*²⁴

*Massila Kamalrudin*²⁵

Resumen

Se puede observar como tendencia generalizada el estudio de estrategias de aprendizaje, estilos de aprendizaje y estilos de enseñanza en un marco cada vez más centrado en el estudiante como sujeto fundamental del proceso educativo. Esta tendencia se está visualizando no solamente en las escuelas o colegios sino también en las universidades. Igualmente, así como se plantean estrategias, estas se modifican o son desplazadas por otras según diversos criterios que vale la pena analizar. En el presente escrito se presenta una investigación descriptiva enmarcada en un análisis socio-crítico de la forma en que se dan tales cambios en varias facultades de ingeniería de Medellín y el área metropolitana en la búsqueda de comprender desde una perspectiva cualitativa los factores que inciden en la consolidación, emergencia, hegemonía o decadencia de las estrategias de aprendizaje existentes en estos sectores. Como conclusión se presentan los factores comunes y diferenciadores de cada estrategia y se presentan juicios de valor respecto a los análisis de ajuste de tales estrategias respecto a casos exitosos a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: *estrategias de aprendizaje, calidad educativa, educación ingeniería.*

20. Docente adscrito al grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co

21. Docente investigador adscrito al grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

22. Docente investigador adscrito al grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana. Correo: garaque@americana.edu.co

23. Docente investigador adscrito al grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana. Correo: eaguirre@americana.edu.co

24. Institute of Technology Management and Entrepreneurship. Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka, Malasia. Correo: safiahsidek@utem.edu.my

25. Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka, Malasia. Correo: massila@utem.edu.my

Introducción

La construcción, consolidación, implementación y evaluación de procesos curriculares de programas profesionales de ingeniería en instituciones de educación superior (IES), se concibe como un factor clave de los procesos misionales tendientes a la acreditación de programas tanto a nivel nacional como internacional.

En medio de las tensiones que implican los avances en esta materia se construyen y deconstruyen estrategias, métodos y modelos que según, el diagnóstico de las necesidades locales y globales, se correlacionan o se alejan de los objetivos estratégicos propuestos. Las IES, además de tener derecho, están en la obligación de aprender del diagnóstico, análisis y evaluación de las estrategias de enseñanza y aprendizaje que promueven para el desarrollo de los objetivos de formación y de cara al fortalecimiento de los perfiles de egreso que se promulgan.

Atendiendo a lo anteriormente propuesto, se hizo referencia a los conceptos de administración curricular y gestión, en el marco de las esferas discursivas institucionales que promueven los procesos de acreditación en alta calidad. Es así como se pretende mostrar el carácter dinámico de las estrategias de aprendizaje e identificar qué tipo de elementos tiene en común y el cambio que genera al interior del currículo al modificar algunas de ellas, todo esto con la finalidad de promover instrumentos evaluativos que permitan la gestión del cambio a partir del mejoramiento continuo a nivel macro, meso y microcurricular.

Para efectos del análisis presentado, se llevó a cabo una investigación descriptiva con énfasis en el razonamiento abductivo, se presentan diversos casos de aplicación de estrategias de formación en el Valle de Aburrá (Corporación Universitaria Americana -Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia -Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional -Facultad de Minas y Escuela de Ingeniería de Antioquia) en las que, mediante una lectura de las estrategias en su contexto, se identifican aspectos asociados a la intervención de ellas.

Es así como a través de los constructos anteriores, se pretende mostrar, en primer lugar, un acercamiento a la caracterización de estas tensiones desde los síntomas que estas producen (modelos pedagógicos, relación docente-estudiante, mecanismos de intervención pedagógica) hasta llegar, en un segundo momento, a la identificación de puntos en común entre los procesos de intervención a estrategias para actores tanto a nivel nacional como internacional.

En tercer lugar, se presenta el caso de la Universidad Técnica de Malasia -Melaka (UTeM), donde se tiene como objetivo demostrar la forma en que un plan de estudios de Ingeniería se configura en el contexto del cambio dinámico de la educación superior y la misión y visión de una universidad en particular junto con su enfoque pedagógico recientemente desarrollado, este está influenciado por las políticas destinadas a transformar el paisaje de la educación superior de Malasia en 2025 (Proyecto de Educación Universitaria en Malasia, 2015-2025). En este contexto, el nuevo modelo pedagógico, acuñado como el enfoque de Práctica Educativa de Ingeniería y Tecnología, tiene una fuerte influencia en la conformación del currículo de ingeniería en la universidad. Se prevé que este modelo pedagógico será capaz de producir profesionales con conocimientos, competentes y equilibrados adecuados a las necesidades de la industria, igualmente se describe detalladamente las formas en que se configura el plan de estudios de ingeniería, destacando las tres capas: el entorno global, el contexto universitario y el modelo pedagógico.

Finalmente, se establecen conclusiones respecto a los hallazgos obtenidos del análisis de relaciones y tensiones existentes en cada una de las instituciones consideradas.

Referentes conceptuales

Administración curricular y el concepto de gestión

Según (Chacín y Briceño, 1997), “la administración curricular implica un conjunto de procesos. Entre ellos, la estructuración de los planes de estudio, organización de los contenidos, congruencia de estos con los objetivos, facilitación del aprendizaje y el entorno en el cual estos se desarrollan. Sobre este particular se han realizado diversos estudios a diferentes niveles del sistema educativo los cuales evidencian las implicaciones de la administración del currículum para el logro de un proceso de aprendizaje eficiente”. El estudio del currículo y la forma en que los diversos actores del acto educativo intervienen en su implementación, se pueden ver favorecidos o, al contrario, entorpecidos por diversas dinámicas institucionales que bien sea de forma explícita o de forma tácita (Nonaka y Takeuchi, 1995), afectan significativamente el acto de enseñar en el entorno de habitus docente (Bourdieu , 1991).

En la administración curricular, se ponen de relieve aspectos relacionados con la gestión, los principios institucionales y las realidades locales en las cuales se desarrollan los programas formativos. Desde esta óptica, valdría la pena considerar que el concepto de gestión se concibió en las universidades, pero tuvo su mayor desarrollo y aplicación en las organizaciones empresariales. Según Koontz y Heinz, (1995), el término gestión se define como “el proceso mediante el cual se obtiene, despliega o utiliza una variedad de recursos básicos para apoyar los objetivos de la organización”. Igualmente, según Firestone (2001) “es el manejo, dirección, regulación, control, coordinación y organización de los procesos y sus resultados”.

Respecto al concepto de gestión, serían múltiples los acercamientos que podrían obtenerse dependiendo del contexto en el cual se trabaje en tanto que el concepto de gestión está íntimamente ligado al mejoramiento y administración de procesos y, prácticamente, todas las acciones en las sociedades

y organizaciones están ligadas a los procesos, en la gestión hay una orientación a la acción, más que al control. “Para gestionar cualquier proceso resulta imprescindible comprender el concepto de gestión y el concepto de procesos definidos con anterioridad” (Pérez, 2004), en este sentido, se proponen los siguientes pasos:

1. Asignar y comunicar la misión del proceso y los objetivos de calidad, tiempo / servicio y coste del proceso, coherentes con los requisitos del cliente y la estrategia de la empresa.
2. Fijar los límites del proceso
3. Planificar el proceso, realizar la representación gráfica del proceso y señalar los indicadores y medidas del proceso y del producto.
4. Establecer la secuencia de los procesos y las distintas interacciones entre ellos.
5. Asignar los recursos necesarios, físicos y de información, para la realización y el seguimiento (control) del proceso.
6. Ejecutar el proceso.
7. Medición y seguimiento del proceso.
8. Proponer acciones correctoras y ejecutarlas si se observa alguna desviación respecto a los objetivos.
9. Iniciar el proceso de mejora continua del proceso. En algunas ocasiones, la empresa se debe plantear la posibilidad de aplicar las mejoras encontradas o medidas correctoras en otros procesos. (Cruz, González y Camisón, 2006).

No obstante, este concepto va ligado a procesos organizacionales sin considerar el hecho de que las instituciones universitarias trabajan con seres humanos que desde su sentir suponen una “materia prima” inestable y ligada a su contexto y al contexto de la evolución del conocimiento:

Gestionar no significa solamente adquirir el manejo de algunas técnicas. Quienes sólo hacen hincapié en las técnicas, generalmente en las de moda, para explicar la administración de las organizaciones sin relacionar procesos pasados con los actuales, olvidan la parte más importante de la disciplina, que consiste en situarse en el momento actual, para, con un ejercicio prospectivo, entender el sentido futuro de las decisiones presentes, con el objeto de preparar a las organizaciones para enfrentar los hechos a que se verán expuestas en el porvenir, intentando desentrañar oportunidades y amenazas que el mismo les depara. (Narváez, 2008).

Es así como la gestión “en la práctica supone introducir una reestructuración del funcionamiento de los centros basada en una racionalidad organizacional emergente fincada en propósitos de política educativa de validez global” (Del Castillo y Azuma, 2009; Namo de Mello y Da Silva, 2004), citados en Pérez-Ruiz (2014). Igualmente, Sanabria (2007, p. 189), plantea que el concepto de gestión es una forma de aproximar el campo de conocimiento de la administración a la realidad misma del fenómeno organizacional, donde se incluye necesariamente la comprensión del sistema sobre el cual se desea intervenir y en la que hay una simbiosis entre los conceptos de comprensión e intervención, lo cual implica una transversalidad en las funciones, procesos, proyectos y subsistemas en general.

Ahora bien, dependiendo del enfoque con que se tome la gestión podría fortalecerse o, por el contrario, entorpecerse el proceso de construcción de una universidad emprendedora o incluso peor, la generación de conocimiento para la solución de problemas de la realidad. A este respecto (Mora y Villarreal, 2001) plantean que “la estructura de las universidades tradicionales difícilmente permite el fortalecimiento de nuevos instrumentos para transformar este tipo de instituciones en universidades emprendedoras”, y añade, “estos obstáculos son (entre otros): fuerte dependencia del Estado, el estatus de servidor civil del equipo de trabajo, la estructura interna de poder en las

instituciones y algunas veces acciones disfuncionales de distintos niveles de gobierno (central y regional)”. Los procesos de gestión no están exentos de tales dificultades y, por tanto, del concepto que se tome de gestión dependerá, en gran medida, el establecimiento de políticas y la consideración de los actores que influyen en ellas, más adelante se tratará el tema de la institucionalidad.

Para efectos del trabajo presente se considera entonces que la gestión en el marco de la gestión curricular representa el establecimiento dinámico, la ejecución consensuada y el control crítico de una política de toma de decisiones en pro del mejoramiento de los procesos educativos institucionales, considerando estándares de validez global mediante la evaluación constructiva de paradigmas emergentes y hegemónicos que intervienen en su área de influencia. Este concepto no puede estar alejado de las particularidades del campo de acción al cual se inscribe la gestión, en este caso el currículo.

Esferas discursivas y regulación institucional

En materia de regulación se distinguen los conceptos clave de sujeto cultural, decir institucional y retóricas de la institución. Cuando un sujeto habla, en su decir está el sujeto de lenguaje (se tienen las mismas formas lingüísticas para todos los hablantes, pero inevitablemente surge el sujeto, (la expresión de la individualidad) y en lo dicho el sujeto cultural (eso que se dice fue producto de la coexistencia con otros, una respuesta a un enunciado, carácter contestatario del lenguaje). La palabra es entonces propia y ajena, propia porque es la primera vez que hay una representación o manifestación del sujeto y es ajena porque esa manifestación se debe a una cultura.

En cuanto al decir institucional, “podemos afirmar que toda institución es lenguaje, se funda en el lenguaje y funda lo real para la institución. Podemos decir entonces que toda sociedad existe por la institución del mundo como su mundo o de su mundo como el mundo” (Pérez & Rogieri, 2013, pág. 31).

La institución propone una visión de la sociedad que tiene dos caras, la transparente y la opaca. En la transparente, se ponen de manifiesto, de forma explícita, los valores y principios y la forma en que estos se conservan. Por otro lado, desde la opacidad, donde a puerta cerrada se toman las decisiones, se plantean políticas que definen exclusiones e inclusiones en el sistema clasificando los actores sociales y sus formas de decir. Es así como se impone en el sujeto lo que debe decirse, lo que permite la legitimación desde una aparente homogeneidad.

De esta manera, lo institucional, dota de significado gran parte del quehacer escolar. Sin embargo, esta relación de significado se da desde la sinécdoque, donde no se toma lo institucional en sí, solo partes de lo institucional.

Para finalizar, vale la pena considerar que las dimensiones de trabajo planteadas se antepone a la tendencia natural del sujeto al logocentrismo. En los planteamientos expuestos se identifica la existencia de ese tercero incluido que la lógica presupone como perdido o inexistente y que resurge al analizar sucesos propios de la emergencia de paradigmas en esos espacios vacíos o de “incomodidad” en la concepción del objeto de estudio desde lo institucionalizado e institucionalizante. El lenguaje y la interpretación de estos aspectos desde los géneros discursivos permiten estas posibilidades en la medida en que se le da la posibilidad de representar y recontar la huella que deja la subjetividad en su paso por la confluencia del triado espacio conceptual, espacio discursivo, espacio retórico.

Desde la óptica de los elementos teóricos anteriormente mencionados, se realiza un análisis discursivo con enfoque descriptivo de diversas prácticas institucionales de enseñanza desde la lógica abductiva para así identificar mecanismos o factores de cambio en estas. Los insumos para el análisis se presentan considerando estrategias formativas instituciones del Valle de Aburrá y comparándolas con una universidad internacional, para tal efecto se llevaron a cabo entrevistas a

expertos de cada institución y se complementó con conferencias de los participantes. A continuación, se presentan las experiencias de aprendizaje para cada institución.

Corporación Universitaria Americana -Facultad de Ingeniería

En la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, se ha concebido e implementado desde el período 2014 primer semestre, la Estrategia de Formación por Proyectos, como parte de un posible modelo integrado de gestión del conocimiento que es transversal a procesos de extensión, investigación, academia y en general a los principios misionales de la institución.

A medida que se ha desarrollado la Estrategia y el aprendizaje basado en proyectos (ABP) en los currículos la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, se ha observado que tanto el nivel de apropiación por parte de la comunidad académica como la construcción de colectividad es fundamental para lograr los objetivos relacionados con la formación en competencias de cara a la acreditación internacional y al mejoramiento del desempeño del rol del ingeniero en las organizaciones actuales, las cuales están mediadas por situaciones problema que van más allá de la información o las habilidades técnicas.

La Facultad cuenta con diversos mecanismos y elementos que, articulados, generarían el caldo de cultivo apto para una construcción de comunidad académica encaminada a la solución de problemas en un contexto real y con sentido social, donde se propenda por la formación de egresados con estructura definida por el perfil planteado en la facultad y con gran capacidad para generar mecanismos de aprendizaje para toda la vida.

Ante la necesidad de articular procesos al interior de la facultad para atender las necesidades formativas propuestas por el medio, surge la idea de proponer el Modelo de Gestión del

Conocimiento en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, para el primer semestre de 2017 en el marco de la renovación de registro calificado del programa de Ingeniería de Sistemas. Es durante ese primer semestre que se inicia un proceso de reconstrucción de las prácticas pedagógicas, didácticas y curriculares que fundamentan el quehacer de la facultad y que propenden por una articulación de los procesos sustantivos de la facultad en aras de una educación integral con sentido social y de alta calidad.

Universidad Nacional -Facultad de Minas

Se propone una estrategia de aprendizaje basada en proyectos con la filosofía Concebir, Diseñar, Implementar, Operar (CDIO). En el año 2009 se plantean tres asignaturas denominadas *Seminarios de Proyectos en Ingeniería I, II y III que posteriormente se denominarían Fundamentos de Proyectos de Ingeniería -PIF, Estructuración y Evaluación de Proyectos -PIEE y Proyecto Integrado en Ingeniería.*



ANTECEDENTES Y ESTRUCTURA ACTUAL INICIO 2009-01

Asignatura y créditos	Objetivos
SPI 1 (3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar y plantear problemáticas, problemas, necesidades u oportunidades (PNO) con base en el análisis de las necesidades de desarrollo de una comunidad. 2. Utilizar información y conceptos elaborados autónomamente en la solución de problemas. 3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios 4. Mejorar la capacidad de argumentación oral y escrita
SPI 2 (3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer los métodos de Formulación de proyectos en el campo de la Ingeniería teniendo en cuenta los elementos propios de la metodología de proyectos 2. Desarrollar capacidades para la evaluación de proyectos en los tópicos financiero, económico y de mercado, ambiental y político. 3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios
SPI 3 (4)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar capacidades gerenciales y de diseño de plantas industriales. 2. Realizar evaluaciones financieras y de riesgos de proyectos enfocados en la fabricación de productos de consumo masivo y productos tecnológicos. 3. Generar capacidades de trabajo en ambientes colaborativos e interdisciplinarios

Gráfica 19. Objetivos de los cursos iniciales de Seminario de Proyectos en Ingeniería Fuente: Jornada Académica de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos. Universidad Nacional de Colombia

NUEVA ESTRUCTURA DE LOS CURSOS DE PROYECTOS EN INGENIERÍA



Gráfica 20. Objetivos de los cursos actuales de Seminario de Proyectos en Ingeniería

Fuente: Jornada Académica de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos. Universidad Nacional de Colombia

Universidad de Antioquia -Facultad de Ingeniería

Los objetivos principales son:

- Acercar los estudiantes a la comunidad, fomentando la interacción personal con individuos de todos los estratos sociales.
- Visibilizar a los estudiantes de ingeniería en las comunidades, permitiendo que estas conozcan de primera mano el quehacer ingenieril.
- Presentar el estudio de la ingeniería como un camino cercano y viable de desarrollo personal para los habitantes de la comunidad.
- Ofrecer tanto a los estudiantes como a los habitantes de la comunidad, la oportunidad de participar en el ciclo completo de un proyecto de ingeniería.
- Acá se conciben desde la fase de exploración del problema, hasta la fase de implementación de las soluciones, eliminando barreras culturales y fomentando el sentido de pertenencia tanto de alumnos como de la comunidad, al verse a sí mismos como parte del mismo tejido social.

- Sacar a los estudiantes de su zona de confort (el aula), enfrentándolos a entornos de trabajo colaborativo interdisciplinario, multinacional y multicultural en los que deberán desarrollar habilidades adicionales esenciales para el futuro ejercicio de su profesión como, por ejemplo, la habilidad para la transmisión efectiva de sus ideas, el manejo de lenguas extranjeras o la capacidad de generar empatía con otras culturas, entre otras. (Vélez et al., 2017).

Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA)

Los componentes curriculares en investigación y en proyectos, que tradicionalmente han estado presentes en la formación de los ingenieros de la EIA han sido sustancialmente asignaturas como: metodología de la investigación, seminario de trabajo de grado, los proyectos de grado y el semestre de proyectos especiales SPE; destacándose estos dos últimos por su flexibilidad al permitir a los estudiantes abordarlos desde diferentes modalidades. (Ospina, 2015).

La estrategia de aprendizaje se desarrolla desde 2013 y hace parte de los currículos de pregrado en la búsqueda del desarrollo técnico-profesional y el desarrollo de capacidades para la investigación y el emprendimiento.

