

**Redes de Ingeniería**

**E-ISSN:** 2248-762X

Vol. 8 No. 2

Julio-Diciembre 2017

redesingenieria.ud@correo.udistrital.edu.co

http://revistas://.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/index



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

### **DIRECTIVAS**

**Ricardo García Duarte**

*Rector*

**Carlos Enrique Montenegro Marín**

*Decano Facultad de Ingeniería*

### **REVISTA REDES DE INGENIERÍA**

**M.Sc. Alexandra Abuchar Porras**

*Editora de la revista, Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia*

### **COMITÉ EDITORIAL**

**Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle**

*Universidad de Oviedo - España*

**Dr. Oscar Sanjuán**

*ElasticBox - Estados Unidos*

**Dr. Ruben Aristides Gonzalez Crespo**

*Universidad Internacional de la Rioja – UNIR - España*

**Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle**

*Universidad de Oviedo, España*

### **COMITÉ CIENTÍFICO**

**Dr. Giovanni Mauricio Tarazona Bermudez**

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia*

**Dr. Cristina Pelayo**

*Universidad de Oviedo - España*

**Dr. Daniel Burgos**

*Universidad Internacional de la Rioja- Unir - España*

**Dr. Edward Rolando Núñez**

*Universidad Carlos III de Madrid - España*

**Dr. I-Hsien Ting**

*National University of Kaohsiung - China*

**Dr. Jordán Pascual**

*Universidad de Oviedo - España*

**Dr. Luis Joyanes**

*Universidad Pontificia de Salamanca - España*

**Dr. Luz Andrea Rodríguez**

*Universidad de los Libertadores - Colombia*

**Dr. Manuel Pérez**

*Universidad de Vigo - España*

**Dr. Maria Mercedes Larrondo**

*Florida Atlantic University - Estados Unidos*

**Dr. Pablo Jojoa**

*Universidad del Cauca - Colombia*

**Dr. Paulo Gaona**

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia*

**Dr. Rafael Bello**

*Universidad Central de las Villas - Cuba*

**Dr. Raul Ramos**

*Universidad Industrial de Santander - Colombia*

**Dr. Roberto Ferro Escobar**

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia*

**Dr. Wilfrido Moreno**

*University of South Florida - Estados Unidos*

**PhD. Vicente García Díaz**

*Universidad de Oviedo - España*

### **COMITÉ EVALUADOR**

**PhD. Luz Alexandra Montoya Restrepo**

*Universidad Nacional de Colombia sede Medellín - Colombia*

**M.Sc. Jorge Mario Karam Roza**

*Universidad Sergio Arboleda - Colombia*

**M.Sc. Liliana Lotero Álvarez**

*Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín - Colombia*

**M.Sc. Flor Alba Pinzón Acosta**

*Fundación Universitaria del Área Andina - Colombia*

**M.Sc. Blanca Janneth Parra Villamil**

*Universidad Pilóto de Colombia - Colombia*

**Ing. Cristian Ricardo Rubio Ramírez**

*Universidad Francisco de Paula Santander - Colombia*

**Ing. Fausto Humberto Rodríguez Ibarra**

*Instituto Politécnico Nacional - México*

## PREPARACIÓN EDITORIAL

**Edna Johanna Cañas**

*Gestora editorial*

**Jenny Alexandra Jiménez**

*Corrección de Estilo*

**David Mauricio Valero**

*Diagramación*

## REVISTA REDES DE INGENIERÍA

Redes de Ingeniería es una revista electrónica Institucional adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es una revista de carácter semestral que publica los resultados de Investigación, revisión, reflexión de la comunidad académico-científica los meses Junio y Diciembre de cada año. Posee un sistema de divulgación netamente electrónico y su primer número fue publicado en Junio del 2010.

Redes de Ingeniería es una revista arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. Las opiniones expresadas de esta publicación pueden ser reproducidas citando la fuente.

## COBERTURA TEMÁTICA

Las líneas de publicación de la revista están enmarcadas en las áreas de las Telecomunicaciones, Electrónica, Sistemas, Bioingeniería, Eléctrica, Medio Ambiente, Educación, Industrial, Geomática; además de todos aquellos temas que converjan hacia la Ingeniería.