El caso de UTeM en Malasia

Establecida en 2000, la universidad técnica es una institución educativa pública en Malasia relativamente pequeña situada en el peninsular meridional de Malasia. Cuenta con cuatro facultades de ingeniería, a saber, Facultad de Electrónica e Ingeniería Informática, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Facultad de Ingeniería de Manufactura. También cuenta con la Facultad de Tecnologías de la Información y Comunicación y la Facultad de Gestión Tecnológica y Tecnoemprenderismo. Respondiendo al énfasis de la Escuela Superior de Educación Superior de Malasia (2015-2025) sobre la Formación Profesional Técnica, la universidad ha establecido una nueva facultad llamada Facultad de Tecnología de Ingeniería, que se ha convertido en la facultad más grande de la universidad hasta el momento. Esta universidad ofrece educación en el campus y recibe

estudiantes directamente de las escuelas secundarias y politécnicas. Facilitado por académicos de tiempo completo.

El enfoque pedagógico común es el enfoque de enseñanza y aprendizaje cara a cara, en forma de conferencias, tutorías o sesiones de laboratorio. La interacción de los distintos agentes que interactúan entre sí para configurar el currículo se presenta en la gráfica 21. Como se muestra en la gráfica, el plan de estudios de Ingeniería se configura dentro de dos capas de entorno en expansión, a saber, el contexto de la universidad, contexto más amplio, el entorno global.

Como se muestra en la gráfica 21, también se identifican los agentes activos que juegan una influencia significativa en la conformación del plan de estudios. Específicamente, contextualizándose en el entorno global más amplio, los agentes activos son: i) las necesidades cambiantes de la Industria 4.0; ii) el énfasis cambiante de la educación superior de Malasia para 2025 y iii) la necesidad de cumplir con la calidad del currículo según lo especificado por los organismos externos de acreditación, a saber, la Acreditadora de Calidad de Malasia (MQA), la Junta de Tecnología de Malasia y el Consejo de Acreditación de Ingeniería.

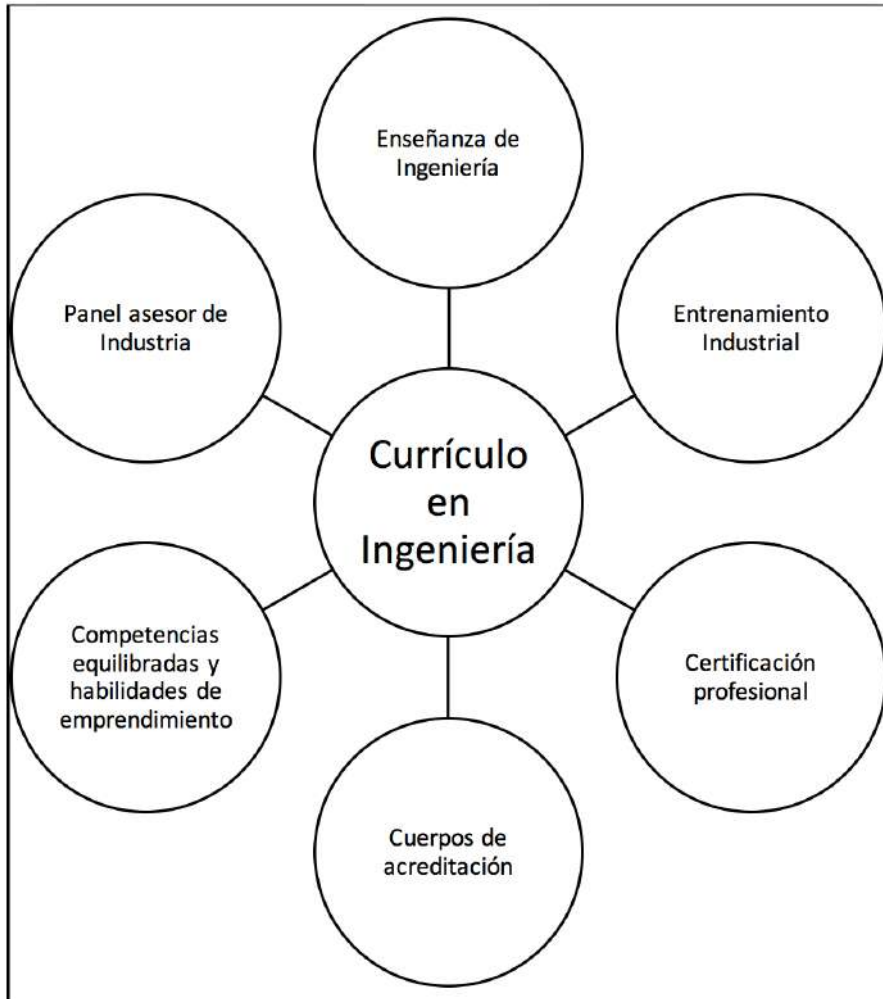


Gráfica 21. La interacción entre el mundo y la universidad en la configuración del currículo
Fuente: Universidad Tecnológica de Malasia UteM

La segunda capa interior está representada por el contexto de la universidad. En este caso, el contexto o el paisaje de la universidad está formado por cuatro actores principales que son: i) visión y misión de la universidad; ii) infraestructura e instalaciones; iii) población estudiantil y iv) los vínculos de la industria. El plan de estudios en sí mismo tiene influencias directas por varios elementos, tales como: i) el personal docente; ii) panel de asesores de la industria; iii) requisitos para que los estudiantes tengan al menos una certificación profesional; iv) requisitos para adquirir habilidades empresariales y v) exposición suficiente de la experiencia real de la industria a través de la capacitación industrial.

El plan de estudios de ingeniería de la universidad ha sido en gran medida modelado por el modelo pedagógico, mediado por la visión y la misión de la universidad. El plan de estudios es una versión ampliada del modelo pedagógico anterior adoptado por la universidad conocida como PAO. Este diseño del currículo aborda el énfasis de la educación superior de Malasia en la EFTP. El desarrollo y la aplicación del modelo pedagógico demuestran que el currículo de ingeniería de la universidad es dinámico y sensible al cambio actual de la política gubernamental.

La gráfica 22 muestra los factores que influyen en el diseño del plan de estudios de ingeniería. Como se muestra en esta figura, el diseño del currículo está determinado por seis factores que son: i) los ingenieros de enseñanza, ii) la sesión de formación industrial, iii) la certificación profesional, iv) los organismos de acreditación, v) las competencias equilibradas y las habilidades empresariales y vi) el panel consultivo de la industria.



Gráfica 22. Los determinantes que conforman el Modelo Pedagógico

Los seis factores son importantes para lograr el objetivo de la universidad de producir ingenieros y tecnólogos graduados que tienen conocimiento y son competentes en su campo de estudio, así como altos valores morales. En este caso, el enfoque pedagógico enfatiza los vínculos con la industria como la característica esencial para el desarrollo de graduados competentes. En primer lugar, el currículo se desarrolla sobre la base de los consejos y sugerencias dadas por el panel asesor de la industria nombrados

por la universidad. Cada programa de ingeniería ofrecido por el profesorado respectivo tiene que pasar por una revisión realizada por el panel asesor de la industria. En segundo lugar, el currículo es entregado por el personal académico, así como los docentes de ingeniería que tienen suficiente experiencia en la industria real. Los docentes de ingeniería tienen la oportunidad de compartir su experiencia real de la industria con los estudiantes. En tercer lugar, los vínculos con la industria se realizan a través de participaciones de estudiantes en la formación industrial, en la que se les asigna para convertirse en pasantes en una empresa específica entre tres a seis meses. En cuarto lugar, los estudiantes que se someten a este plan de estudios también están obligados a adquirir al menos un certificado profesional durante la duración de su estudio. Al tener la certificación profesional, se espera que los estudiantes tengan un valor añadido que puede facilitarles buscar un trabajo o crear un trabajo para sí mismos. Además, como lo exige la política de educación superior, los estudiantes necesitan tener competencias no solo en el campo de los estudios, sino también altos valores morales. También necesitan tener habilidades empresariales antes de graduarse.

Estas habilidades ayudan a lograr la aspiración de la universidad, así como la educación superior de Malasia para que los estudiantes puedan buscar empleo o crear empleo para sí mismos. Por último, para garantizar la calidad del currículo, la universidad debe cumplir con las especificaciones de los organismos de acreditación locales e internacionales. En este caso, los organismos de acreditación de Malasia son el Organismo de Calidad de Malasia y la Junta de Tecnología de Malasia. El organismo internacional de acreditación aceptado por la universidad es el Consejo de Acreditación de Ingeniería.

Es importante señalar que la forma del plan de estudios de ingeniería también está determinada por los factores en el contexto de la universidad, así como el contexto más amplio del panorama de educación superior de Malasia y la necesidad de capital humano en la industria.

Además de los seis factores mencionados anteriormente, el currículo de ingeniería también está influenciado por el contexto de la universidad. Uno de los factores contextuales significativos dentro de la universidad que influyen en el diseño del plan de estudios de ingeniería es la declaración de política de la universidad: la visión y la declaración de la misión. Posicionándose como un proveedor de educación técnica basado en el campus, la universidad documenta su visión y misión, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Visión y Misión -Principios de la Universidad

Política	Descripción
Visión	<p>Ser una de las universidades técnicas innovadoras y creativas más importantes del mundo</p> <p>Formar profesionales altamente competentes con buenos valores morales a través de la calidad y la educación universitaria técnica de clase mundial, basada en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación orientados a la aplicación, así como en asociaciones inteligentes universidad-industria coherentes con las aspiraciones nacionales.</p>
Misión	<p>Formar profesionales altamente competentes con buenos valores morales a través de la calidad y la educación universitaria técnica de clase mundial, basada en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación orientados a la aplicación, así como en asociaciones inteligentes universidad-industria coherentes con las aspiraciones nacionales.</p>

Como se describe en la tabla 7, la universidad aspira a ser reconocida como una de las principales universidades técnicas innovadoras y creativas del mundo. La noción de “universidad innovadora y creativa” que figura en la declaración de la visión está vinculada a su capacidad de producir profesionales técnicos competentes con buenos valores morales y de ofrecer calidad y educación técnica de clase mundial.

También se puede decir que el documento de política utiliza la noción de enseñanza, aprendizaje e investigación orientada a la aplicación y la asociación inteligente entre la universidad y la industria como criterios esenciales para la calidad y la educación técnica de clase mundial. El enfoque orientado a la aplicación es esencial en la entrega de su currículo ya que prepara a los estudiantes para desarrollar las habilidades para aplicar los conocimientos necesarios en la industria, así como para adaptarse fácilmente a los nuevos conocimientos. Además, la asociación con las industrias pertinentes proporciona una valiosa contribución en el diseño de su currículo que es dinámica y relevante para las necesidades actuales de la industria.

Priorizar el enfoque orientado a la aplicación se considera como sus prácticas comunes de enseñanza y aprendizaje. La universidad expresa específicamente su enfoque para mejorar la implementación de la enseñanza orientada a la aplicación y el enfoque de aprendizaje en todas las unidades enseñadas como una de las estrategias para mejorar su plan de estudios. Los enfoques basados en el problema, basados en los resultados, centrados en los problemas, de aprendizaje por acción y de aprendizaje experimental se enuncian específicamente como parte del enfoque orientado a la aplicación.

La visión y misión de la universidad está guiada por sus objetivos educativos generales. Hay siete objetivos educativos especificados por la universidad, pero para el propósito de esta discusión solo se destacan seis metas educativas relacionadas con los programas académicos ofrecidos y la calidad de los graduados producidos. Estos objetivos son (Tabla 2)

Como se indica en sus metas educativas generales, la universidad considera la importancia de desarrollar el capital humano necesario para las necesidades de las industrias. En este sentido, la universidad esboza las competencias genéricas relevantes que deben ser cultivadas entre sus estudiantes. La universidad relaciona las nociones de creatividad e innovación con el desarrollo de habilidades genéricas entre sus graduados y actividades relacionadas con la colaboración con industrias.

Tabla 8. Objetivos generales de educación

No	Descriptor
1.	Llevar a cabo programas académicos basados en las necesidades relevantes de la industria.
2.	Producir graduados con conocimientos relevantes, competencia técnica, habilidades blandas, responsabilidad social y responsabilidad.
3.	Cultivar el método científico, el pensamiento crítico, la resolución de problemas creativa e innovadora y la autonomía en la toma de decisiones entre los graduados.
4.	Equipar a los graduados con el liderazgo y las habilidades de trabajo en equipo, así como desarrollar la comunicación y las habilidades de aprendizaje a lo largo de la vida.
5.	Desarrollar habilidades tecnológicas y de gestión entre los graduados.
6.	Inculcar una apreciación de las artes y el valor cultural y la conciencia de estilos de vida saludable entre los graduados

Como se indica en sus metas educativas generales, la universidad considera la importancia de desarrollar el capital humano necesario para las necesidades de las industrias. En este sentido, la universidad esboza las competencias genéricas relevantes que deben ser cultivadas entre sus estudiantes. La universidad relaciona las nociones de creatividad e innovación con el desarrollo de habilidades genéricas entre sus graduados y actividades relacionadas con la colaboración con industrias.

Otros factores contextuales que influyen en la forma y la aplicación del plan de estudios son la población estudiantil, las instalaciones y los vínculos de la industria. Con respecto a la población estudiantil, esta universidad sirve a estudiantes de tiempo completo que acaban de terminar su matrícula o educación politécnica. Teniendo en cuenta que son recién graduados, recibir mucha exposición del entorno de la industria real es muy buscado, ya que esta exposición les da confianza y familiaridad con la experiencia de trabajo real. Además, la universidad también está equipada con suficientes laboratorios de ingeniería para facilitar el enfoque orientado a la aplicación.

Por último, la universidad considera la importancia de construir una asociación inteligente con la industria. Como tal, la universidad ha tomado serias iniciativas para crear fuertes vínculos con la industria mediante la firma mutuos acuerdos (MOU) y (MOA) con varios actores de la industria, locales e internacionales. En este caso, es obligatorio para las facultades firmar MOU y MOAs con los actores relevantes de la industria.

Además, el currículo también está influido por los cambios en el entorno global y la política de la educación superior de Malasia, como se presenta a continuación.

En el contexto más amplio del medio ambiente, el currículo está influenciado por dos factores importantes, que son las necesidades cambiantes debido a la revolución de la industria (Industria 4.0) y el plan estratégico de educación superior (2015-2025). Como se estipula allí, se espera que la universidad produzca graduados que sean holísticos, empresariales y que tengan competencias equilibradas. En este contexto el desarrollo del talento se vuelve importante. Además, para asegurar la provisión de una educación de calidad, la universidad tiene que comparar su educación con las normas mundiales.

En este contexto, se espera que los graduados de Malasia no sólo estén altamente informados en los cursos que tomen, sino que también procuren buenos valores morales en su vida cotidiana. Se espera que se conviertan en creadores de empleo en lugar de buscadores de empleo. Las principales estrategias son mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, diseñar un sistema acumulativo de promedio acumulado (CGPA) y crear oportunidades para que los estudiantes y el personal académico adquieran habilidades empresariales y busquen sus propias empresas. Además, se espera que la universidad acoja graduados de alta calidad en la educación y la formación profesional y técnica (EFTP). Aquí, el desarrollo de educación de TVET de alta calidad es

pionera por las industrias relacionadas, junto con un modelo de asociación mejorado, que sincroniza el ministerio y los proveedores de TVET.

La universidad también es sensible a la última revolución de la industria conocida como la Industria 4.0. Muchos han afirmado que la fuerza de trabajo en la Industria 4.0 será muy diferente de la naturaleza existente del trabajo. Como tal, la educación superior necesita preparar a sus graduados para que estén listos para el cambio drástico. En este contexto, el currículo de la universidad es revisado y actualizado para atender las necesidades de la industria 4.0 y preparar a los estudiantes para ser un capital humano efectivo para la industria 4.0.

Conclusiones

Los elementos en común de las estrategias formativas plan de estudios de ingeniería adoptados en las universidades es la búsqueda de vinculación de la industria. Específicamente, el diseño del plan de estudios se basa en la retroalimentación y asesoramiento del Panel asesor de la industria, impartido por los ingenieros de enseñanza, cumplir con los organismos de acreditación e incluir la formación industrial.

Para asegurar la formación de ingenieros graduados con conocimientos y competentes que tienen altos valores morales, el plan de estudios también se integra con las necesidades de los estudiantes para adquirir las habilidades blandas.

Los planes de estudios también preparan a los estudiantes, no solo para convertirse en solicitantes de empleo, sino también para ser los creadores de puestos de trabajo mediante la integración de las habilidades empresariales. Todas estas características del currículo están mediadas por el contexto de la universidad, así como por el contexto más amplio del entorno.

Es necesario resaltar que el cambio curricular es debido al cambio continuo del contexto local para responder a las necesidades actuales de la universidad, así como el contexto más amplio del entorno global. Por este motivo es fundamental que la voluntad institucional esté enmarcada en la toma de decisiones para afrontar la incertidumbre en la información y las necesidades reales de la esfera discursiva en la cual se desempeñarán sus egresados. Referencias

Referencias

- Bourdieu, P. (1991). *El sentido práctico*. Madrid: Taurus.
- Chacín, M., y Briceño, M. (1997). Factores que inciden en la administración curricular en un programa de educación avanzada. *Revista de Enseñanza Universitaria*, (11), 83-101.
- Cruz, S.; González, T. y Camisón, C. (2006). *Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson.
- Del Castillo, G. y Azuma, A. (2009). *La reforma y las políticas educativas: impacto en la supervisión escolar*. México: Flacso.
- Firestone, J. M. (2001). Knowledge management process methodology: an overview. *Knowledge and Innovation. Journal of the KMCI*, 1, 54-90.
- Koontz, H. y Heinz, W. (1995). *Administración: una perspectiva global*. México: Mc. Graw Hill.
- Ministry of Education Malaysia. (2015). *Malaysia Education Blueprint*. Malasia: Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Mora, J.G. & Villarreal, E. (2001). *Higher Education Management*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/education/imhe/37446098.pdf>
- Namo de Mello, G. y Da Silva, T. R. (2004). La gestión en la escuela en las nuevas perspectivas de las políticas educativas. En J. y. Ezpeleta. *La gestión pedagógica de la escuela* (44-63). México: Unesco.
- Narváez, J. (2008). *La universidad y su gestión*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Ospina Cardona, L. V. (2015). *Articulación de la formación para la investigación y el emprendimiento con los proyectos de ingeniería en la Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería - ACOFI, (1-10). Cartagena de Indias.
- Pérez, J. A. (2004). *Gestión por procesos*. Madrid: ESIC.
- Pérez, L. y Rogieri, P. (2013). *Retórica y Estudios del Lenguaje en la escritura académica*. En L. Pérez, & P. Rogieri, *Retóricas del decir: lenguaje, verdad y creencia en la escritura académica*. (281). Rosario: FHUMYAR Ediciones.

- Pérez-Ruiz, A. (2014). Enfoques de la gestión escolar: una aproximación desde el contexto latinoamericano. *Educación y educadores*, 357-369.
- Sanabria, M. (2007). De los conceptos de administración, gobierno, gerencia, gestión y managment: algunos elementos de corte epistemológico y aportes para una mayor comprensión. *Universidad y empresa*, (40).
- Universidad Nacional -Facultad de Minas. (2017). Estrategia de aprendizaje basada en proyectos y problemas en los programas de Ingeniería de la Facultad de Minas. Jornada académica de aprendizaje basado en problemas y proyectos , (1-35). Medellín.
- Vélez, J. A.; Jaramillo, F.; Saldarriaga, J. C. & Palacio, C. A. (2017). Proyectos de ingeniería integrados a la comunidad (PIIC), una visión institucional y metodológica. *Revista Educación en Ingeniería*, 76-82.