## MISIÓN

La revista Redes de Ingeniería tiene el objetivo de servir como medio de divulgación de los resultados obtenidos a través procesos de investigación, reflexión, indagación en entornos Educativos y Empresariales en temas de actualidad en “pro” del mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad en general.

## PÚBLICO OBJETIVO

Investigadores, docentes, estudiantes y demás profesionales de las ramas de la Ingeniería que deseen estar a la vanguardia de las teorías y/o tecnologías que rigen y regirán el mundo moderno desde un enfoque científico.

## REPRODUCCIÓN

Los textos de los artículos son publicados bajo la responsabilidad de los autores y no reflejan el pensamiento de la revista, ni comprometen de ninguna manera a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## INDEXACIÓN

La revista Redes de Ingeniería es una publicación electrónica registrada en EBSCO HOST, en el índice bibliográfico e-revistas, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas Latinoamericanas en ciencias PERIÓDICA y Latindex.



**Redes de Ingeniería**  
**E-ISSN: 2248-762X**  
Vol. 8 No. 2  
Julio-Diciembre 2017

# T Tabla de Contenido

Una nueva estrategia de integración de proveedores para la industria automotriz Colombiana

A new supplier integration strategy for the Colombian automotive industry

*Jorge Alberto Coronell Ramírez, César Amilcar López*

59-68

Inestabilidad del terreno en zonas de actividad minera: caso ciudad de Zaruma, Ecuador

Terrain instability in areas of mining activity: case Zaruma city, Ecuador

*Aldo Onel Oliva González, Alex Fernando Ruiz Pozo, Romel Jesús Gallardo Amaya*

69-81

Cooperación científica como estrategia para la identificación y fortalecimiento de redes

Scientific cooperation as a strategy for identifying and strengthening networks

*Jesús David Romero Betancur*

82-91

Metodología para el cálculo de coeficientes de sustentación y arrastre en perfiles aerodinámicos simétricos aplicado a turbinas Darrieus

Methodology for the calculation of lift and drag coefficients in symmetrical aerodynamic profiles applied to Darrieus turbines

*Humberto Alejandro Rolón Ortiz, Yesenia Villamizar González, Carlos Humberto Acevedo Peñaloza*

92-100

Modelo de desinfoxicación para el proceso de enseñanza-aprendizaje

Desinfoxicación model for the teaching-learning process

*Luis Eduardo Baquero Rey, Celio Gil Aros, Miguel A. Hernández Bejarano*

101-109



## Una nueva estrategia de integración de proveedores para la industria automotriz Colombiana

### A new supplier integration strategy for the Colombian automotive industry

Jorge Alberto Coronell Ramírez<sup>1</sup> César Amilcar López<sup>2</sup>

**Para citar este artículo:** Coronell, J., y López, C. (2017). Una nueva estrategia de integración de proveedores para la industria automotriz colombiana. *Revista Redes de Ingeniería*, 8(2), 59-68, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12368>.

**Recibido: 8-agosto-2017 / Aprobado: 8-mayo-2018**

#### Resumen

Al analizar los TLC vigentes y suscritos en Colombia se identificó que la industria automotriz colombiana se encuentra en riesgo, al enfrentar a las grandes industrias que representan el mercado global de Estados Unidos, Corea, China y México; por lo anterior, surge la necesidad inmediata de realizar una reestructuración en la operación de las ensambladoras nacionales. Para esto se desarrolló una investigación sobre las estrategias de integración utilizadas mundialmente y se propone la utilización de la estrategia de suministro "SISCAI", que consiste en la combinación de características con mayor impacto de las estrategias evaluadas a través del proceso analítico jerárquico, adaptándola a las condiciones requeridas para operar en Colombia. Con la aplicación de la estrategia propuesta se reduce en 20% el inventario CKD, 45% la mano de obra directa a cargo de la ensambladora, incrementando la calidad del producto e impulsando y protegiendo la industria nacional.

**Palabras clave:** colaboración con proveedores, integración de proveedores, modelos de la industria automotriz, sector automotriz.

#### Abstract

Analyzing the current and signed TLCs in Colombia, it was identified that the Colombian automotive industry is at risk by facing the large industries that represent the United States, Korea, China and Mexico in the global market. Due to the above, the immediate need arises to carry out a restructuring in the operation of the national assemblers. For this, a research was carried out on the integration strategies used worldwide and it is proposed the use of the "SISCAI" supply strategy, which consists of the combination of characteristics with greater impact of the strategies evaluated through the hierarchical analytical process, adapting it to the Conditions required to operate in Colombia. With the implementation of the proposed strategy, the CKD inventory is reduced by 20%, the direct labor by the assembler 45%, increasing the quality of the product and boosting and protecting the national industry.

**Keywords:** automotive sector, collaboration suppliers, models of the automotive industry, suppliers integration.

1. Magíster en Diseño y Gestión de Procesos, Universidad de La Sabana, Colombia. Correo electrónico: [jorgecora@unisabana.edu.co](mailto:jorgecora@unisabana.edu.co)
2. Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Colombia; docente de planta, Universidad de La Sabana, Colombia. Correo electrónico: [cesar.lopez@unisabana.edu.co](mailto:cesar.lopez@unisabana.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

En Colombia operan de manera activa ocho ensambladoras: General Motors Colmotores, Sociedad de fabricación de automotores-Sofasa, Hino Motors Manufacturing S.A. (marca Hino-grupo Toyota), Compañía de Auto ensamble Nissan, Navitrans S.A: Agrale, Daimler y Fotón. Las cuatro primeras empresas concentran el 96% de la producción, en términos de unidades [1]. Las ensambladoras nacionales se encuentran en graves dificultades por las nuevas marcas que han venido tomando fuerza en el país, tal como sucedió con la desaparecida Compañía Colombiana Automotriz-Mazda, la cual cerró sus puertas el pasado 2014. Cada vez se hace más complejo mantener la producción y el posicionamiento de cada una de ellas frente a marcas como Kia, Hyundai y Volkswagen. Lo anterior debido a que los vehículos importados llegan a muy bajos precios por la reducción arancelaria y a que estos productos han evolucionado en cuanto a diseño, garantía, tecnología, respaldo y calidad, factores que resultan ser de vital importancia para el consumidor final.

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia ha realizado tratados de libre comercio con diferentes países, actualmente existen trece acuerdos vigentes, de los cuales hay potencias del sector automotriz como México, Brasil (Mercosur), EE. UU. y la unión europea. Adicionalmente se encuentran suscritos acuerdos con países como Corea [2], el cual representa un riesgo muy alto por el conocido bajo costo en su mano de obra y su exponencial crecimiento en las ventas de los últimos 8 años.

De otro lado, según la búsqueda realizada en las bases de datos ISIWEB y SCOPUS, se encontraron 113 artículos relacionados con las palabras clave de búsqueda, que se clasificaron de acuerdo con la relevancia en su información y aportes que pudieran generar a la presente investigación. En la totalidad de artículos analizados se identificaron

doce tipos de integración que fueron clasificados de acuerdo con sus características y el nivel de impacto de cada una de ellas, alto, medio y bajo. Por otro lado, se clasificó en relación con la importancia de una mayor colaboración entre las empresas, integradores de sistemas, proveedores y clientes en el desarrollo de productos en diferentes niveles: estratégico, táctico y operativo [3].

Posteriormente se utilizó el proceso analítico jerárquico [4], considerado como una de las herramientas de análisis multi-criterio con mejores resultados, el cual consiste en construir un modelo jerárquico que represente el problema objeto de estudio, mediante criterios y alternativas planteadas inicialmente, para luego poder decidir cuál o cuáles son las mejores alternativas y tomar una decisión final óptima [5]. Finalmente, se elaboró la estrategia "SISCAI" de integración de proveedores, que cumple con el objetivo de la presente investigación de estructurar una estrategia de suministro para reducir sus costos asociados a través de un modelo de integración de proveedores para una empresa ensambladora de automóviles en Colombia. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que la estrategia "SISCAI" se puede adaptar a cualquier sector de la industria que tenga producción o ensamble y manejo de proveedores.

## MÉTODOS

De acuerdo con el planteamiento de esta investigación surgió la necesidad de conocer el comportamiento del mercado, en relación con el origen de fabricación entre los vehículos ensamblados en Colombia y los importados. La Figura 1 muestra las cifras acumuladas por año desde el 2008 hasta el 2015; la clasificación de los datos se realizó teniendo en cuenta los vehículos ensamblados por General Motors Colmotores (Chevrolet), Sofasa (Renault) y la Compañía colombiana Automotriz (Mazda). La participación de los vehículos importados se clasificó en las marcas más representativas como Kia, Nissan, Ford, Hyundai, Toyota, Suzuki y

Volkswagen, provenientes de países con convenios de tratados de libre comercio vigentes o suscritos como Corea, China, Estados Unidos y Japón. En la Figura 1 se evidencia el decrecimiento en la participación del ensamble local de 12,25%, lo que refleja el impacto de las importaciones en la industria nacional.