Los modelos operativos de gestión del conocimiento y su relación con la acreditación de programas de ingeniería: caso de estudio

*David Alberto García Arango*²⁶
*Gustavo Andrés Araque González*²⁷
*Elkin Darío Aguirre Mesa*²⁸
*César Felipe Henao Villa*²⁹
*Safiah Sidek*³⁰
*Massila Kamalrudin*³¹

Resumen

No es difícil concebir la magnitud del fuerte impacto que generan los planes estratégicos de aseguramiento de la calidad en la prestación del servicio educativo de las instituciones universitarias, tales planes en algunas ocasiones carecen de un equilibrio entre los conceptos de calidad, institucionalidad y conocimiento. Este escrito tiene como propósito presentar niveles de interrelación entre ellos en el marco de la comprensión de modelos operativos de gestión del conocimiento en el caso de programas de ingeniería. En un primer momento se presentan relaciones funcionales entre los conceptos en cuestión con el fin de analizar el efecto de su aplicación operativa en el entorno universitario y las esferas discursivas. Seguidamente, se identifican aproximaciones a la modelación

26. Docente investigador del grupo AGLAIA - Corporación Universitaria Americana. Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Matemáticas Aplicadas, candidato a Doctor en Educación. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

27. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería de Producción. docente investigador de la Corporación Universitaria Americana. Correo: garaque@americana.edu.co

28. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ingeniero de Sistemas, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa. Correo: elkin.aguirre@pascualbravo.edu.co.

29. Docente investigador del grupo AGLAIA - Corporación Universitaria Americana, Ingeniero de Sistemas, Magíster en entornos virtuales de aprendizaje. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co

30. Docente investigador Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM). Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka. Correo: safiahsidek@utem.edu.my

31. Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Correo: massila@utem.edu.my. Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka, Malasia University Teknikal Malaysia Melaka

de procesos de gestión del conocimiento a la luz del entramado funcional anteriormente expuesto. Finalmente, se describe una investigación exploratoria relacionada con la interpretación de algunos indicios evolutivos del conocimiento para una población de estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana lo que sería un primer paso en la implementación de un modelo operativo de gestión del conocimiento. Mediante una prueba de hipótesis tipo chi-cuadrado, se estudian relaciones entre las variables que influyen en estos procesos y se toman conclusiones de cara a la construcción del modelo para la Facultad. Como conclusión, se proponen algunas estrategias de aproximación respecto a la integración operativa de procesos de gestión del conocimiento en el marco de la acreditación en programas de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana.

Palabras clave: acreditación, calidad, ingeniería, gestión del conocimiento, modelo operativo.

Introducción

Es de común acuerdo el concebir la magnitud del fuerte impacto que generan las políticas de aseguramiento de la calidad en la prestación del servicio educativo de las instituciones universitarias a nivel mundial. El constante ir y devenir de estrategias, objetivos, metas o como quiera designársele a una posible ruta de trabajo en la búsqueda del mejoramiento continuo, atañen desde las más altas esferas administrativas hasta los más humildes empleados del sector. A la par de este desarrollo de políticas en el ámbito educativo, se suma la necesidad, cada vez más creciente, de favorecer entornos de conceptualización que propicien una sana participación de los actores educativos en la consolidación y posterior evolución de los niveles de conocimiento en diversas comunidades académicas que redunden en beneficio social.

En este orden de ideas, no es gratuito que las consideraciones emanadas del presente artículo estén mediadas por la búsqueda de una interrelación de simbiosis entre los conceptos de conocimiento, calidad e institucionalidad que a menudo encuentran discrepancias y otras veces puntos de encuentro en el entorno educativo universitario.

En un primer momento se pretende presentar algunas relaciones funcionales entre estos tres conceptos para, posteriormente, analizar el efecto de su aplicación operativa en el entorno universitario y las esferas discursivas. Seguidamente, se propone identificar aproximaciones a la modelación de procesos de gestión del conocimiento a la luz del entramado funcional propuesto en el primer momento. Finalmente, se describe una investigación exploratoria relacionada con la interpretación de algunos indicios evolutivos del conocimiento para una población de estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana como un primer paso en la implementación de un modelo operativo de gestión del conocimiento. Como conclusión, se proponen

algunas estrategias de aproximación respecto a la integración operativa de procesos de gestión del conocimiento con los procesos de aseguramiento de la calidad en la búsqueda de la acreditación en programas de ingeniería de la Corporación Universitaria Americana.

Relaciones funcionales: conocimiento-calidad-institucionalidad

“Hacer sin saber del todo lo que uno hace es darse la oportunidad para descubrir en aquello que se hace algo que uno no sabía” (Bourdieu, 1984). Diversas son las acepciones a los conceptos de conocimiento, calidad e institucionalidad. Si se realiza una búsqueda exhaustiva, pueden hallarse un sinnúmero de conceptualizaciones, las cuales, realizando un análisis minucioso, están concebidas según el contexto o enfoque social en el cual se enmarcan. De ahí que resulte fundamentalmente necesario situarse en el contexto y diferenciar claramente la posición desde la cual se analizan tales conceptos. La anterior frase planteada por Bourdieu, no es más que esa invitación hacia la necesidad de darse la posibilidad de explorar los conceptos desde sus relaciones con entornos que sobrepasan las fronteras del sentido común, de aquello que se desconoce.

Para efectos del análisis en el presente texto, en el concepto de conocimiento se considerará una posición desde la racionalidad práctica afirmando que “el conocimiento pretende identificar, estructurar y sobre todo utilizar la información para obtener un resultado, pero requiere de la aplicación de la intuición y la sabiduría, propios de la persona a dicha información” (Medina, Pérez y Torres, 2011, p.19).

La anterior afirmación se complementa con la teoría de la acción comunicativa o ética del discurso (Habermas, 1984), en la cual, se define el mundo del sistema y el mundo de la vida. En el mundo de la vida se sustentan las experiencias vividas por un individuo y en el mundo del sistema, se encuentran los sistemas sociales. Cada uno de esos mundos, pueden observarse desde

tres perspectivas: el mundo objetivo, el mundo interpersonal o social y el mundo subjetivo de las experiencias privadas; según cada uno de esos mundos, se reconocen, respectivamente, intereses de conocimiento diferentes: “el interés técnico, práctico y emancipatorio” (Medina, Pérez y Torres, 2011, p.19) respectivamente.

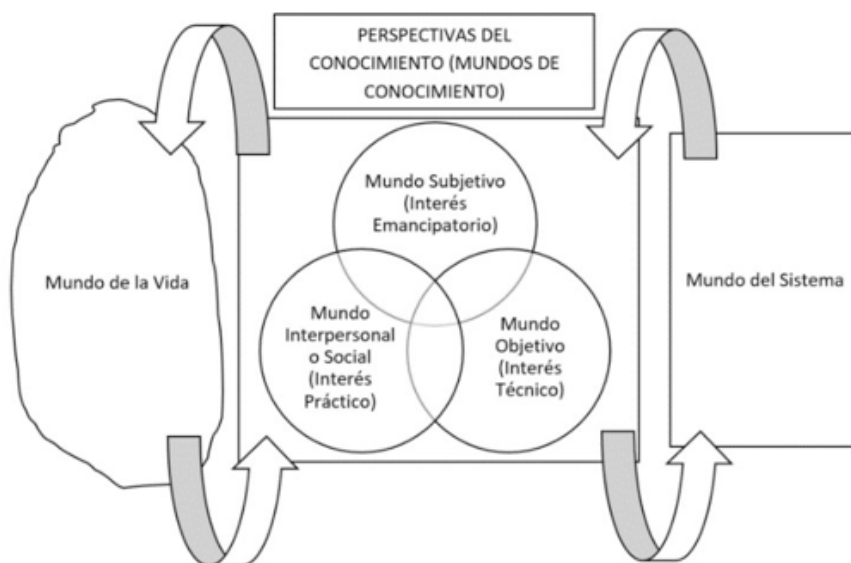
En cuanto al concepto de calidad, la literatura no presenta consenso puesto que, justamente, la calidad dependerá de los intereses organizacionales, mucho más si se considera la calidad como una cultura. No obstante, en términos generales se entendería como esa preparación constante en la búsqueda de la excelencia para alcanzar un propósito, calidad como excepcionalidad, calidad como perfección o consistencia, calidad como transformación (Havey & Green, 1993). En términos del concepto de calidad, se pueden tomar dos posturas: la tecnocrática (técnicas formales de medición y estandarización) y la de percepción de valor (subjetiva, desde la atención a la racionalidad práctica) (Šedžiuvienė & Tamutienė, 2016). Sea cual fuere la postura a tomar, es claro que, para obtener resultados satisfactorios, la organización o programa que busca algún tipo de acreditación debe tener claridad del fin último y su relación con el tipo de postura que se desea retomar bien sea la postura tecnocrática o la de percepción de valor. Es aquí donde el concepto de institucionalidad en relación con el concepto de otredad cobra un especial valor, por cuanto se constituye en el aspecto estructural de las relaciones entre los dos conceptos anteriores (conocimiento y calidad).

Lo institucional, evoca lo constitutivo, lo establecido, lo fundado, lo comúnmente aceptado u oficial. No obstante, aun este concepto está atravesado por lo relativo, puesto que la institución está fuertemente determinada por las relaciones o nexos de sus elementos constitutivos donde las relaciones y dinámicas internas posibilitan la perpetuidad o emergencia de paradigmas de construcción y acceso al conocimiento atendiendo a las relaciones de poder que en esta subyacen:

Quizás no está de más volver a subrayar que no desconocemos que la universidad forma parte de un campo de lucha, pero también es cierto que debería poder constituirse en un campo de filiación, inscripción y de (re)conocimiento. Para nosotros, según como sean las distribuciones de factores, lógicas y dinámicas institucionales intervinientes para favorecer, potenciar o contrarrestar aquel balance, la ecuación estará finalmente destinada a la búsqueda de una eficacia simbólica del orden de las prácticas y de lo discursivo para afirmar la vida o la negación y destrucción de los mecanismos de reconocimiento del Otro (Tranier & Goity, 2016).

Justamente, en la búsqueda de establecer tal ecuación desde el orden de lo simbólico, se consideran relaciones de tipo funcional entre los conceptos base, tal ecuación estaría, intrínsecamente, relacionada con el establecimiento de un modelo operativo de gestión del conocimiento ajustable al cambiante rol de las instituciones universitarias en la autodenominada sociedad del conocimiento.

De los razonamientos aquí presentados, puede derivarse el estudio de una función compuesta que tiene como dominio valores en el mundo de la vida y los mapea mediante transformaciones propias de la dinámica institucional hacia el mundo del sistema. El mapeo de estos constructos del mundo de la vida, se transforman mediante la interacción continua entre institucionalidad (mundo interpersonal o social), conocimiento (mundo subjetivo) y calidad (mundo objetivo) en elementos del mundo del sistema para así fortalecer en la medida de lo posible la producción de la comunidad académica. En la medida en que las intersecciones entre los tres elementos anteriormente planteados sean mayores, es posible establecer un fin común de cara a la cualificación del quehacer educativo, en cuyo caso redireccionar las cuestiones tendientes a fortalecer la mejora continua será, en gran medida, más sencillo.



Gráfica 23. Diagrama de perspectivas del conocimiento según Habermas

De la interpretación de la gráfica 23, pueden extraerse relaciones de intersección que permiten el estudio de la reconstrucción constante entre el mundo de la vida y el mundo del sistema, los cuales pensados desde la condición humana se reinterpretan entre sí y conviven en un sistema mutualista articulado por las relaciones de intereses. El ideal sería lograr encontrar la triple intersección, es decir, buscar intereses comunes entre el interés técnico, el interés práctico y el interés emancipatorio.

Los anteriores razonamientos se enmarcan en lo propuesto por Piaget, en 1976:

Hay que distinguir cuatro acciones siempre presentes: la acción del todo sí mismo (conservación), la acción del todo sobre las partes (modificación y conservación), la acción de las partes sobre ellas mismas (conservación) y la acción de las partes sobre el todo (modificación o conservación). Estas cuatro acciones se equilibran en una estructura total, pero entonces hay tres posibilidades de equilibrio: 1)

Predominancia del todo con modificación de las partes; 2) predominancia de las partes con modificación del todo; 3) conservación recíproca de las partes y del todo. A esto hay que agregar una ley fundamental: sólo la última forma de equilibrio, 3) es “estable” o “buena” mientras que las otras dos, 1) y 2), son menos estables; aunque tendiendo hacia la estabilidad, la aproximación de 1) y 2) a ese estado dependerá de los obstáculos que se encuentren en el camino.

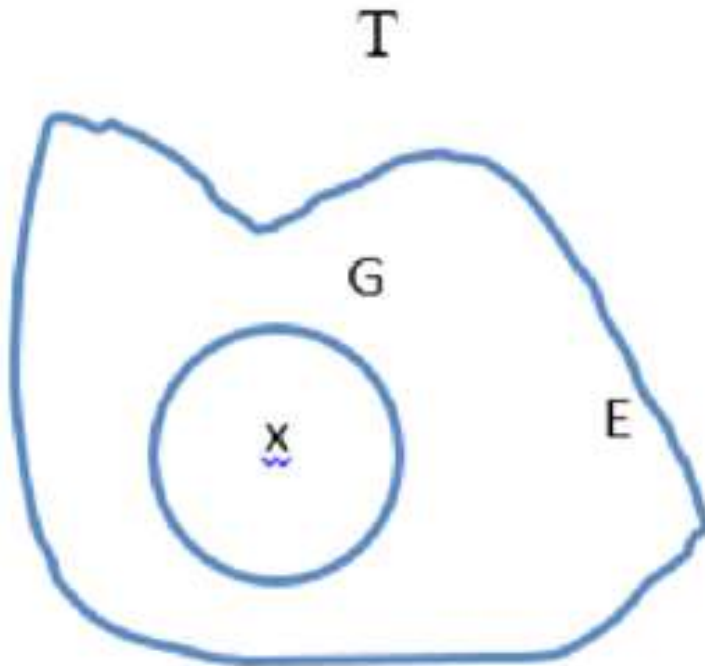
Es así, como en la búsqueda de la estabilidad, se plantean los procesos de mejoramiento continuo y los procesos de evaluación institucional como una estrategia de participación de la comunidad académica, no obstante, las fuerzas en pulsión van más allá de un simple reconocimiento de la función social del otro, sino que están enmarcadas en las representaciones de las esferas discursivas de las cuales proceden y se interrelacionan mediante los géneros discursivos. Por tanto:

La composición y sobre todo el estilo del enunciado dependen de un hecho concreto: a quién está destinado el enunciado, cómo el hablante (o el escritor) percibe y se imagina a sus destinatarios, cuál es la fuerza de su influencia sobre el enunciado. Todo género discursivo en cada esfera de la comunicación discursiva posee su propia concepción del destinatario, la cual lo determina como tal. (Bajtín, 1982).

En este sentido, Benveniste (1977), afirma que:

El acto individual por el cual se utiliza la lengua introduce primero el locutor como parámetro en las condiciones necesarias para la enunciación. Antes de la enunciación, la lengua no es más que la posibilidad de la lengua. Después de la enunciación, la lengua se efectúa en una instancia del discurso, que emana de un locutor, forma sonora que espera un auditor y que suscita otra enunciación a cambio.

El trabajo desarrollado puede entenderse utilizando un proceso de analogía desde el concepto de vecindad o entorno en topología, donde cada esfera discursiva constituye un espacio topológico T , en el cual si se considera una unidad de significado x (enunciado) perteneciente a un género discursivo G , entonces, la vecindad o entorno E estará definida como ese conjunto de significaciones del discurso de los cuales hace parte x que permiten establecer algún tipo de conexión de sentido entre géneros discursivos (ampliar el círculo cada vez más) y que bajo ciertas condiciones del entorno permiten movilizar el proceso de aprendizaje dentro de esa esfera mediante el desplazamiento de x en cadenas de enunciados para niveles distintos de conocimiento (gráfica 24).



Gráfica 24. Esferas discursivas como un factor operativo de la gestión del conocimiento

Algunas significaciones del discurso no permiten tal movilidad y es allí donde las estrategias o factores internos o externos podrían facilitar el cambio o la movilidad, es justamente allí donde se obtiene la mayor riqueza didáctica o pedagógica de la aplicación del método a la construcción de un modelo operativo de gestión del conocimiento.

Reflexiones acerca la modelación de procesos de gestión del conocimiento en programas de ingeniería

Los modelos de gestión de conocimiento, desde un punto conceptual, nacen en las necesidades o construcción de nuevos métodos y metodologías de desarrollo laboral, académico y profesional, considerando las competencias tácitas propias del individuo en conjunto con aquellas competencias explícitas, propias de la transferencia de conocimiento adquirida por medio de desarrollo académico y profesional en el desarrollo de retos organizacionales reales. Así lo manifiestan Balbón y Barrios (2006) , en donde analizan la gestión de conocimiento desde un ambiente incluyente, involucrando la organización con el entorno que la rodea: las necesidades propias de la empresa (tecnológicos, humanos, financieros y de información) son analizadas como una oportunidad de desarrollo de la empresa a partir de su entorno, por intermedio de un modelo funcional e isomórfico en la teoría de producción y apropiación del conocimiento integral en sociedad.

Diferentes conceptos acerca de la gestión del conocimiento (GC) han sido desarrollados por expertos. Sin embargo, Guillermo Correa Uribe (2008), resalta tres puntos de vista principales: *productivo, administrativo y gerencial*. Desde el enfoque *productivo*, la gestión del conocimiento es conocida como la ejecución de actividades en la identificación, creación, selección, organización, almacenamiento, filtración y socialización del conocimiento aplicado en un ambiente operativo y de desarrollo industrial. Para el ambiente *administrativo*, GC es la realización de las actividades propias en el planear, organizar, dirigir y

controlar dentro del ambiente laboral. Ya para el punto de vista *gerencial*, la gestión del conocimiento es realización de las actividades de prospectiva (misión, visión, principios, objetivos, estrategias), estructura (roles, responsabilidad y autoridad), y cultura (creencias, valores, costumbres, mitos), tomando decisiones estratégicas a corto plazo.

Uno de los enfoques en la gestión del conocimiento es el desarrollo cognitivo a partir de la gestión por competencias. Desde el punto de vista ingenieril, Luis Javier Tirado (2007) plantea una propuesta de gestión de competencias para ingenieros industriales. Inicia con la construcción de un currículo basado en competencias para la institución educativa, en donde se estructura el contexto de la ingeniería en dos principales tipos de competencias: *genéricas*, denominadas aquellas desarrolladas por los profesionales en su ambiente de trabajo (por ejemplo trabajo en grupo, desarrollo de investigación, uso de sistemas de información y tecnológica); y las competencias *específicas*, definidas como aquellos aspectos desarrollados propios de su profesión, a partir del conocimiento adquirido en clase. A seguir, se desarrolla un modelo de competencias profesionales, en donde se analizan y desglosan las bases propias del estudio profesionalizante como estructura funcional del saber genérico:

- 1) Definición de la misión de los ingenieros industriales.
- 2) Diagnóstico de los entornos: socioeconómico, ocupacional, organizacional, tecnológico, educativo y legal.
- 3) Prospectiva 2015.
- 4) Mapa funcional de competencias.
- 5) Componentes de las competencias.