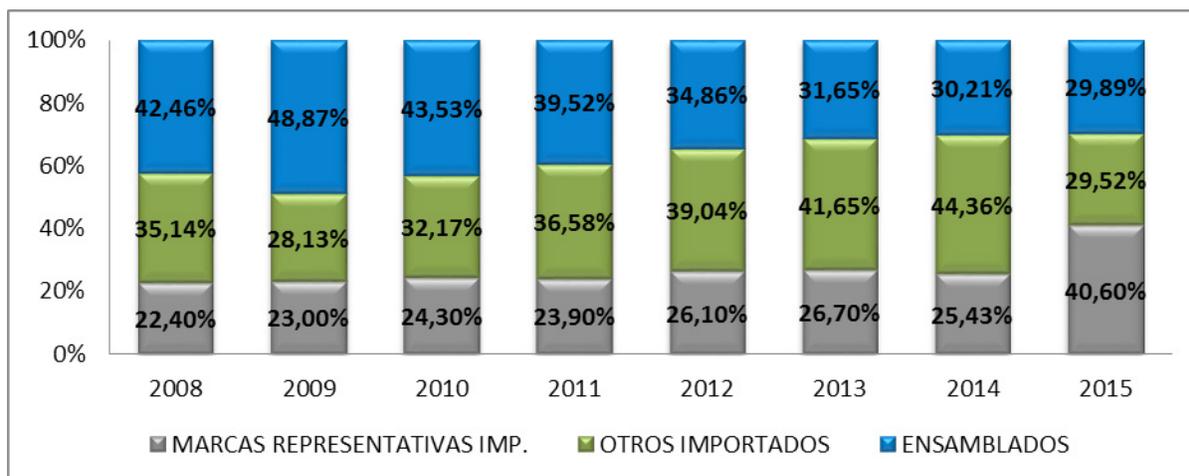
La revisión de la literatura se realizó con el propósito de identificar los diferentes tipos de integración de proveedores utilizados en la industria automotriz

a nivel mundial. La búsqueda se hizo entre los últimos 8 años con las palabras clave: colaboración con proveedores, integración de proveedores, modelos de la industria automotriz, sector automotriz; donde se encontraron 113 artículos de los cuales el 72,57% mencionaban o definían el uso de algún tipo de integración utilizado en la industria a nivel mundial y el 27,43% no aportaban o no tenían ningún tipo de relevancia sobre el tema de interés. La Tabla 1 muestra los resultados de la revisión de la literatura y en la Figura 2 su representación gráfica.

**Tabla 1.** Tipos de integración de proveedores aplicados en el sector automotriz.

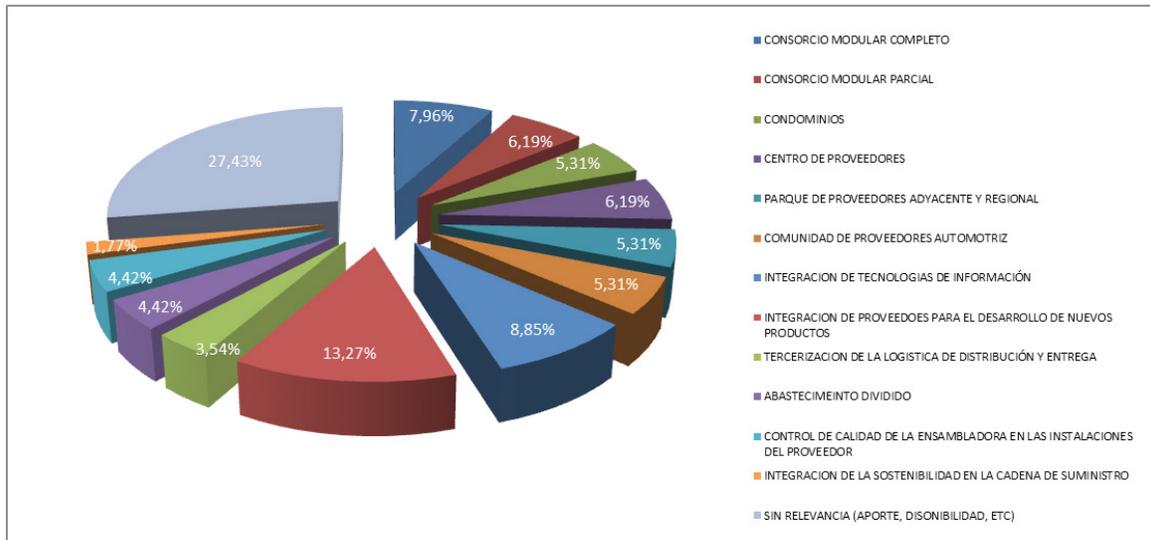
| Tipos de integración   | Aplicación |
|--|------------|
| CONSORCIO MODULAR COMPLETO   | 7,96%      |
| CONSORCIO MODULAR PARCIAL  | 6,19%      |
| CONDOMINIOS  | 5,31%      |
| CENTRO DE PROVEEDORES  | 6,19%      |
| PARQUE DE PROVEEDORES ADYACENTE Y REGIONAL                               | 5,31%      |
| COMUNIDAD DE PROVEEDORES AUTOMOTRIZ                                      | 5,31%      |
| INTEGRACION DE TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN                                | 8,85%      |
| INTEGRACION DE PROVEEDORES PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS        | 13,27%     |
| TERCERIZACION DE LA LOGISTICA DE DISTRIBUCIÓN Y ENTREGA                  | 3,54%      |
| ABASTECIMIENTO DIVIDIDO  | 4,42%      |
| CONTROL DE CALIDAD DE LA ENSAMBLADORA EN LAS INSTALACIONES DEL PROVEEDOR | 4,42%      |
| INTEGRACION DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO              | 1,77%      |
| SIN RELEVANCIA (APORTE, DISIONIBILIDAD, ETC)                             | 27,43%     |
| TOTAL  | 100,00%    |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 1.** Comportamiento ventas del sector automotriz en Colombia 2008-2015.

Fuente: [32].



**Figura 2.** Comportamiento ventas del sector automotriz en Colombia 2008-2015.

**Fuente:** elaboración propia.

Los tipos de integración que se encontraron en la literatura fueron en primer lugar el consorcio modular, que es considerado la estrategia con más alto nivel de integración; se denomina de esta manera cuando la operación de montaje está dividida en módulos separados y el proveedor tiene la responsabilidad del suministro y la instalación del módulo directamente en la línea de montaje del fabricante de automóviles; todos los trabajadores directos son pagados por los proveedores. El consorcio modular se halla diseñado de acuerdo con los principios modulares, en los que se reducen las interdependencias y la complejidad de todas las actividades de fabricación y de logística son asignadas a los proveedores por módulos [6]; en este tipo de integración los fabricantes de vehículos no están directamente involucrados en la fabricación, pero son los propietarios de los edificios y terrenos, y mantienen el control de toda la cadena de suministro [7]. Lo anterior ayuda a que la ensambladora se enfoque únicamente en sus competencias básicas principales y al mismo tiempo aproveche las capacidades de sus proveedores específicos [8], la ensambladora se centra en la planificación, diseño, ingeniería, control de calidad, coordinación y

la administración [9], y no está involucrada en las operaciones de montaje, pero es responsable de la inspección final de los vehículos terminados (Control de calidad).

De otro lado, el consorcio modular tiene todas las características y ventajas del consorcio modular completo, la diferencia radica en que el porcentaje o nivel de proveedores involucrados en la integración es menor; dependiendo del tipo de componente o nivel de criticidad de producto suministrado por cada proveedor, así será el nivel con el que se involucren en la ensambladora [10].

En condominios los proveedores operan bajo el mismo techo de la ensambladora de vehículos como taller de montaje. A través de la subcontratación los fabricantes utilizan el espacio que no necesitan adyacente al montaje final y además tienen un seguimiento prolongado y por ende más detallado [11]. Los proveedores que utilizan este tipo de integración arman sus propios módulos dentro de la ensambladora, que posteriormente introducen en la línea de producción para llevar a cabo el montaje final del vehículo. La ensambladora es

dueña de las instalaciones y arrienda o alquila el espacio a los proveedores [7].