Es importante resaltar que la gestión del conocimiento, siendo una actividad concebida desde el punto de vista humanístico a partir de una necesidad general, no puede ser desarrollada por sí sola. Ella debe estar acompañada de

un proceso de concepción, integración, acompañamiento y control por una población de interés, en este caso específico por académicos interesados en la materia y con el apoyo en conjunto de las organizaciones. Como consecuencia de lo anterior, su implementación en las empresas trae consigo una serie de beneficios, como lo es manifestado por Alavi y Leidener (2005).

Algunos de los resultados que se pueden evidenciar con un modelamiento de gestión del conocimiento evidencian cuatro beneficios principales para las organizaciones: el primero es una *evolución en la comunicación*, en términos de eficiencia (reducción de tiempos), financiero (en donde se puede interactuar y aprender con las experiencias aplicadas en los clientes de la organización y realizar un *feedback* en la búsqueda de mejora del servicio al cliente), marketing (aumento de los niveles de servicio con el cliente) y en general (apertura de nuevos mercados (globalización de la organización)). El segundo beneficio se presenta como una *aceleración en los procesos de comunicación*, en donde las propuestas de ventas fluyen de una manera constante y rápida con la implementación y documentación de conocimiento, disminuyendo los costos operacionales asociados y obteniendo una mejoría en la planeación y evaluación de proyectos empresariales.

El tercer beneficio nace producto de la *interrelación de los trabajadores*. Si los empleados tienen voz dentro de los procesos organizacionales, la transferencia de conocimiento pasa de ser en un sistema vertical o de jerarquización a convertirse en un sistema horizontal, en donde cada una de las opiniones de los trabajadores es igual e importante como miembros de la organización. Como beneficio de lo anterior, se obtiene una estandarización de los procesos internos de la organización y replanteamiento de las responsabilidades de cada empleado y disminución de costo laboral.

Como beneficio final se presenta el *incremento de la participación*. Si una persona que labora en la organización se siente involucrada e importante dentro del sistema productivo de la empresa, los niveles de participación y compromiso crecerán constantemente. Como resultado, los procesos aumentarán su eficacia y eficiencia en toda la línea de producción y se gestionará un marketing proactivo, en donde se pase de un sistema tradicional organizacional a un sistema de gestión de la cadena de suministro, involucrando las decisiones propias del cliente en el servicio posventas de los productos ofrecidos.

En la industria automotriz, la gestión del conocimiento abarca el alcance que ha desarrollado este tipo de industria para transformar el conocimiento local de vehículos en sistemas de información de intercambio de métodos, procedimientos, experiencias y sugerencias en la interrelación organización-cliente. “El modelo de diseño de gestión del conocimiento construye un modelo de gestión a partir de la gestión *know how* (el cómo hacer) integrado a la información disponible (sistemas de información)” (McMahon, 1999).

En el caso de la industria metalmecánica, el proceso continuo de la gestión de conocimiento juega un papel fundamental en la continuidad de los procesos operativos de la organización. De acuerdo con el estudio desarrollado por Carrasco (2014), los procesos de mantenimiento de maquinaria se ven interrumpidos por los cambios o sustituciones de personal.

Desde un contexto de la ingeniería, la gestión del conocimiento ha evolucionado en el área de desarrollo de productos basado en equipos de transformación de productos integrados multifuncionales. Así lo describe Payne (2001) en su implementación de gestión del conocimiento desde la industria aeroespacial: “los miembros integrados del equipo de producto no sólo son multifuncionales, sino que probablemente trabajen para diferentes empresas, tengan diferentes nacionalidades y provengan de diferentes sitios de una empresa o incluso estén dispersos por todo el mundo”.

En ese orden de ideas, todo proceso de modelación está relacionado con la abstracción de elementos propios del “mundo real” hacia el “mundo del sistema”, para pasar por el mundo real, debe generarse un diálogo entre el sentido común y los elementos lógicos de pensamiento. Recientes estudios plantean la importancia de considerar la construcción de modelos que atiendan a algunas necesidades propias del sentido común para de esta forma facilitar su aprehensión y posterior implementación. Una aproximación a esta idea se realiza en “The Naive Physics Manifesto” (Hayes, 1985), donde se prioriza la capacidad para un accionar inteligente en relación a los objetos y tareas del diario vivir, entendiéndose que los niveles de inteligencia estarán determinados por los niveles relativos de interpretación de las situaciones. En este orden de ideas, el modelo de gestión debería crecer dependiendo de los niveles de adecuación del sentido común organizacional al entorno, este manifiesto se propone como una alternativa para adelantar desarrollos en el estudio de la Inteligencia Artificial; en este campo, y desde el punto de vista ontológico, el aporte de la Gestalt es relevante puesto que:

El trabajo de los gestalistas, de Gibson, y desde los fenomenologistas tiene el objetivo de proveer una teoría realista adecuada, una ciencia u ontología del mundo del sentido común el cual será consistente en principio con teorías sofisticadas de cognición y de realidad física estándar. Tal trabajo presupone que existe un nivel intermedio o región de la realidad, la cual, es posible de describir de forma realista en el marco de referencia de una teoría rigurosa (Smith & Casati, 1994).

En cuanto a la estructura del modelo, Sayama (2015), recomienda que debe ser simple, validable y robusto, para el caso específico de las organizaciones, debería contar entonces con las siguientes propiedades:

- **Fundamentación:** debe hacer referencia a las bases que sustenten y/o inspiren el modelo analizado.
- **Fases:** diversos pasos que se deben seguir para el desarrollo e implantación del sistema de gestión.
- **Estrategias:** intervención para la generación, comportamiento, difusión e interiorización del conocimiento.
- **Cultura organizacional:** debe hacer explícito el tipo de cultura que se propone como idónea para el desarrollo de procesos de creación y gestión del conocimiento.
- **Participantes:** debe considerar a los actores en el diseño y desarrollo de los sistemas de creación y gestión del conocimiento.
- **Tecnología:** comprueba el papel que se le da a la tecnología desde las las TIC que se proponen para la gestión del conocimiento.

Metodología

Atendiendo a las expectativas de formación de la Universidad, se propuso analizar mediante una investigación de corte exploratorio *el proceso de conversión y transferencia de conocimiento* especializado en las disciplinas de la ingeniería, a la luz de un modelo operativo de gestión del conocimiento. Para tal efecto, se propusieron como unidad de análisis los programas de ingeniería de la Universidad con las siguientes variables de estudio:

- Niveles de competencia en ingeniería.
- Niveles de dimensión epistemológica en la conversión del conocimiento.
- Niveles de dimensión ontológica en la conversión del conocimiento.
- Niveles de dimensión metodológica en la conversión del conocimiento

Esta construcción se realizó desde un enfoque constructivista sin dejar de lado un análisis mixto de las variables (cualitativo y cuantitativo), donde, mediante el estudio de este caso se consolida un análisis discursivo de la conformación indicial (Ginzburg, 1989), procesos de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes, de la influencia de lo institucional en el proceso de conversión y transferencia de conocimiento y de la responsabilidad del hábitus profesional (Bourdieu, 1991) del docente de la Facultad de Ingeniería en la evaluación de la apropiación de los niveles de competencia y desempeño que hacen parte del espectro de perfil de formación que espera la Universidad.

La muestra elegida fueron estudiantes de ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, a ellos, junto con los docentes, se les aplicaron instrumentos de medición tendientes a verificar la existencia y relación de las variables, adicionalmente, mediante datos históricos de la Facultad para el año 2016 y contrastaciones con los conocimientos desarrollados por los estudiantes de semestres superiores se realizaron comparaciones en cuanto a la perspectiva desarrollada por ellos hacia los niveles de competencia. Para el estudio exploratorio se aplicó un instrumento de recolección de información tipo encuesta aplicado a 53 estudiantes de la Facultad con enfoque cualitativo, para analizar las percepciones de los estudiantes acerca de un evento llevado a cabo en la Facultad para una población de 200 estudiantes en el semestre 2016-I, llamado Foro de lecciones aprendidas, el cual se propuso como estrategia de acercamiento a los procesos de gestión del conocimiento. Todo, adicionalmente realimentado por una investigación documental con un enfoque hermenéutico para determinar el nivel de complejidad de la interrelación de las variables en cuestión.

Del análisis discursivo de las prácticas docentes y el complemento con la lectura e indagación en textos con experiencias similares, se inicia la generación de los instrumentos necesarios para comprender la dinámica propia de un posible modelo de gestión del conocimiento en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana.

Las variables asociadas están relacionadas con la importancia de pertenecer a un semillero de investigación para dos eventos diferentes a saber: Foro de lecciones aprendidas (2016- semestre 1) y Conocimiento estratégico en desarrollo de software (2016- semestre 2) (Aguirre y García, 2016). De esta forma, se plantea un análisis de dependencia de las variables con una prueba de (Taylor, 2005) con un error de muestreo de 5% con confianza del 95%, asumiendo una heterogeneidad del 15%. La selección de la población se hizo por muestreo estructural (Mejía, 2000), donde la hipótesis nula que se estudió fue la siguiente:

h₀=Las variables “necesidad de pertenencia a un semillero de investigación” y “evento” son independientes. h₁=Las variables “necesidad de pertenencia a un semillero de investigación” y “evento” son dependientes.

La variable “necesidad de pertenencia a un semillero de investigación”, es dicotómica con valores sí y no. La variable “evento” representa dos estados de la muestra para dos eventos distintos. La valoración de la encuesta contó con la siguiente escala:

1. Sí

2. No

La expresión utilizada para el cálculo del tamaño de la muestra fue:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Discusión y análisis de resultados

De la tabla 8 se obtiene un valor de . Se aprueba H_1 , luego la necesidad de pertenencia a un semillero de investigación dependió del evento, es decir, de las etapas de maduración de la estrategia.

Tabla 8. Datos obtenidos en la encuesta

	EVENTO1	EVENTO2	TOTAL
SÍ	40	50	90
NO	13	3	16
	53	53	106

Una de las características de la gestión del conocimiento se debe a su capacidad de aplicar, integrar, aprender y compartir conocimiento en un proceso de formación Universidad-Empresa. De acuerdo con Charles (2006), la tendencia actual de las universidades es generar un mayor impacto económico dentro de la sociedad donde se gestiona el conocimiento. De esta forma, el uso de tecnologías de información, integración del conocimiento tácito y explícito de los empleados y su interrelación con los individuos de la sociedad es visto como una ventaja competitiva gestionada por las organizaciones lo cual permite el desarrollo y crecimiento de los negocios.

Un caso particular de gestión del conocimiento se ve en lo relatado por Candy (2000), durante su investigación: aquí se utilizan los criterios de categorización desarrollados por Boyer (1990), para definir tres niveles principales de formación de estudiantes universitarios: i) graduandos en descubrimiento; ii) graduandos en integración del conocimiento; iii) graduandos en aprendizaje. A partir de las tres categorías anteriores, los estudiantes pueden compartir información de experiencias profesionales, fruto de sus trabajos de pasantía, como marco de entrada a la creación de sistemas de información universitarios en la recopilación, procesamiento y análisis de la información suministrada.

Este tipo de experiencias académicas, relata el autor, permite aumentar los niveles de creatividad e ingenio de los futuros profesionales en la resolución de los diferentes desafíos y problemas de la sociedad. Una metodología de gestión del conocimiento en base a categorización de factores es presentada y expuesta como la taxonomía de Bloom (1956), esta herramienta de categorización divide cuatro dimensiones principales del conocimiento: conocimiento factual, conocimiento conceptual, conocimientos procedimentales y conocimiento meta cognitivo.

- El conocimiento factual es conocido como el desarrollado de aquel conocimiento y terminologías que los estudiantes deben saber para resolver las problemáticas relacionada con la disciplina. Por ejemplo: para resolver problemas relacionados con violencia y sociedad, deben saber los conceptos de violencia, sociedad, el entorno en el cual se desarrollan entre otro tipo de definiciones.

- El conocimiento conceptual hace referencia a las interrelaciones que son generadas de los elementos básicos (factuales) dentro de una estructura amplia: categorías, clasificaciones, principios, entre otros.

- En la tercera categoría se encuentra el conocimiento procedimental, en donde se desarrollan los saberes relacionados con los procedimientos, en su mayoría cuantitativos, para la resolución de problemas: por ejemplo, conocimiento acerca de algoritmos, modelos matemáticos, diseño de experimentos, entre otros.

- Finalmente, se encuentra el conocimiento metacognitivo, también conocido como conocimiento estratégico de las experiencias profesionales y casos de estudio particulares. Durante esta etapa metacognitiva el estudiante aprende a desarrollar sus propias competencias, se mide la capacidad que tiene para resolver diferentes situaciones planteadas y su ingenio y creatividad para resolverlas.

A partir de los saberes anteriores, y basados en la tabla anterior, es realizada la medición del alcance estudiantil en cada uno de estos conocimientos centrándose en seis procesos dimensionales cognitivos: recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Estos procesos permitirán analizar en cada uno de los estudiantes universitarios la calidad y acompañamiento académico de la Universidad en la formación y desarrollo de sus competencias personales, académicas y profesional con el respectivo alcance de las mismas.

En este orden de ideas, para el componente analizado respecto a la importancia de pertenecer a un semillero de investigación, se encontró que, en efecto, hay un aumento significativo en la apreciación de los semilleros de investigación como una estrategia que fortalece el conocimiento de los estudiantes, de ahí que las estrategias propuestas por la Universidad propenden por la calidad en la construcción de saberes en el marco de lo institucional generando un entorno propicio para el componente emancipatorio de sus individuos sin pérdida de los principios de la institucionalidad.

Conclusiones y recomendaciones

El proceso de implementación de modelos operativos de gestión de conocimiento, está fuertemente determinado por la delimitación de los roles de los integrantes de la comunidad académica de la Universidad, en tanto que son ellos quienes contribuyen a las dinámicas específicas de la tríada conocimiento-institución-calidad. Si bien es cierto que se han obtenido importantes sistematizaciones de estos modelos, no puede desestimarse el carácter simbólico y estructurante de la incorporación del sentido común con enfoque en la solución a problemas cotidianos en la construcción e implementación de los modelos, tal incorporación podría servir de elemento articulador de la tríada.

Existen relaciones funcionales entre los conceptos de conocimiento, institución y calidad, tales relaciones se pueden observar más detalladamente mediante el análisis discursivo de los roles de los actores sociales del discurso académico en los programas. Una ruta de trabajo para tal análisis estaría mediada por la interpretación de niveles de competencia para dichos actores tanto en entornos sistémicos como en entornos del mundo de la vida, se propone, por ejemplo, para el caso de programas de ingeniería analizar las competencias de ABET en contrastación con la estrategia de aprendizaje del programa y las líneas de formación propuestas en los diseños curriculares.

En el programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Americana, se ha identificado un avance significativo en la percepción que se tiene acerca de la importancia de espacios académicos como semilleros, esto da cuenta de un primer nivel de asimilación de una cultura del conocimiento. Este hallazgo cimienta las bases para la modelación y posterior implementación de un modelo operativo de gestión del conocimiento de cara a la acreditación en alta calidad, para llevar a cabo este proceso, deberán estudiarse detenidamente las relaciones docentes-estudiantes-administrativos en contextos complejos bajo la óptica de la tríada conocimiento-institución-calidad. El modelo se propondrá en otros escritos.

Referencias

- Aguirre, E. D. & García, D. A. (2016). Evaluation Of Project-Based Learning At The Faculty Of Engineering Of The “Corporación Universitaria Americana”. 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation - Proceedings, 1 (1), 5179-5182.
- Alavi, M. & Leidener, D. (2005). Knowledge management systems: issues, challenges. Communications of the association for Informations Systems, 123-140.
- Bajtín, M. M. (1982). Estética de la creación verbal. México: Siglo XXI editores.
- Balbón, M. S. y Barrios, N. (2006). Gestión del conocimiento. Parte II. Modelo de gestión por procesos. Acimen, 14 (3), 1-16.
- Benveniste, É. (1977). Problemes de linguistique généraux, ii. París: Gallimard.
- Bloom, K. (1956). The taxonomy of educational objectives, the classification. Philadelphia: David McKay Company.
- Bourdieu, P. (1991). El sentido práctico. Madrid: Taurus.
- Bourdieu, P. (1984). *Homus Academicus*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Boyer, E. L. (1990). Scholarship reconsidered: Priorities of the professoriate. Londres: Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Candy, P. C. (2000). Knowledge navigators and lifelong learners. Higher Education Research, 19 (3), 261-277.
- Carrasco, J. (2014). Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento. *Omnia Science*, 43-65. Recuperado de: <http://www.omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/viewFile/198/76>
- Charles, D. (2006). Universities as key knowledge infrastructure in regional. *Innovation*, 117-130.
- Correa, G.; Rosero, S. y Segora, H. (2008). Diseño de un modelo de gestión del conocimiento. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 31 (1), 1-24.
- Ginzburg, C. (1989). Mitos, emblemas e indicios. *Morfología e Historia*. Barcelona: Gedisa.
- Habermas, J. (1984). The theory of communicative action. Boston: Beacon Press.

- Havey, L. & Green, D. (1993). Defining quality. . Assessment & Evaluation in Higher Education, 18 (1), 9-34.
- Hayes, P. (1985). The second naive physics manifesto. En R. Moore & J. Hobbs (Edited). Formal Theories of the Commonsense World (1-36). New Jersey: Intellect books
- McMahon, C. (1999). An information connection model of design. International Conference of Engineering Design -ICED-, (99), 1651-1656.
- Medina, V. H.; Pérez, J. N. & Torres, J. H. (2011). La investigación en Ingeniería: ciencia y tecnología de la información y del conocimiento. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Mejía, J. (2000). El muestreo en la investigación cualitativa. Investigaciones Sociales, 4 (5), 166-180.
- Payne, D. (2001). Cultural Issues in aerospace engineering design teams. Conference, 417-424.
- Piaget, J. (1976). Autobiografía. Argentina: Caldén.
- Sayama, H. (2015). Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. New York: Open SUNY textbooks.
- Šedžiuvienė, N., & Tamutienė, L. (2016). Strategic Dimensions Of Quality Culture In Higher Education Institution. Professional Studies: Theory and practice, 1 (16), 22.
- Smith, B. & Casati, R. (1994). Naive Physics. Philosophical Psychology, 7 (2), 227 - 247.
- Taylor, G. R. (2005). Integrating Quantitative and Qualitative Methods in Research. Maryland: University Press of America.
- Tirado, L. (2007). Competencias profesionales: una estrategia para el desempeño exitoso de los ingenieros industriales. Revista Facultad de Ingeniería, (40), 123-140.
- Tranier, J. & Goity, J. (2016). Viejas malas prácticas políticas y Universidad: Aportes para repensar los vínculos, alianzas y estrategias sobre la Otriedad en la actualidad. Praxis educativa, 20 (2), 58-66.