Centro de proveedores consiste en que varios proveedores comparten las instalaciones para el almacenamiento de sus componentes o módulos y además están ubicados muy cerca del fabricante de vehículos, los edificios y equipos son propiedad de la ensambladora o parcialmente del proveedor [12]; así, los proveedores establecen un suministro estable con un *stock* de seguridad. La propiedad de las piezas pertenece a los proveedores hasta que las piezas son dadas de baja del inventario y se utilizan para el montaje. Los proveedores son responsables de la reposición de inventario y gestión de la logística [13].

Parque de proveedores es el tipo de integración más utilizado en Europa y América Latina; por ejemplo Ford, en el 2004 abrió su primer parque de proveedores adyacente a la planta de montaje de Chicago. Con el fin de aprovechar los beneficios de la proximidad con los principales proveedores de nivel 1, muchas ensambladoras de vehículos han hecho arreglos con las autoridades locales para crear parques de proveedores adyacentes o, al menos, en las inmediaciones de sus centros de producción. A menudo, las inversiones en infraestructura se realizan en forma conjunta entre grupos de inversionistas y la comunidad local [11].

Comunidad de proveedores automotriz es el nivel más bajo de los diferentes tipos de integración, consiste en la reubicación de los principales proveedores en las cercanías de la ensambladora de vehículos. La gran diferencia con los otros tipos de integración es que las entregas se hacen a más de una ensambladora (varias marcas); dicho escenario es posible si las diferentes ensambladoras de vehículos se concentran de forma local o si una marca tiene más de una planta de ensamblaje dentro de distancias relativamente cortas y quiere ubicar proveedores de nivel uno en una zona especial cerca de todas sus plantas de ensamblaje [14].

Integración de tecnologías de información le da una importancia al uso de tecnologías de información, facilita la recopilación de datos vitales sobre los procesos del negocio y el intercambio de esta a través de las áreas funcionales. Para los proveedores de primer nivel en la industria automotriz, las tecnologías clave de información son: los sistemas de producción automatizada, sistemas de información integrados y el intercambio electrónico de datos [15], [16], [17], [18], [19], [20]. La integración de proveedores para el desarrollo de nuevos productos consiste en incluir previamente a los proveedores críticos en la planificación, diseño, proceso y fabricación de nuevos productos. Es recomendable tener un responsable específico para las siguientes funciones: adquirir la información ambiental, intercambiar puntos de vista, interpretar ambiente laboral, resolver los conflictos de funciones cruzadas y llegar a un entendimiento mutuo de las tareas de desarrollo de productos [21], [22], la tercerización de la logística de distribución y entrega.

Una novedad importante es la externalización de servicios logísticos, las investigaciones muestran que la logística de terceros proveedores (3PL) mejora la disponibilidad de productos y materiales por pedido y facilita la consolidación de pedidos [23], [24], [25]. El abastecimiento dividido fue visto como la mejor opción en términos de eficiencia, con una visión dinámica en el 2003, cuando fue considerado más ventajoso tener varios proveedores de cada sistema para la misma planta con el fin de mantener y mejorar el proceso de reducción de costos [26], [27], [28].

En cuanto al control de calidad de la ensambladora en las instalaciones del proveedor, se encontró que las principales empresas han adoptado la gestión en sus cadenas de suministro y en la calidad total para fortalecer su desempeño organizacional. Sin embargo, una aplicación simultánea de ambos sistemas es difícil y consume una cantidad considerable de recursos debido al alcance extendido que cubre no solo las funciones internas, sino también

las operaciones de los socios de negocios externos. Si la aplicación simultánea se puede lograr, la organización debería obtener grandes beneficios. Si falla, el impacto en el rendimiento del negocio sería grave [29].

Por último, la integración de la sostenibilidad en la cadena de suministro describe la importancia de las normas ambientales y sociales se integran en la gestión del suministro mediante la modificación de los procesos de compra [30]. La industria automotriz constituye un sistema de productos que directa e indirectamente se refiere a la creación de riqueza económica, así como los impactos en el medio ambiente natural y humano a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del producto [31].