Proceso de extracción y almacenaje de características a partir de imágenes de huellas de mordida en el desarrollo de un software para la identificación de personas mediante procesamiento digital de imágenes

Elkin Darío Aguirre Mesa³²
Héctor Sahir Tabora Vargas³³
David Alberto García Arango³⁴
César Felipe Henao Villa³⁵
Safiah Binti Sidek³⁶
Francisco Valverde Alulema³⁷
Gina Mejía Madrid³⁸

Resumen

Se exponen resultados obtenidos a partir de la implementación de procesos matemáticos al desarrollar un software que, mediante algoritmos para procesamiento digital de imágenes de alto nivel, realice la extracción de características fundamentales de una imagen de huella de mordida y luego las almacene en una tabla de resultados. Se emplearon técnicas sofisticadas de procesamiento de imágenes en diferentes etapas. Primero, toma y estandarización de imágenes, garantizando cálculos confiables.

32. Docente de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ingeniero de Sistemas, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa. Correo: elkin.aguirre@pascualbravo.edu.co.

33. Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa, Universidad de Santander, Especialista en Administración de la Informática Educativa, Universidad de Santander, Docente investigador de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Correo: hector.taborda@uam.edu.co

34. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Matemáticas Aplicadas, candidato a Doctor en Educación. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

35. Docente investigador del grupo AGLAIA -Corporación Universitaria Americana. Ingeniero de Sistemas, Magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co

36. Docente investigador Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM). Hang Tuah Jaya, 76100 Durian Tunggal, Melaka. Correo: safiahsidek@utem.edu.my

37. Docente investigador Universidad Central de Ecuador. Av. La Gasca s/n Av. Universitaria. Correo: fvalverde@uce.edu.ec

38. Docente investigador Universidad Central de Ecuador Av. La Gasca s/n Av. Universitaria. Correo: gsmejia@uce.edu.ec

Segundo, extracción de características mediante una separación de canales en escala de grises, para localizar el centroide de cada pieza dental a través de técnicas de segmentación utilizando binarización, llenado de huecos y separación de objetos. Realizados estos pasos se obtuvo una representación gráfica de la huella, que se utilizará en fases siguientes de esta investigación. Los resultados se reflejan en el desarrollo de la aplicación, que incluye diferentes técnicas de procesamiento digital de imágenes que realizan valoración analítica de características que pueden extraerse de una imagen digital, deduciendo parámetros dimensionales y morfológicos en tiempo real del proceso de identificación. Investigaciones previas utilizan aplicaciones enfocadas al uso de parámetros geométricos de modelos tridimensionales. En conclusión, el desarrollo de esta aplicación basada en el análisis de imágenes bidimensionales (2D) y el uso de PDI de alto nivel utilizando procesos matemáticos orientados a producir una técnica adecuada para la identificación de una persona, apoya la toma de decisiones correctas en este ámbito, en especial si se considera que actualmente no es común el uso de este tipo de herramientas para tal fin.

Palabras clave: desarrollo de software, procesamiento digital de imágenes, identificación de personas, huella de mordida, procesos matemáticos.

Introducción

La huella de mordida es una de las técnicas de identificación comúnmente usada para establecer la identidad de las personas generalmente en el área policial. Los sistemas de identificación basados en huellas de mordida actuales hacen uso de un dogma central en su análisis basado en dos suposiciones: primero, que la dentadura humana es única (exclusiva de cada individuo) y, segundo, que hay suficientes características diferenciadoras entre ellas que posibilitan una identificación. Los dientes son las estructuras más duras del cuerpo humano y permanecen inalterables al paso del tiempo, lo cual hace posible un proceso de identificación por el altísimo número de combinaciones de características presentes en ellos: posición de las piezas en la arcada dental, ausencia de piezas, tratamientos de ortodoncia, entre otras. Dichas características son utilizadas por expertos para el reconocimiento de un individuo.

En la actualidad existe software cuyos algoritmos para el reconocimiento automático de huellas de mordida tienen una eficiencia aproximada del 90%, pero que tienen un alto costo computacional, alta sensibilidad al ruido de la imagen y solo consideran información particular de la huella dejando de lado información mucho más global que se presenta, por lo cual, solo lo utilizan como apoyo a otras pruebas de mayor fiabilidad. Por consiguiente, surge una necesidad de explorar nuevas representaciones de huellas de mordida basadas principalmente en la perspectiva del procesamiento digital de las imágenes, la visión computacional y el reconocimiento de patrones.

La presente investigación pretende generar un impacto a nivel académico y social con miras a plantear alternativas en el campo de la ingeniería del software y la identificación de personas; además que genera apropiación de conocimiento, buscando nuevas técnicas y procedimientos en el procesamiento digital de imágenes (PDI) cuyo desarrollo tecnológico ha logrado que sus aplicaciones se extiendan también a muy diversas áreas como la medicina, el monitoreo remoto, el reconocimiento de objetos, la visión por computador, la manipulación de fotografías, entre otros.

La identificación de personas a través de las huellas de mordida es un tema que se trata a nivel general, pero no siempre desde un enfoque tecnológico y con un uso de herramientas PDI, es una tarea que se ha venido desarrollando lenta y paulatinamente a través de técnicas mecánicas y manuales, apoyándose en procedimientos que requieren muestras de las piezas dentales de las personas en alginato o yeso, material fotográfico y radiografías y en las que no se incorpora o maneja procedimientos estándares de procesamiento digital de imágenes.

El trabajo presentado en este artículo utiliza un análisis de las huellas de mordida como patrones de texturas orientadas, desde donde se extraen características invariantes combinando la información discriminativa global y particular de una imagen. Se presenta la aplicación de esta representación para la implementación de un sistema de identificación mediante huellas de mordida compuesto de varias etapas de procesamiento, entre las que tenemos principalmente la extracción de características, su clasificación y posterior almacenamiento en base de datos.

En la etapa de extracción de características se obtiene una tabla de resultados denominada `tbl_caracteristica` cuyos valores representan la huella de mordida. En la etapa de clasificación la `tbl_caracteristica` obtenida en la etapa anterior, almacena cinco características básicas, a partir de las cuales se generarán otros elementos característicos mediante procesos matemáticos que complementan esta etapa. La siguiente etapa, denominada de coincidencia (fase 2 del proyecto), hará uso de procesos matemáticos como la distancia euclidiana para determinar el grado de similitud que existe entre la `tbl_caracteristica` con el conjunto de `tbl_caracteristica` que se ingresa desde una imagen a comparar, buscando un alto grado de coincidencia pensando en la identificación de una persona a través de su huella de mordida.

Extracción de características

En el esquema propuesto de texturas orientadas, primero se estandariza la imagen a una resolución de 3000 x 2000 para que las diferentes mediciones y cálculos a realizar sean lo más fiables posible en el momento de la comparación. Una vez estandarizada la imagen RGB, se realiza una división de canales (Split channels) en tres imágenes de escala de grises de 8 bits que contienen los componentes rojo, verde y azul de la original, entre las cuales de manera experimental por ser la que mejor calidad y definición muestra se escoge la verde (Green) para su procesamiento. Luego, de manera automática se colocan valores de límites superior e inferior (Thresholding) (González y Woods, 2002) para segmentar la imagen en escala de grises dentro de las características de mayor interés y de fondo. Seguidamente se convierte la imagen a blanco y negro (Make binary) y se rellenan los huecos (Fill Holes) que en ella queden para darle uniformidad a la textura y poder aplicarle una segmentación especial (Watershed) que separa automáticamente las partículas que se tocan, dando la forma final a la imagen que se busca (huella de mordida). Los pasos principales para la extracción de características se profundizan a continuación.

Consideraciones generales

Una imagen es considerada una función bidimensional descrita en forma matricial como:

$$(x, y) = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(1,2) & \cdots & I(1,N) \\ I(2,1) & I(2,2) & \cdots & I(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(M,1) & I(M,2) & \cdots & I(M,N) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde los subíndices x , y representan los desplazamientos en forma horizontal y vertical (filas y columnas), así como M y N representan las dimensiones de la imagen. La forma de representar imágenes plantea una adaptación del modelo descrito en la ecuación (1) respecto a la manera de indexar los datos matricialmente, esto significa que los índices intercambian posiciones, con lo anterior es posible adoptar la notación matricial típica de renglón-columna.

Una imagen a escala de grises es una matriz cuyos valores han sido escalados para representar un determinado número de intervalos. Si la imagen es del tipo 8-bit entonces los datos que la conforman se encuentran en el intervalo $(0,255)$. Si la imagen es del tipo double, entonces los datos que la constituyen son del tipo flotante y se encuentran en el intervalo $(0,1)$.

Una imagen binaria del tipo logical se representa como un arreglo que solo contiene unos y ceros. Estos ceros y unos son especiales, porque no implican valores numéricos, sino más bien banderas que indican el estado de falso (0) o verdadero (1).

El modelo de color RGB (González y Woods, 2004), se basa en la combinación de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B). El origen de este modelo se encuentra en la tecnología de la televisión y puede ser considerado como la representación fundamental del color en las computadoras, cámaras digitales y escáneres, así como en el almacenamiento de imágenes. La mayoría de los programas para el procesamiento de imágenes y de representación gráfica utilizan este modelo para la representación interna del color. El modelo RGB (Cuevas, Zaldívar y Pérez, 2010) es un formato de color aditivo, lo que significa que la combinación de colores se basa en la adición de los componentes individuales considerando como base el negro. Este proceso puede imaginarse como el traslape de 3 rayos de luz de colores rojo, verde y azul, los cuales son dirigidos hacia una hoja de papel blanca, y cuya intensidad puede ser continuamente controlada. La intensidad de los diferentes componentes de color

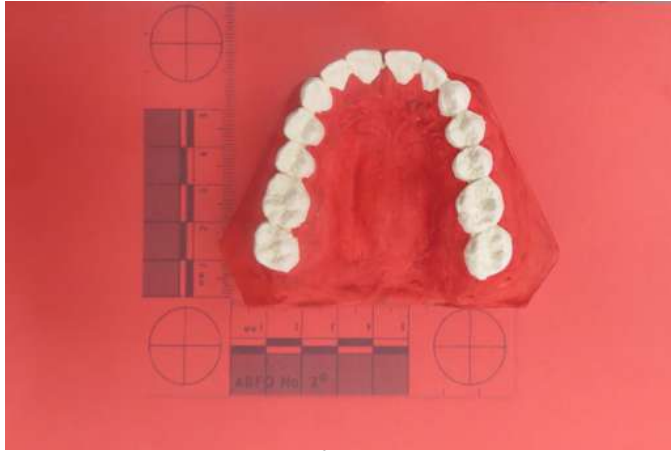
determina tanto el tono como la iluminación de color resultante. El blanco y el gris o tonalidades de gris son producidos de igual manera a través de la combinación de los tres correspondientes colores primarios RGB.

El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a los 3 colores primarios R, G y B. Los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran restringidos al intervalo de $(0, V_{\max})$, (Cuevas, Zaldívar y Pérez, 2010) en donde normalmente $V_{\max}=255$. Cada posible color C, corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con las componentes: $C_i=(R_i, G_i, B_i)$, donde $0 \leq R_i, G_i, B_i \leq V_{\max}$. Normalmente el intervalo de valores de los componentes de color es normalizado al intervalo $(0,1)$, de tal forma que el espacio de colores quedaría representado por el cubo unitario. El punto $N=(0,0,0)$ corresponde al negro, $W=(1,1,1)$ corresponde al blanco y todos los puntos que se encuentren en la línea entre S y W son las tonalidades a escala de grises donde las componentes R, G y B son iguales.

Desde el punto de vista del software una imagen a color RGB es un arreglo de tamaño $M \times N \times 3$, donde $M \times N$ define las dimensiones de los planos mientras que la dimensión correspondiente a 3 define a cada uno de ellos R, G y B. atendiendo a lo anterior, una imagen RGB puede considerarse como un arreglo de 3 imágenes a escala de grises.



Gráfica 25. Imagen Original



Gráfica 26. Imagen estándar (3000 x 2000)

División de canales (Split Channels)

La conversión de una imagen RGB a escala de grises se realiza a través del cálculo que resulta de considerar un equivalente E formado entre los valores contenidos en cada plano del color que lo constituyen. En su forma más sencilla podría establecerse este equivalente como el promedio de los valores de los tres componentes de color, tal que:

$$E_p(x,y) = (R(x,y) + G(x,y) + B(x,y)) / 3 \quad (2)$$

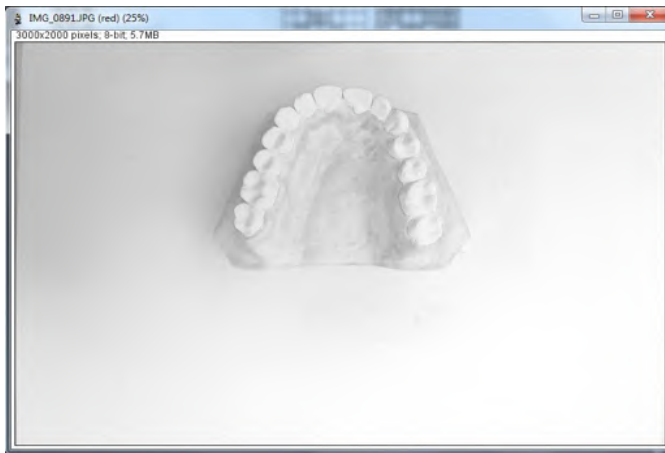
La subjetiva iluminación, propia del modelo RGB, hace que imágenes con un valor grande en la componente de rojo y/o verde tengan una apariencia oscura (en la imagen a escala de grises convertida mediante la ecuación (2)). El efecto contrario sucede en aquellos pixeles donde el contenido del plano azul es grande, mostrando en su versión a escala de grises una apariencia más clara. Con el objetivo de solventar este problema se considera como una mejor aproximación a la ecuación (2) el calcular una combinación lineal de todos los planos, definida como:

$$E_{lim}(x,y) = w_R R(x,y) + w_G G(x,y) + w_B B(x,y) \quad (3)$$

Donde $w_R, w_G, y w_B$ son los coeficientes que definen la transformación, los cuales de acuerdo al criterio utilizado en la TV para señales a color (Efford, 2010), se consideran como:

$$w_R=0.2999 \quad w_G=0.587 \quad w_B=0.114 \quad (4)$$

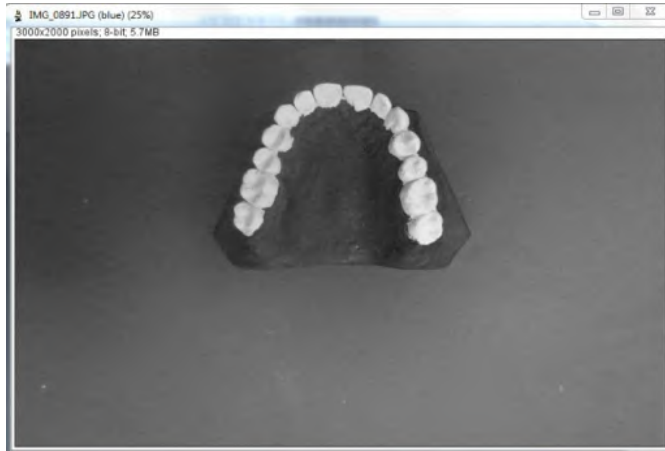
Siendo formales la ecuación (2) puede ser considerada como un caso especial de la ecuación (3). Una vez en escala de grises, se realiza la división de canales en tres imágenes de 8 bits que contienen los componentes rojo, verde y azul de la original.



Gráfica 27. Canal rojo



Gráfica 28. Canal verde



Gráfica 29. Canal azul

Segmentación por umbral

La segmentación por la utilización de un umbral puede ser considerada como una forma especial de cuantificación en la cual los píxeles de la imagen son divididos en dos clases, dependiendo de un umbral (Threshold) predefinido PTH , que se basa en la hipótesis de que existe un valor umbral bajo/sobre el cual puede diferenciarse a la imagen en cuestión del fondo. Este algoritmo ideado por Otsu en 1979 (Bovik, 2009), tiene un formulismo matemático planteado a continuación:

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k l. p(l) \quad (5)$$

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k p(l) \quad (6)$$

$$\mu T = \sum_{i=1}^{N_{max}} l. p(l) \quad (7)$$

$$\sigma_B^2(k) = \frac{(\mu T \cdot \omega(k) \cdot \mu(k))^2}{\omega(k)(1-\omega(k))} \quad (8)$$

Siendo k la posición índice del histograma en el rango de niveles de gris (de 0 a 255 niveles, si se emplean 8 bits en la codificación), siendo p el valor normalizado del histograma para la posición actual indexada, siendo ω y μ los valores acumulativos de primer y segundo orden del histograma normalizado, siendo μ_T el nivel medio total de la imagen. Binarización



Gráfica 30. Threshold configurado



Gráfica 31. Threshold aplicado

En este paso se plantea una reducción de información en la que los únicos valores posibles son verdadero y falso (1 y 0). En el caso de una imagen digital los valores verdadero y falso se corresponden a dos colores: blanco y negro (Chaira, 2015). Mediante esta técnica se consigue separar los objetos o regiones de interés, del resto de la imagen. Es decir, que se puede separar el fondo de la imagen de la imagen de los objetos que deseamos analizar. En el proceso de binarización de la imagen se utiliza normalmente un umbral de la escala de grises para conocer qué es blanco y qué es negro. Las imágenes por lo general no se encuentran en una escala de grises, por lo que se debe calcular la tonalidad de gris durante el proceso.

El algoritmo utiliza también el método de Otsu, el cual maximiza la probabilidad que el umbral que es elegido logra una separación de la imagen entre los objetos y su fondo. Esto se logra mediante la selección de un umbral que proporcione una mejor separación de clases, para todos los píxeles en la imagen (Fischler & Firshcein, 1987). La base de esta técnica es el uso del histograma normalizado, donde el número de puntos en cada nivel es dividido entre el número de puntos totales de la imagen. Así, la distribución de probabilidad de los niveles de intensidad está dada por:

$$P(l) = \frac{N(l)}{N^2} \quad (9)$$

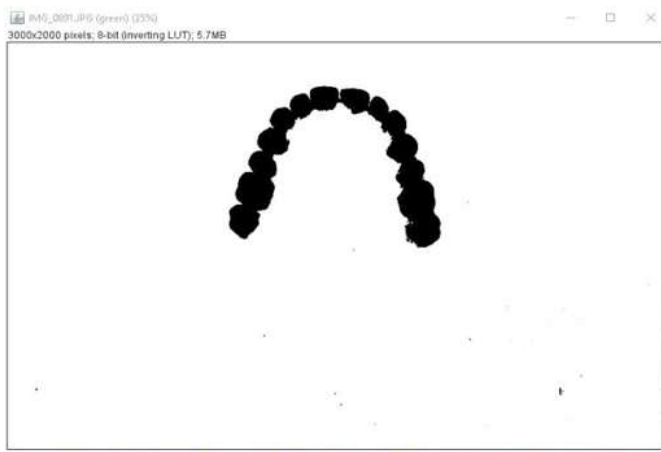
Donde:

$P(l)$ = Es la distribución de probabilidad

$N(l)$ = Número de puntos por nivel de la imagen nueva

N^2 = Puntos de entrada

Este método calcula la tonalidad de gris de cada pixel de la imagen de entrada, si la tonalidad de gris supera el umbral, ese pixel será verdadero, es decir, un pixel blanco en la imagen destino, en caso contrario, el pixel será negro en la imagen destino. Para calcular la tonalidad de gris se realizará una media ponderada de los valores RGB, la media viene ponderada por la percepción humana de los colores debido a que somos más sensibles al verde y menos al azul (30% rojo, 59% verde, 11% azul). Llenado de huecos y separación



Gráfica 32. Imagen binarizada

Llenado de huecos y separación

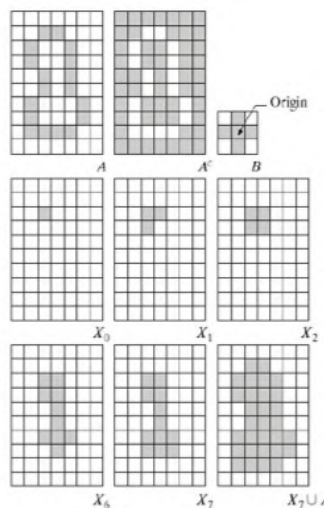
La acción de binarización se complementa con dos funciones especiales conocidas como *Fill Holes* (que utiliza un algoritmo de restauración de imágenes para reconstruir las partes que se han de completar) y *Watershed*. *Fill holes* llena agujeros en la imagen binaria (Fischler & Firshcein, 1987), definiendo un agujero como un conjunto de píxeles de fondo que no se pueden alcanzar rellenando el fondo desde el borde de la imagen; y la segmentación *Watershed* es una manera automática de separar o cortar partículas que se tocan en una imagen. Primero se calcula la distancia euclidiana y se encuentran los últimos puntos erosionados, entonces se dilata cada uno de ellos tan lejos como sea posible hasta que se alcanza el borde de la partícula o el borde toca una región de otra.

La operación de relleno se basa en operaciones morfológicas que consisten en una secuencia de dilataciones, complementos e intersecciones. Dada una imagen de borde original como la imagen A de la gráfica, se obtiene una imagen A^c , que corresponde al complemento de la imagen A. Se define también un elemento estructurante B.

El proceso de relleno consiste en aplicar recursivamente la siguiente operación:

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad (10)$$

Se utiliza como punto de partida un punto dentro del objeto que se desea rellenar como muestra la gráfica 32 (X_0) y se realiza la operación dilatación con el elemento B. Esta dilatación expande la imagen en todas las direcciones. Sin embargo, al realizar la intersección con la imagen A^c , se logra mantener los puntos dilatados siempre dentro de los bordes de la imagen original. Este proceso se repite “n-veces” hasta que la imagen X_k sea idéntica a la imagen X_{k-1} . Es decir, hasta que no se generen nuevos cambios y el proceso se detenga.



Gráfica 33.
Dilatación y erosión

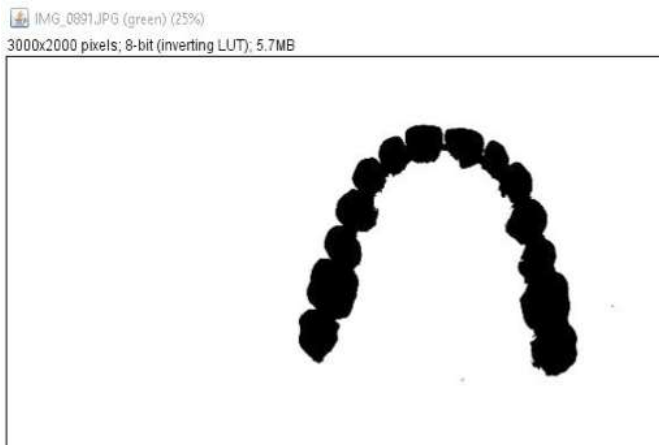
La Técnica de Watershed (Línea de División de aguas) es una técnica de segmentación basada en morfología matemática, que permite extraer las fronteras de las regiones que hay en una imagen (Serna y Román, 2009). A la vez, se considera una técnica de segmentación basada en regiones, debido a que clasifica los píxeles según su proximidad espacial, el gradiente de sus niveles de gris y la homogeneidad de sus texturas. Se considera la magnitud del gradiente de una imagen como una superficie topográfica. Los píxeles que tienen las más altas intensidades de gradiente corresponden a las líneas divisorias, que representan los límites de las regiones (Proakis & Manolakis, 1996). El agua puesta sobre cualquier píxel encerrado por una línea divisoria común fluye colina abajo a un mínimo de intensidad local común (Russ & Neal, 2016). Los píxeles que drenan a un mínimo común forman una cuenca, que representa un segmento de la imagen (un objeto).

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \nabla f = \text{mag}(\nabla f) = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

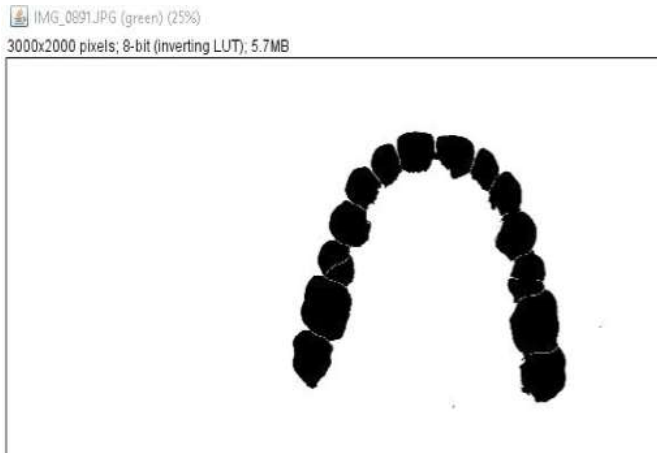
Forma general del gradiente

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\frac{\partial f}{\partial x}} \right) \quad (11)$$

Ángulo del gradiente que apunta en su máxima dirección.



Gráfica 34. Imagen con Fill Holes



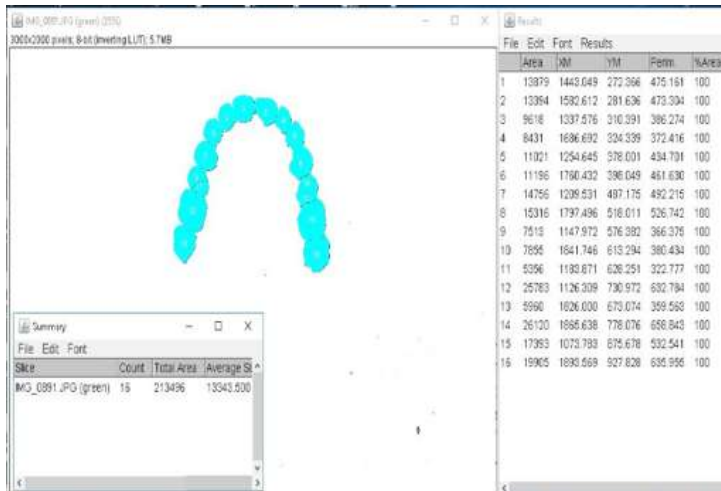
Gráfica 35. Imagen con segmentación Watershed

Resultados experimentales

Las pruebas de los algoritmos que realizan los pasos descritos anteriormente fueron realizadas utilizando imágenes de impresiones dentales tomadas a usuarios de la IPS de la universidad, previamente informados para dar su autorización. Dichas imágenes fueron tomadas con una cámara digital profesional marca Nikon D5300 de 24.2 megapíxeles, pantalla LCD de 3.2”, velocidad mínima de obturación 1/4000 y lente Nikon de 18-55 mm VR. Cada imagen se capturó desde una distancia perpendicular de 15 cm y fue seguidamente estandarizada de un tamaño inicial de 4000 x 3000 a uno de 3000 x 2000 con un algoritmo de redimensionamiento planteado en el software.

En el esquema implementado, y de acuerdo a la complejidad de los algoritmos utilizados para discriminar la extracción de características de las imágenes de impresiones dentales, se determinaron características básicas: número de piezas dentales, área de cada pieza, centroide (en función de coordenadas x, y) y el perímetro.

A partir de estos datos el software genera una tabla denominada `tbl_caracteristica` almacenada posteriormente en una base de datos, cuyos valores representan la huella de mordida y con los cuales se espera iniciar una segunda etapa del desarrollo del software para realizar la comparación de imágenes e iniciar un proceso de identificación.



Gráfica 36. Extracción de características de piezas dentales

Conclusiones

Se ha realizado el estudio e implementación de algoritmos eficientes en Java para el reconocimiento de imágenes de huellas de mordida y su posterior extracción de características, mostrando su robustez y eficiencia, así como algunos puntos débiles tales como la búsqueda de los estándares en la captura de las imágenes y los valores de configuración requeridos en cada una de las etapas para obtener óptimos resultados al momento de su ejecución.

El desarrollo de estos algoritmos otorga la búsqueda de nuevas alternativas y mejoras a los sistemas de identificación de personas basado en huellas de mordida, así como el estudio de técnicas flexibles y eficientes que permitan definir una metodología idónea en el desarrollo de software para que los resultados en cuanto a rendimiento sean mucho más elevados.

Este proyecto se establece como base para desarrollar una herramienta más amplia (segunda fase) cuyo alcance será la identificación de personas a través de su huella de mordida.

Referencias

- Bovik, A. (2009). *The Essential Guide to Image Processing*. Burlington : AP.
- Chaira, T. (2015). *Medical Image Processing. Advanced Fuzzy Set Theoretic Techniques*. New York: CRC Press.
- Cuevas, E.; Zaldivar, D. y Pérez, M. (2010). *Procesamiento digital de imágenes Con MatLab y Simulink*. México: Alfa Omega
- Efford, N. (2000). *Digital Image Processing: A Practical Introduction Using Java*. Londres: Addison Wesley.
- Fischler, M. A. & Firschein, O. (1987). *Intelligence, The Eye, The Brain and the Compute*. Reading: Addison Wesley.
- González, R. & Woods, R. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- González, R. & Woods, R. (2004). *Digital Image using MatLab Processing*. New Jersey: Pearson-Prentice Hall.
- Proakis J. & Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications*, New Jersey: Prentice hall.
- Serna, N. y Roman, U. (2009). Técnicas de segmentación en procesamiento digital de imágenes. *Revista de Investigación de Sistemas e Informática (RISI), UNMsM*. 6 (2).
- Russ, J. C. & Neal, F. (2016). *The Image Processing Handbook*. New York: CRC Press.

Software para utilizar el costeo en base a actividades y tiempo (TDABC) en cooperativas de crédito: estudio de caso

*Evandro Bonetti*³⁹

*Rodney Wernke*⁴⁰

*Antonio Zanin*⁴¹

Resumen

El objetivo de la investigación fue elaborar un software que permita costear las actividades que componen los procesos de una cooperativa de crédito a través del costeo en base a actividades y tiempo (TDABC). Se utilizó metodología clasificable como estudio de caso, con características descriptivas y cualitativas. La contribución de la investigación se produjo de forma teórica y práctica. En el campo teórico ayudó a cubrir una laguna de estudio porque no hay registro de publicaciones científicas que evidencien la posibilidad de utilizar el TDABC para el costo de las actividades ejecutadas en los procesos de cooperativas de crédito. En el contexto práctico, la contribución se produjo por la elaboración de software que mide los costos directos e indirectos de todas las tareas que componen las actividades ejecutadas en los procesos existentes en una cooperativa de crédito. Con ello, proporciona informaciones relevantes para los gestores en cuanto a la rentabilidad de cada operación de crédito, pues puede informar los ingresos con intereses de la intermediación financiera y los costos directos (intereses de la captación de los recursos) e indirectos (nómina, depreciaciones, energía eléctrica, material de expediente, licencia de software, alquiler del edificio, mantenimiento, etc.) asociables a cada contrato de préstamo. Además, permite medir las capacidades instalada, utilizada y ociosa de cada sector de la cooperativa, tanto en términos de minutos de trabajo y en valor monetario.

Palabras clave: software, costeo en base a actividades y tiempo, cooperativa de crédito.

39. Unochapecó, Brasil.

40. Unochapecó, Brasil.

41. Professor do Mestrado em Ciências Contábeis e Administração Unochapecó, Brasil. E-mail: zanin@unochapeco.edu.br

Introdução

As empresas prestadoras de serviços podem ter processos complexos em termos do número de atividades executadas ou que requerem diversos equipamentos (e/ou funcionários) a serem utilizados na execução de suas atividades cotidianas, o que pode acarretar dificuldade para alocar os custos (com mão de obra, depreciação, energia elétrica etc.) aos serviços ofertados à clientela (Ciaian, Paloma, & Delincé, 2013). Essa dificuldade de alocação pode ser encontrada também nas cooperativas de crédito porque geralmente são empresas que prestam serviços a seus associados e a mão de obra tende a representar grande parte dos gastos (Abensur & Brunstein, 1999). Assim, conhecer o custo de cada atividade desempenhada pelos colaboradores é importante para um melhor gerenciamento e otimização dos recursos disponíveis, bem como para facilitar a tomada de decisões a esse respeito (Dallora & Forster, 2008).

Nessa direção, para aperfeiçoar o desempenho gerencial dessas entidades seria interessante que os administradores utilizassem ferramentas que proporcionem conhecer, por exemplo, o custo e a lucratividade dos serviços prestados e/ou dos tipos de clientes atendidos. Entre as opções disponíveis estão métodos de custeio como o ABC (Activity-based Costing) e o TDABC (Time-driven Activity-based Costing), que vêm sendo utilizados em prestadoras de serviços, segundo pesquisas de John e Mitchell (1997), Bruggemann, Everarert, Anderson e Levant (2005), Everaert, Bruggemann e Creus (2008), Szychta (2010) e Sarokolaei, Savizb, Moradlooc e Dahajd (2013).

A priori, a existência de mais de um método de custeio teoricamente aplicável ao contexto de uma cooperativa de crédito pode acarretar dúvidas nos administradores ou contadores que pretendem selecionar uma dessas metodologias quando se deparam com essa diversidade (Schumacher & Burkert, 2013).

Por outro lado, a existência de diversos métodos de custeio é salutar porque os gestores podem selecionar aquele(s) mais adequado(s) às necessidades da(s) companhia(s) que dirigem; porém, exige a análise de inúmeras variáveis para que seja efetuada a melhor escolha. Assim, quando se busca um método para custear serviços as metodologias baseadas em atividades, como o ABC e o TDABC se destacam. Essas duas formas de efetuar o custeio possuem conceitos e etapas até assemelhadas, mas com formas de implementação e capacidade de geração de informações distintas, segundo diversos estudos (Everaert, Bruggeman, & Creus, 2008; Hoozée, Vanhoucke, & Bruggeman, 2010; Moraes, 2011; Kont & Jantson, 2011; Barros & Simões, 2014).

Entretanto, é pertinente ressaltar que apesar dos vários relatos sobre a utilização do ABC e do TDABC em diversos tipos de empresas, constata-se que há um maior volume de aplicações no âmbito industrial e nas prestadoras de serviços da área da saúde. Porém, no contexto das empresas financeiras a literatura a respeito é mais escassa. Ou seja, no âmbito de instituições financeiras já existem relatos da aplicação do ABC em bancos e organizações similares (John & Falconer, 1997; Bamber & Hughes, 2001; Nazemi & Seyed, 2012; Ortiz & Llumiñana, 2012; Wegmann, 2013; Durgham, 2016). Mas, no caso das cooperativas de crédito, os estudos sobre a aplicação do TDABC nesse tipo de entidade são em número bem mais reduzido.

Assim, em virtude do escasso número de publicações a respeito da adequação do TDABC às cooperativas de crédito, considera-se que há uma lacuna de pesquisa sobre a utilização dessa forma de custeamento nessas organizações. Por isso, considerou-se que essa temática merece ser melhor explorada, especialmente quanto à possibilidade de utilização de um software fundamentado no TDABC para o custeamento dos processos deste tipo de instituição de crédito.

Para investigar o problema aventado foi formulada a seguinte questão de estudo: quais os benefícios da utilização de um software fundamentado no Custeio Baseado em Atividade e Tempo (TDABC) no âmbito da Cooperativa de Crédito de Abelardo Luz? A partir desse questionamento foi estabelecido o objetivo geral de desenvolver um software para o custeamento das atividades executadas em uma cooperativa de crédito utilizando a metodologia do Custeio Baseado em Atividades e Tempo (TDABC).

Revisão da literatura

O Time-driven Activity-based Costing (TDABC) foi descrito por seus idealizadores como um aprimoramento em relação ao Activity-based Costing (Kaplan & Anderson, 2007). Nesse sentido, as limitações atribuídas ao ABC são consideradas como os principais motivadores para o aparecimento do TDABC (Tse & Gong, 2009; Dalci, Tanis, & Koson, 2010; Kont & Jantson, 2011; Siguenza-Gúzman, Abbeele, Vandewalle, Versarem, & Cattrysse, 2014). Acerca disso, Kaplan e Anderson (2007) aduzem que o TDABC foi proposto como uma resposta às limitações do ABC, especialmente pelo fato de eliminar a necessidade de pesquisas extensivas para definição da forma de alocação dos custos devido a sua atribuição direta aos objetos de custos utilizando uma forma de estimativa simples, baseada em duas variáveis de fácil identificação (tempo de duração e número de execuções da atividade). Monroy, Nasiri e Peláez (2014) ressaltam essa característica ao afirmar que o TDABC analisa o custo de uma atividade através do tempo consumido por estas, resultando em uma equação que determina o custo com base nas características do próprio objeto.

Por sua vez, Everaert e Bruggeman (2007) destacam que uma estimativa de custo utilizando o TDABC requer que sejam percorridas seis etapas: na primeira etapa devem ser identificados os grupos de recursos e atividades necessários; na segunda fase deverá ser definido o custo de cada grupo; no terceiro passo deve

ser estimada a capacidade prática de cada grupo de recursos; na quarta etapa deve ser calculado o custo por unidade de tempo; na quinta fase deve-se determinar quantas unidades de tempo são necessárias para cada atividade e na sexta etapa é calculado o custo por transação.

Quanto aos benefícios atribuíveis ao TDABC, na comparação com o ABC proporciona benefícios como: facilita e agiliza o desenvolvimento de um modelo com maior precisão; aproveita com eficácia os dados atualmente oferecidos pelos sistemas integrados de gestão empresarial e pelos sistemas de gestão do relacionamento com os clientes; direciona os custos às transações e aos pedidos utilizando características específicas dos pedidos, dos processos, dos fornecedores e dos clientes; podem ser processados e atualizados todos os meses para captar o modelo econômico das operações mais recentes; torna visíveis as eficiências dos processos e a utilização da capacidade; prevê as necessidades de recursos, possibilitando que as empresas orcem a capacidade de produção com base em previsões da quantidade e complexidade dos pedidos; permite a manutenção rápida e pouco dispendiosa do modelo; fornece informações detalhadas para ajudar os usuários a identificar as causas básicas dos problemas; é aplicável a muitos setores ou empresas que se caracterizam pela complexidade (em termos de clientes, produtos, canais, segmentos e processos), por grande quantidade de pessoas trabalhando e por despesas de capital elevadas; é ampliável com facilidade para abranger todo o empreendimento, mediante softwares aplicáveis a toda a empresa e por meio da tecnologia de banco de dados (Everaert & Bruggeman, 2007; Kaplan & Anderson, 2007; Schmidt, Santos & Leal, 2011).

Contudo, apesar de o TDABC tentar corrigir as principais dificuldades encontradas na utilização do ABC, alguns autores apontam dificuldades e limitações na utilização desta metodologia. Varila, Seppänen e Suomala (2007) mencionam que a utilização de uma única variável condutora de custos em empresas com muita diversidade de itens (como um atacadista,

por exemplo) pode diminuir a confiabilidade do modelo de custos. Souza et al (2012) citam que no TDABC pode existir subjetividade na mensuração dos tempos consumidos para cada atividade e nas variáveis que afetam estes tempos, além da falta de padronização na realização das atividades, o que impede que sejam formuladas equações de tempo mais precisas.

Como o TDABC deixa de considerar a alocação dos custos às atividades, Pereira (2015) defende que é válido duvidar se realmente se trata de uma evolução perante o ABC, cujo grande diferencial era justamente as duas fases de alocação (primeiro os recursos eram alocados às atividades e, depois, das atividades para os produtos) que utilizavam critérios de alocação que representavam melhor os consumos de recursos.

La Villarmois e Levant (2007) registraram que a peculiaridade mais relevante desta forma de custeamento é utilizar apenas um direcionador de custos: o tempo. Com isso, o TDABC seria apenas uma forma de facilitar o uso do ABC, cuja simplicidade e baixo custo de uso são atraentes, mas é muitas vezes criticado pela falta de julgamento teórico e de confiabilidade. Além disso, Gervais, Levant e Ducrocq (2010) aduzem que a exatidão das estimativas dos tempos consumidos nas atividades é questionável, visto que recomenda a utilização dos tempos informados pelos funcionários quando não for possível mensurá-los diretamente.

Pesquisas anteriores

Foram encontrados alguns relatos na literatura a respeito da utilização do ABC em organizações financeiras (Yamagata, 1995; Werneck, 2006; Kaur, 2010; Dalenogare, Neuenfeldt Junior, & Siluk, 2013; Chow, 2016; Shahrokh & Motadel, 2016). Contudo, existem poucos relatos acerca da utilização do TDABC nesse tipo de instituição (Ahmed, 2014; Wernke, Romagna, & Junges, 2016; Carvalho, 2008). Portanto, a partir da análise desses textos identificou-se uma lacuna de pesquisa acerca da utilização de software para efetuar o custeamento de serviços de cooperativa de crédito com base no TDABC, conforme visado neste estudo.

Metodologia

Este estudo de caso pode ser classificado como uma pesquisa qualitativa descritiva. Para Raupp e Beuren (2006) as pesquisas descritivas têm como objetivo descrever as características de um fenômeno ou população inter-relacionando as variáveis envolvidas sem a interferência direta do pesquisador. Quanto ao caráter qualitativo, Richardson (1999) menciona que os estudos devem ser assim classificados quando descrevem a complexidade de determinado problema, analisam a interação de certas variáveis, compreendem e classificam os processos dinâmicos vividos por grupos sociais. Então, a partir de alguns dados quantitativos coligidos (gastos por centros de custos, tempos de execução de atividades, número de execuções de atividades etc.) foi realizada uma análise qualitativa por meio da elaboração de software para aplicar o TDBAC no contexto da cooperativa pesquisada.

Neste estudo de caso foram utilizadas como técnicas de coleta de dados a aplicação de entrevistas focalizadas e a pesquisa documental. Para Gil (2004), durante o desenvolvimento de um estudo pode-se utilizar técnicas de coletas variadas, visto que se pode realizar entrevistas focalizadas para ter um conhecimento inicial dos fatos para elaborar hipóteses e, após isso, utilizar outras técnicas.

Nesse sentido, durante o desenvolvimento do trabalho foram realizadas três etapas de conversas informais (entrevistas não estruturadas) com o pessoal da empresa. A primeira foi efetuada com o diretor-presidente da cooperativa para entender melhor a forma de trabalho da instituição e o contexto respectivo. Na segunda etapa aconteceu a participação do responsável pela contabilidade, onde se objetivou identificar a forma de classificação contábil e levantar qual documentação estaria disponível para a apuração dos valores das despesas/custos do período. Ainda, foram feitas entrevistas informais com os colaboradores dos departamentos visados para identificar as atividades executadas e fazer as

estimativas dos tempos de execução respectivos. Na sequência foi efetuada uma análise documental (nos controles internos administrativos e na contabilidade) com a intenção de conhecer a situação vigente no que tange aos dados necessários para efetuar o estudo pretendido.

Posteriormente iniciou-se a coleta dos dados requeridos para execução do trabalho nos controles internos existentes, além de outros informes mais específicos que foram obtidos junto ao gerente e ao contador da firma. Os dados coligidos (como valores despendidos, volumes mensais, tempos de duração etc.) sobre as atividades desenvolvidas foram registrados no software elaborado, conforme descrito adiante.

Quanto à escolha da empresa, esta ocorreu por dois motivos. A primeira razão está ligada à possibilidade de acesso aos dados necessários por parte dos pesquisadores, facultada pelo diretor-presidente da entidade, de modo que os resultados do estudo restringem-se a esse contexto empresarial. A segunda razão para priorizar a cooperativa é que esta possui estrutura operacional segregada em poucos setores, cujos serviços estavam claramente divididos entre essas unidades organizacionais e eram registrados no software de controle interno utilizado. Essa configuração acarretou maior facilidade na coleta de dados e na elaboração dos cálculos necessários, bem como proporcionou melhores condições de redigir um texto detalhado a respeito.

Análise e interpretação dos resultados

Para alcançar objetivo do estudo foram percorridas as etapas descritas em detalhes nas próximas seções.

Criação de um modelo para desenvolver um software de custeio

Inicialmente foi elaborado um modelo que pudesse orientar o desenvolvimento de um software visando a utilização do TDABC no âmbito de uma cooperativa de crédito. Esse procedimento visava melhorar o entendimento de terceiros acerca

da ferramenta desenvolvida e facilitar que outros estudiosos possam reproduzir um software assemelhado ou adaptem-no para utilização em outros setores ou tipos de empresas.

Para essa finalidade utilizou-se o “diagrama de casos de uso” da Linguagem de Modelagem Unificada (UML). Esse tipo de diagrama permite descrever a forma de utilização de um sistema por um ou mais atores. Nessa realidade um “ator do caso de uso” pode representar o papel de um usuário ou de um outro sistema, o que permite analisar de forma simples todas as interações entre as funções do sistema, por mais robusto que este seja (Eriksson & Penker, 2000).

Ainda, cabe ressaltar que o modelo elaborado se fundamenta em duas linhas-mestras: uma que se refere ao software ERP em uso na cooperativa e outra relativa ao software para implementar o sistema de custeio ora comentado, como exposto a seguir.

Sistema ERP como fonte de dados

A primeira fase para implementar o TDABC nos moldes sugeridos neste estudo requer a criação de uma estrutura contábil que permita que os lançamentos das receitas, despesas e custos sejam feitos utilizando uma estrutura de segregação dos setores da cooperativa em “centro de custos”, o que já existia na entidade pesquisada. Então, com base nessa segregação por centros de custos é possível que os valores dos lançamentos contábeis considerados como gastos (custos/despesas) sejam alocados diretamente ao(s) centro(s) de custos no próprio ERP em uso na entidade por intermédio dos lançamentos contábeis. Desse modo, os lançamentos contábeis que fazem a distribuição dos gastos entre os centros de custos possibilitam apurar os valores totais despendidos no período em cada unidade organizacional, quer seja por meio de rateios dos gastos comuns ou pela alocação direta dos valores que cabem a cada setor da cooperativa. Essa mensuração dos valores despendidos em cada centro de custos no período facilitou para a implementação do TDABC, conforme destacado posteriormente.

Diagnóstico das características operacionais da cooperativa

Para conhecer o ambiente operacional da cooperativa com maior propriedade, além de entrevistas não-estruturadas com diretores e funcionários da entidade foram realizadas observações que permitiram verificar a forma como as atividades são executadas e registradas no dia a dia da instituição.

Sobre isso é interessante destacar que a maioria das operações realizadas na cooperativa de crédito são registradas através de um software específico para esse tipo de instituição financeira, no qual é possível visualizar e exportar os dados relacionados às receitas, custos e despesas da entidade a cada período, conforme consta no balancete de verificação gerado pela contabilidade da cooperativa para envio ao Banco Central do Brasil (BACEN) a cada mês.

Porém, apesar desse software realizar o registro das rubricas contábeis e respectivos valores, não existe um módulo (ou relatório) que permita mensurar ou conhecer especificamente o custo de cada um dos serviços prestados. Em razão disso, somente a contabilidade de custos tradicional (exigida legalmente e com base no Custeio por Absorção) era utilizada para fins de elaborar a demonstração do resultado do período.

Quanto aos setores/centros de custos, à época do estudo a cooperativa estudada contava com as seguintes unidades organizacionais: PAC Abelardo Luz; PAC Ouro Verde; PAC Passos Maia; PAC Vargeão; PAC Bom Jesus; PAC Ponte Serrada; PAC Faxinal dos Guedes; PAC Xaxim; PAC Ipuacu; PAC Xanxerê; Sede Passos Maia; Sede Social Abelardo Luz; Diretoria; Suporte às Operações e Administração Geral.

Ainda, no que concerne às atividades executadas, após o diagnóstico realizado e com a ajuda dos responsáveis pelos setores/centros de custos foram elaboradas listas com as principais atividades dessas unidades da cooperativa.

Desenvolvimento de um software utilizando o modelo proposto

A segunda linha-mestra do trabalho realizado refere-se aos passos percorridos para elaborar o software utilizado para aplicar o TDABC na cooperativa de crédito. Nessa direção, considera-se necessário executar os conjuntos de procedimentos comentados nas seções vindouras.

Contas contábeis e valores monetários a considerar

Depois de concluídos os lançamentos contábeis dos gastos mensais para os centros de custos/setores (a cargo da contabilidade da cooperativa), para mensurar os custos por meio do TDABC é necessário a importação das contas de resultado devedoras no software que validou o modelo proposto. Essa importação é feita de forma automática pela ferramenta construída através da conexão deste ao sistema de controle interno utilizado na cooperativa.

A importação das contas é facilitada pelo fato de que todas as cooperativas de crédito do país são regulamentadas pelo Banco Central do Brasil (BACEN), que instituiu o Plano Contábil das Instituições do Sistema Financeiro Nacional (COSIF) com o objetivo de uniformizar os registros contábeis dessas entidades. Nesse sentido, o COSIF estabelece que as contas de resultado devedoras são iniciadas pelo radical “8”. Portanto, o sistema computadorizado proposto neste estudo deverá importar somente as contas com essa característica. No caso em lume, a obtenção de dados é efetuada pelo gestor ao clicar num botão específico que aciona a importação das contas, conforme demonstrado na parte superior direita da tela do software que está exposta na gráfica 37.

Conta	Descrição	Incluir
8.1.7.03.01.000	DESP. DE CONT. E LUBRIF. CONT. DE OR.	Sim
8.1.7.03.01.001	OUTRAS DESPESAS ADMINISTRATIVAS	Sim
8.1.7.03.01.004	PREJUÍZO COM EMPRESTIMOS	Não
8.1.7.03.01.000	OUTRAS DESPESAS ADMINISTRATIVAS	Sim

Gráfica 37. Tela para importação das contas contábeis a considerar
Fonte: software elaborado.

Finalizado o processo de importação das contas de resultado devedoras, o próximo passo consiste em selecionar as contas que devem ser consideradas no cálculo dos custos do período. No sistema computadorizado utilizado para validação do modelo esta escolha é feita através do campo “Incluir”, em tela específica, que aceita apenas as opções “sim” ou “não”, conforme exemplificado na gráfica 38.

Atualização de contas contábeis

Busca rápida

Novo Salvar Voltar

Conta * 8.1.7.03.01.001

Descrição

Incluir Sim Não

Gráfica 38. Tela de seleção das contas contábeis a considerar no cálculo do TDABC
Fonte: software elaborado.

A título de exemplo, no mês de teste foram selecionadas nesta etapa 46 (quarenta e seis) contas que poderiam fazer parte da apuração do custo de cada centro de custos/setor para, posteriormente, serem utilizadas na determinação dos custos das atividades executadas no período.

Cadastramento das atividades e respectivas características

O segundo grupo de procedimentos utilizados para aplicar o TDABC na cooperativa pesquisada inicia-se com o levantamento/cadastramento das atividades a serem custeadas e seus respectivos parâmetros de execução (variações e seus efeitos na execução), recursos consumidos (custos) para executar as atividades, bem como as tarefas necessárias para concluir uma atividade com seus respectivos tempos de execução. No caso do aplicativo elaborado esses dados são inseridos em tela específica que pode ser visualizada na gráfica 39.

Parâmetros	
Nome	Descrição
1	INICIAR
2	INICIAR
3	INICIAR
4	INICIAR
5	INICIAR
6	INICIAR

Características				
Descrição da tarefa	Tipo de atividade	Tempo médio	Multiplicador	Selecione o banco de dados
1	INICIAR	10	1	SQL
2	INICIAR	10	1	SQL
3	INICIAR	10	1	SQL
4	INICIAR	10	1	SQL
5	INICIAR	10	1	SQL
6	INICIAR	10	1	SQL

Dados			
Descrição da tarefa	Valor da tarefa	Tempo médio	Selecione o banco de dados
1	10	10	SQL
2	10	10	SQL

Gráfica 39. Cadastramento das atividades e suas peculiaridades
 Fonte: software elaborado.

Para essa finalidade devem ser percorridos os passos comentados a seguir, segregados em quatro partes para facilitar o entendimento. No “Cabeçalho”, na parte superior esquerda é onde se deve informar um nome para identificar a atividade que está sendo cadastrada/executada (no exemplo mencionado na gráfica 39, vide a janela “Criar proposta de empréstimo”). Além desse nome, na parte central do cabeçalho é informado ao sistema o código em linguagem de consulta estruturada (SQL), que Date (2000) conceitua como a linguagem padrão para desenvolvimento de consultas em bancos de dados. Este código informa ao sistema computadorizado como buscar a informação e é complementado com o valor informado no campo “sistema” (canto superior direito), que determina em que banco de dados a consulta deverá ser executada.

No nível intermediário da tela (gráfica 39) consta, à esquerda, a parte denominada “Parâmetros”, onde são especificados os itens característicos de cada atividade que será considerada quando da geração automática (ou simulada) das equações de tempo que fundamentam o TDABC na proposição de Kaplan e Anderson (2007). Essas equações podem ser utilizadas para mensurar o custo de cada atividade executada no período visado ou para “simular” cenários relacionados com o custo das atividades

de determinado centro de custos/setor com o intuito de antecipar ou projetar alterações na unidade organizacional priorizada. No exemplo citado na gráfica 39 constam parâmetros como “valor da proposta”, “quantidade de avalistas”, “empréstimo agrícola”, “necessidade de atualizar cadastro” e “necessidade de aprovação do comitê de crédito”, pois pode ser criado um conjunto de parâmetros para cada atividade a ser cadastrada.

No caso da parte intitulada “Custos”, no nível intermediário à direita da gráfica 39, consta exemplo do menu a ser utilizado para informar os tipos de custos, bem como os respectivos valores a serem associados à determinada atividade. Ainda, na parte inferior da tela reproduzida na gráfica 39 são listadas as “Tarefas” que são necessárias para concretizar a execução da atividade anteriormente cadastrada. Nesse caso, inicialmente são relacionadas as tarefas e identificado o departamento onde a tarefa é executada: se no mesmo local (centro de custos ou setor) onde a atividade é prioritariamente realizada ou em qualquer outro local. Por último, deve-se indicar o tempo previsto para executar a tarefa e indicar se existe algum parâmetro que condiciona sua existência ou duração.

Equações de tempo

A partir dos dados inseridos conforme mencionado na seção precedente, no software elaborado é possível gerar automaticamente as equações de tempo que representam as atividades priorizadas. Nessa direção, a título de exemplo dessa possibilidade apresenta-se no Quadro 1 a equação de tempo para o caso da atividade descrita nas seções anteriores.

$$CE = CST + (CSA * AV) + (B1 * CB1) + (B2 * CB2) + ((B3 * CB3) * AV) + ((B4 * CB4) * AG) + ((B5 * CB5) * CD) + ((B6 * CB6) * CM)$$

Quadro 1 – Equação de tempo da atividade “Criar proposta de empréstimo”

Nesse contexto é pertinente considerar que as variáveis citadas significam: CST = Consulta Serasa Tomador do Empréstimo; CSA = Custo Consulta Serasa do Avalista do Empréstimo; AV = Quantidade de Avalistas; β_1 = Tempo da atividade de colher proposta; $C\beta_1$ = Custo do departamento onde a atividade foi executada; β_2 = Tempo da atividade realizar consultas ao emitente; $C\beta_2$ = Custo do departamento onde a atividade foi executada; β_3 = Tempo da atividade realizar consultas a avalistas; $C\beta_3$ = Custo do departamento onde a atividade foi executada; AV = Quantidade de avalistas (pode assumir valores de 0 a N); AG = Se é um empréstimo agrícola (pode assumir os valores 0 ou 1); β_4 = Tempo da atividade atualizar cadastro do tomador; $C\beta_4$ = Custo do departamento onde a atividade foi executada; CD = Se foi realizada atualização cadastral do tomador (pode assumir os valores 0 ou 1); β_5 = Tempo da atividade avaliação do comitê de crédito; $C\beta_5$ = Custo do departamento onde a atividade foi executada; CM = Se foi realizada a avaliação da proposta pelo comitê de crédito (pode assumir os valores 0 ou 1).

Esse mesmo procedimento deve ser efetuado para as demais atividades relevantes do cotidiano operacional da cooperativa para que se possa alcançar o objetivo de determinar o custo das atividades da cooperativa pelo TDABC.

Movimentação mensal

Após selecionadas as contas que deverão compor o cálculo e feita a inclusão das tarefas que integram as atividades abrangidas é necessário cadastrar um período para apuração dos custos. Como a cooperativa do estudo de caso faz o levantamento do resultado de forma mensal, ao gestor caberá apenas informar as datas “inicial” e “final” do período desejado para realizar o custeamento pelo instrumento de informática elaborado. Esse procedimento deve ser efetuado na tela “Cadastro de períodos contábeis” reproduzida na gráfica 40.

Identificador do período	Início período	Fim período	Situação período
1	31/03/2017	28/02/2017	Aguardando balanço
2	31/03/2017	31/03/2017	Aguardando balanço

Gráfica 40. Cadastro do período a abranger
 Fonte: software elaborado.

Após cadastrado o período contábil visado é possível fazer o levantamento de todos os dados de custeio de cada departamento da cooperativa. Para tanto, esses dados são recuperados do banco de dados através de uma ação de busca a ser realizada na tela de “Atualização de períodos contábeis”, especificamente no botão “Buscar movimento” como pode ser visualizado na gráfica 41.

Gráfica 41. Atualizar/buscar movimento contábil do mês
 Fonte: software elaborado.

O procedimento descrito na gráfica 41 realiza duas etapas: (i) importa os lançamentos contábeis (em R\$) do período e (ii) apura o custo mensal do centro de custos. Com isso, os lançamentos do período selecionado são inicialmente importados no sistema que foi utilizado para validação do modelo, como exposto na gráfica 42.

Descrição	Conta	Descrição	Valor
PAG Salari	6.1.7.03.01.991	DESPESAS C: AGUA, ENERGIA E GAS	734,88
SUPORTE OPERAÇÃO	6.1.7.03.01.991	DESPESAS C: AGUA, ENERGIA E GAS	9,00
PAG SINDIC	6.1.7.03.01.991	DESPESAS C: AGUA, ENERGIA E GAS	107,00

Gráfica 42. Atualização do movimento contábil
 Fonte: software elaborado.

No passo seguinte são realizados os cálculos referentes às capacidades (utilizada e ociosa) e às taxas de utilização de capacidade de cada um dos departamentos, como pode ser observado na gráfica 43.

Classo	Início período	Fim período	Número de pessoas	Dias trabalhados	Minutos disponíveis (dia)	Minutos reservados (dia)	Capacidade própria	Custo	Taxa utilização
	01/02/2017	08/02/2017	18	20	8.204	700	174.874	R\$175.136,00	830,89

Gráfica 43. Resumo das informações de custos e capacidade dos setores no período
Fonte: software elaborado.

Na parte inferior dessa tela constam os seguintes campos:

- a) Início e fim do período: são a datas limites do período para o qual se almeja realizar o custeio. A priori, essa data deve ser compatível com os períodos de apuração dos registros contábeis. Porém, isso não é limitado no software e, portanto, é possível realizar apurações de períodos diferentes, conforme a necessidade ou realidade da organização (mensal, trimestral, semestral ou anual);
- b) Número de pessoas: número de colaboradores que trabalham no departamento;
- c) Dias trabalhados: dias efetivamente trabalhados no período que foi realizado o custeio;
- d) Minutos a trabalhar (disponíveis) por dia: quantidade total de minutos disponíveis para realização de atividades no departamento, obtido pela soma das jornadas de todos os funcionários do setor/centro de custos;
- e) Minutos reservados (dia): quantidade de minutos reservados para realização de reuniões diversas e refeições. Ou seja, na cooperativa estimou-se que, em média, 8% do tempo é utilizado com essas finalidades;

f) Capacidade prática: total de minutos disponíveis no departamento para realização das atividades (item “d” menos item “e”, acima);

g) Custo: valor acumulado (em R\$) de todos os valores de gastos que foram alocados para o departamento no período de custeio delimitado;

h) Taxa de utilização: taxa de custo (em R\$) por minuto utilizado nas atividades desenvolvidas no departamento (item “g” / item “f”).

Então, uma vez finalizada a etapa de levantamento dos custos do mês (ou outro período) resta fazer a importação da lista de atividades executadas. Essa ação pode ser concretizada na tela de cadastro de períodos contábeis ao pressionar o botão “Custear” (conforme retratado na gráfica 44).

Atualização períodos contábeis

Novo Salvar Buscar movimento Custear Voltar

Identificador do período: 1

Início período: 31/02/2017 dd/mm/aaaa

Fim período: 28/02/2017 dd/mm/aaaa

Situação período: Aguardando calculo custos

Gráfica 44. Importação da lista de atividades
Fonte: software elaborado

Com o citado procedimento o sistema executa as cinco etapas restantes: (i) importar lista de execução das atividades; (ii) distribuir os custos para as atividades; (iii) alocar custos aos produtos/serviços; (iv) alocação dos custos aos associados e (v) geração de estatísticas de utilização dos recursos.

Resultados apurados pelo software fundamentado no TDABC

Os cadastramentos e importações realizados conforme a descrição efetuada nas seções precedentes possibilitam a obtenção de informações gerenciais acerca dos custos de execução de cada uma das atividades abrangidas da cooperativa, como comentado na sequência. Contudo, nesta seção não são evidenciadas as telas do software elaborado para adequar o texto à limitação de páginas deste evento.

Um dos relatórios proporcionados pela ferramenta elaborada pode listar todas as informações acerca de uma atividade no período selecionado, de modo que se possa comparar cada contrato (individualmente) em termos de receitas, custos e resultados respectivos. Por exemplo: no relatório da tela “Lista de Execução de Atividades” é possível constatar que um determinado contrato (código 56597-000) assinado no PAC Ponte Serrada gerou receita de R\$ 5.000,00 e teve custos indiretos alocados pelo TDABC da ordem de R\$ 58,95. Ainda, para apurar o resultado desta operação foram computados também os custos diretos ligados à atividade. Ou seja, o custo da captação do recurso necessário para realizar o empréstimo, que neste caso foi de R\$ 3.000,00 e representou 1,5% do valor do capital emprestado de R\$ 200.000,00. Com isso, apurou-se que tal contrato proporcionou resultado final de R\$ 1.941,05. O relatório citado informa também os valores totais do conjunto de operações de crédito movimentadas do mês na parte inferior da tela respectiva.

Por outro lado, caso o gestor quiser avaliar um contrato individualmente, poderá fazê-lo por meio de relatório mais específico, que foi denominado “Detalhes da execução”. Na parte esquerda da referida tela constam a descrição da composição unitária (envolvendo “consulta ao Serasa”, “consulta ao Serasa avalista” e “remuneração média da aplicação”) e o total do valor monetário apurado para o contrato citado (R\$ 200.000,00). Além disso, na parte direita da tela são detalhadas todas as tarefas que poderiam ser necessárias na execução de cada atividade.

Nesse caso, o gestor poderá conhecer: (i) as tarefas necessárias para concretizar a atividade; (ii) o local de execução (se ocorreu no próprio centro de custos/setor ou em outro); (iii) o valor monetário (R\$) da taxa de custo relacionada ao centro de custos/setor; (iv) o tempo “padrão” estimado para executar tal tarefa; (v) a existência de parâmetros a considerar na execução da tarefa, como um maior ou menor número de avalistas envolvidos, o que pode demandar mais tempo e acarretar custo maior (se existir, tal parâmetro será multiplicado pela quantidade respectiva na coluna “Multiplicador”) e (vi) o valor monetário total (R\$) referente ao consumo dessas tarefas na atividade em análise.

Outra informação disponibilizada pelo software diz respeito à possibilidade de comparação de atividades semelhantes, mas executadas em centros de custos/setores diferentes, como é o caso da elaboração de propostas de empréstimos em dois PAC´s distintos. Ou seja, é possível cotejar em relatório especialmente elaborado com esse objetivo quanto custa a mesma atividade se for realizada no PAC de Ponte Serrada ou no PAC de Abelardo Luz, por exemplo.

Adicionalmente, com a base de dados oriunda da aplicação do TDABC também foi possível elaborar gráficos que facilitam a análise do desempenho da cooperativa pelo gestor. Nesse sentido, determinada função do aplicativo gera um gráfico que permite visualizar o nível da capacidade prática instalada de produção de serviços e sua comparação com o nível de utilização (ou consumo) respectivo.

O referido gráfico evidencia três informações importantes aos gestores. A primeira relata a “capacidade prática” de cada departamento no período analisado, sendo formada pela soma do tempo de trabalho de cada funcionário em minutos no mês (ou seja, a capacidade instalada). A segunda informação versa sobre o percentual da capacidade de trabalho do departamento que foi realmente utilizada no período, que pode ser denominada de “capacidade utilizada” ou “capacidade consumida”. Então, a partir dessas duas informações se obtém uma terceira, que se refere à capacidade ociosa de cada unidade organizacional, cujo valor é apurado pela capacidade (prática) instalada “menos” a capacidade utilizada (ou consumida).

Além disso, para complementar a avaliação das atividades operacionais da cooperativa em determinado período o gestor pode utilizar o software desenvolvido com base no TDABC para analisar três outros relatórios, conforme comentado na sequência. O primeiro diz respeito ao “Mapa de Atividades Executadas”, que permite evidenciar os valores monetários (R\$) consumidos em cada atividade no período priorizado e pode revelar o resultado das atividades de forma individual. Nesse relatório são destacados, para cada uma das atividades selecionadas, os valores associados de “Receitas”, “Custo (TDABC)”, “Custo direto”, “Resultado” e “Período de Execução”. Por exemplo: no caso da atividade “Criar Proposta de Empréstimo”, o resultado obtido no mês de fevereiro de 2017 chegou a R\$ 20.794,63 após serem deduzidos os custos diretos (R\$ 47.262,34) e os custos indiretos apurados pelo TDABC (R\$ 10.713,31) da receita auferida no período (R\$ 78.770,28).

A segunda possibilidade de análise relaciona-se com a avaliação da lucratividade proporcionada pelos cooperados, cujo detalhamento pode ser observado no relatório “Resumo de Desempenho dos Sócios”. De forma análoga ao relatório sobre as atividades comentado anteriormente, neste segundo demonstrativo se pode identificar quanto cada cooperado proporcionou de receita, gerou de custos e trouxe de resultado para a cooperativa.

A terceira possibilidade aventada em termos de análise diz respeito ao “Mapa de Consumo”. Com base nos dados armazenados no software é possível conhecer o valor (R\$) consumido em todas as atividades de cada departamento, bem como as atividades de apoio desempenhadas por outros setores que são requeridas pelos setores/centros de custos. Esse procedimento poderá auxiliar os gestores a identificar possibilidades de redução de custos pela eliminação da sobreposição de funções, obtenção de subsídios para terceirizar ou não determinadas atividades etc.

Considerações finais

Esta pesquisa visou responder questão ligada aos possíveis benefícios da utilização de um software fundamentado na metodologia do Custeio Baseado em Atividade e Tempo (TDABC) no âmbito da Cooperativa de Crédito de Abelardo Luz. Nesse sentido, teve o objetivo de desenvolver um software para o custeamento das atividades executadas em uma cooperativa de crédito utilizando a metodologia do Custeio Baseado em Atividades e Tempo (TDABC).

A partir do exposto nas seções anteriores entende-se que o objetivo do estudo foi alcançado porque o sistema computacional elaborado proporcionou a aplicação do TDABC no contexto da cooperativa de crédito pesquisada. Com isso, diversas informações gerenciais foram disponibilizadas aos gestores (como o custo de execução das principais atividades, a lucratividade por contrato ou por cooperado, a mensuração dos níveis das capacidades instalada, utilizada e ociosa etc.), evidenciando os benefícios informativos oriundos do software desenvolvido e implementado na entidade.

Quanto aos resultados do estudo, cabe esclarecer que os procedimentos utilizados, os cálculos efetuados e os valores de custos das atividades oriundos da pesquisa foram relatados ao contador e ao presidente da cooperativa, que consideraram pertinente expandir a aplicação do TDABC para todos os setores futuramente. Afirmaram, também, que os aspectos que mais chamaram a atenção foram os valores relacionados com o custo das atividades inerentes aos serviços prestados, a apuração da lucratividade das operações de crédito e dos clientes (individualmente), bem como a possibilidade de determinar o volume de tempo e mensurar monetariamente a ociosidade a cada mês.

Ainda, constatou-se que neste (e nos demais trabalhos analisados sobre o tema) o desconhecimento do tempo de execução acarreta dificuldades na estimativa acerca de cada uma das atividades do cotidiano dos setores pesquisados da cooperativa. Essa peculiaridade talvez seja mais acentuada nas empresas do setor financeiro, pois cada atendimento à clientela tem características próprias e, por isso, estes tendem a consumir tempos de execução díspares.

Embora seja um problema comum a diversos tipos de empresas de serviços (onde um atendimento pode ter duração muito diferente de outro), esse entrave pode ser mitigado pela configuração escolhida de “rodar” o TDABC a cada mês (conforme defendido por Kaplan & Anderson, 2007) a partir dos vínculos estabelecidos com o balancete e com os procedimentos para levantamento de dados escolhidos e destacados nas seções precedentes.

Por outro lado, uma dificuldade adicional para o desenvolvimento deste trabalho foi a falta de estudos assemelhados no mesmo contexto (cooperativa de crédito), com vistas a efetuar a comparação dos resultados obtidos. Todavia, isso pode ser uma oportunidade para que novos estudos corroborem ou refutem os achados que neste foram evidenciados.

Para finalizar, como forma de complementar esta pesquisa sugere-se realizar estudos em todas as atividades de uma cooperativa de crédito, sem limitar a abrangência a um grupo de atividades ou departamentos específicos. Além disso, seria interessante replicar o estudo em outras cooperativas com a intenção de comparar os resultados da aplicação do TDABC nesse tipo de instituição financeira.

Referências

- Abensur, E. O. & Brunstein, I. (1999). Metodologia de custeio da virtualidade: um caso prático de serviços bancários. *Revista de Administração*. S. Paulo, 34 (2), 47-54.
- Ahmed, A. A. K. (2014). The use AHP in integrating BSC & Td-ABC to improve the performance of commercial banks. *New York Science Journal*, 7 (5), 82-96.
- Bamber, L. & Hughes, K. E. (2001). Activity-based Costing in the service sector: the Buckeye National Bank. *Issues in Accounting Education*, 16 (3), 381-408.
- Barros, R. S. & Simões, A. M. D. (2014). Do custeio tradicional ao time-driven activity-based costing: revisão de literatura e sugestões de investigação futura. *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestion*, 24, 1-17.
- Bruggeman, W.; Everaert, P.; Anderson, S. R. & Levant, Y. (2005). Modeling logistics costs using Time-Driven ABC: a case in a distribution company. Gante: Ghent University.
- Carvalho, H. M. H. de. (2008). A implementação e manutenção do “activity-based costing” num banco português. *Dissertação (Mestrado)*. Lisboa: ISCTE.
- Chow, J. W. Y. (2016). Activity based costing: a case study of Raiffeisen Bank of Luxembourg. Luxembourg: European Institute for Knowledge & Value Management.
- Food and agriculture Organization of the United Nations. (FAO). (2013). Literature review on cost of production methodologies. The First Scientific Advisory Committee Meeting. Recuperado de: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-capacity/ess-strategy/gs-meetings/sac/en/#.W1c3odIzbiU>
- Dalci, I.; Tanis, V. & Kosan, L. (2010). Customer profitability analysis with time driven activity based costing: a case study in a hotel. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 22 (5), 609-637.
- Dalenogare, G. E.; Neuenfeldt Junior, Á. & Siluk, J. (2013). Método do custo para servir ao cliente: um estudo de caso em uma cooperativa de crédito. *Workshop em Sistemas e Processos Industriais*, 2. Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul.
- Dallora, M. E. & Forster, A. C. (2008). A importância da gestão de custos em hospitais de ensino: considerações teóricas. *Medicina*. Ribeirão Preto, 41 (2), 135-142.

- Date, C. J. (2000). *Introdução a sistemas de bancos de dados*. Rio de Janeiro: Campus.
- Everaert, P. & Bruggeman, W. (2007). Time-driven activity-based costing: exploring the underlying model. *Journal of Cost Management*, 21 (2), 16-20.
- Everaert, P.; Bruggeman, W. & Creus, G. (2008). Sanac Inc.: from ABC to time-driven ABC (TDABC): an instructional case. *Journal of Accounting Education*, 26 (3), 118-154.
- Gervais, M.; Levant, Y. & Ducrocq, C. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC): an initial appraisal through a longitudinal case study. *The Journal of Applied Management Accounting Research*, 2 (8), 11-20.
- Gil, A. C. (2004). *Como elaborar projeto de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Hoozée, S.; Vanhoucke, M. & Bruggeman, W. (2010). Working paper: comparing the accuracy of ABC and time-driven ABC in complex and dynamic environments: a simulation. Gante: Ghent University.
- John I. & Falconer, M. (1997). The application of activity-based costing in the United Kingdom largest financial institutions. *The Service Industries Journal*, 17 (1), 190-203.
- Kaplan, R. S. & Anderson, S. R. (2007). *Custeio baseado em atividade e tempo*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Kaur, R. (2010). *Indian banking: managing transformation through information technology problems and prospects*. (Tese Doutorado) Punjabi University, Patiala. India.
- Kont, K. & Jantson, S. (2011). Activity-Based Costing (ABC) and Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC): applicable methods for university libraries? *Evidence Based Library and Information Practice*, 6 (4), 107-119.
- La Villarmois, O. de & Levant, Y. (2007). Le Time-Driven ABC: la simplification de l'évaluation des coûts par le recours aux équivalents: un essai de positionnement. *Revue Finance Contrôle Stratégie*. Paris, 13 (1), 149-182.
- Monroy, C. R.; Nasiri, A. & Peláez, M. Á. (2012). Activity-based Costing, Time-driven Activity-based Costing and Lean Accounting: differences among three accounting systems' approach to manufacturing. *Annals of Industrial Engineering*, 6.

- Moraes, M. R. (2011). Diferenças e semelhanças entre o custeio baseado em atividade e custeio baseado em atividade e tempo. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Ortiz, D. A. & Llumiquinga, L. E. (2012). Diseño e implementación de un sistema de costeo ABC (Activity Based Costing) en la Cooperativa de Ahorro y Crédito Alianza del Valle y su impacto en el grado de absorción. (Tese Doutorado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Pereira, S. I. (2015). Custeio por atividades (ABC) e unidade de esforço de produção (UEP): similaridades, diferenças e complementaridades. (Tese Doutorado). Universidade de São Paulo. Brasil.
- Raupp, F. M. & Beuren, I. M. (2006). Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. En I. Beuren. (Ed.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas.
- Richardson, R. J. (1999). Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas.
- Sarokolaei, M. A.; Savizb, M.; Moradloo, M. F. & Dahajd, N. S. (2013). Time Driven Activity Based Costing by using Fuzzy logics. 2nd International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 75, 338-345.
- Schmidt, P.; Santos, J. L. dos. & Leal, R. (2011). Proposta de um modelo de rentabilidade de clientes: um estudo de caso de uma empresa da área de alimentos. Revista de Informação Contábil, Recife, 4 (5), 26-45.
- Shahrokh F. & Motadel, M. (2016). Feasibility study of banking services costing using Activity-Based Costing (ABC) in supervisory of District 8 of City Bank, Tehran. Xenophora Journal Management, Accounting and Economic Journal, 4 (4), 362-369.
- Siguenza-Gúzman, L.; Abbeele, A. V. den.; Vandewalle, J.; Verhaaren, H. & Cattrysse, D. (2014). Using Time-Driven Activity-Based Costing to support library management decisions: a case study for lending and returning processes. The Library Quarterly, 84 (1), 76-98.
- Souza, A. A. de.; Avelar, E. A.; Boina, T. M. & Caires, N. A. (2012). Aplicação do time-driven ABC em uma empresa varejista. ABCustos, S. Leopoldo, 7 (2), 25-50.
- Szychta, A. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing in service industries. Social Sciences, 67 (1), 49-60.
- Tse, M. S. & Gong, M. Z. (2009). Recognition of idle resources in Time-driven Activity-based Costing and Resource Consumption Accounting Models. Journal of Applied Management Accounting Research, 7 (2), 41-54.

- Varila, M.; Seppänen, M. & Suomala, P. (2007) Detailed cost modelling: a case study in warehouse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37 (3), 184-200.
- Wegmann, G. (2013). Cost management for IT activities: a case study in the IT Division of a French Bank using Activity-based Costing. *Ssrn Electronic Journal*, 1-13.
- Werneck, S. de S. (2006). Metodologia de custeio baseado em atividades implementadas no Banco Central do Brasil: uma análise quanto ao uso das informações, objetivos almejados, benefícios esperados e expectativas levantadas. Recuperado de: <http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-ficb-0458.pdf>
- Wernke, R.; Romagna, C. & Junges, I. (2016). TDABC aplicado em cooperativa de crédito: estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção.
- Yamagata, E. K. (1995). Custeio baseado em atividades em instituições financeiras. (Dissertação Mestrado). Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. Brasil.