Con los resultados obtenidos en la revisión de la literatura se utilizó el proceso jerárquico analítico, elaborando un árbol jerárquico como base de construcción, en el encabezado se tomó el objetivo de encontrar la mejor estrategia de integración de proveedores que se ajuste al sector automotriz colombiano, la cual tiene un puntaje de 100 que corresponde al objetivo; en el primer nivel se incluyeron los criterios, que para esta investigación son las características a evaluar y se les dio un puntaje entre 10 y 12, comparándolas en pares de acuerdo con su importancia, dicha comparación

se muestra en la Tabla 2. En el segundo nivel se incluyó la valoración de los sub-criterios de acuerdo a su impacto (alto, medio y bajo); y en el tercer nivel se incluyeron las alternativas, para este caso son las estrategias de integración. En la ecuación (1) se evidencia lo anterior, en donde *VCA* es el valor de la característica “alto”, *VTC* es el valor del tipo de característica y *N* es el número de niveles de cada característica, la formulación de *VCM* es el valor de la característica “medio”, y el *VCB* es el valor de la característica “bajo”, es la misma pero se multiplica por 2 y por 3 respectivamente. El proceso analítico jerárquico se muestra completo en la Figura 3.

**Ecuación (1). Valor de la característica alto**

$$VCA = \frac{VTC}{N} * 1$$

El resultado de cada estrategia se obtiene después de la sumatoria del valor asociado a cada característica, como lo muestra la Ecuación 2, según las fortalezas y debilidades de cada tipo de integración de acuerdo con un juicio de expertos del sector automotriz de las ensambladoras vigentes en Colombia y a la definición conceptual de cada estrategia encontrada en la revisión de la literatura.

**Tabla 2.** Valoración comparativa de características.

| Características                                    | PUNTAJE |
|--|---------|
| Calidad del producto final                         | 12      |
| Personalización del producto – proveedor           | 10      |
| Tiempo de entrega-proveedor ensambladora           | 12      |
| Localización proveedor                             | 10      |
| Información ensambladora -proveedor                | 12      |
| Inversión ensambladora-proveedor                   | 10      |
| Tiempo de fabricación producto final ensambladora  | 12      |
| Flexibilidad cambio de la producción proveedor     | 12      |
| Protección medio ambiente ensambladora - proveedor | 10      |

**Fuente:** elaboración propia.

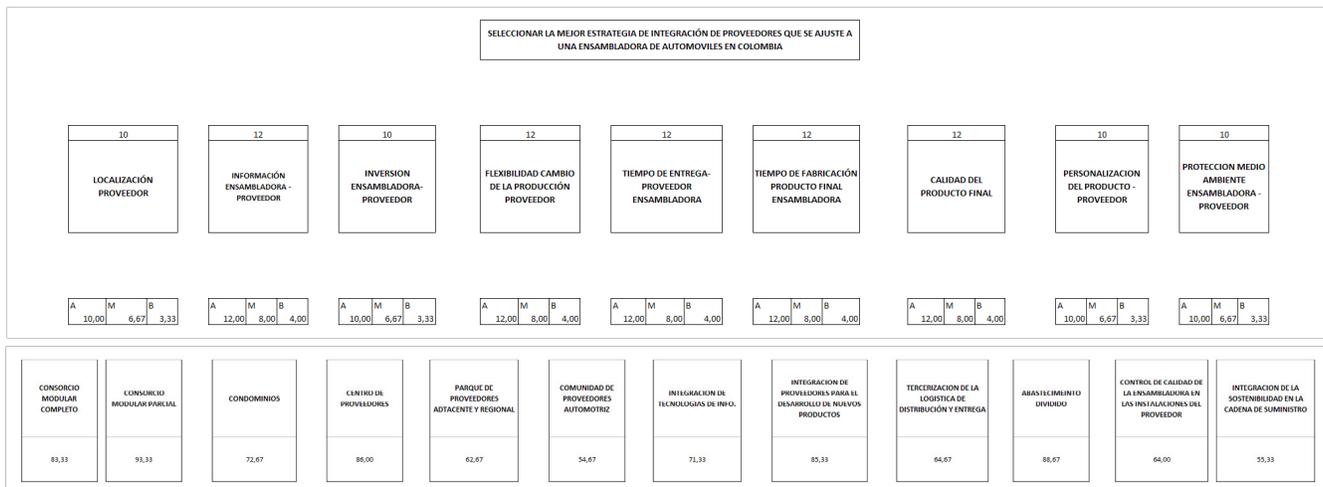


Figura 3. Clasificación de los tipos de integración en el sector automotriz.

Fuente: elaboración propia.

Según los diferentes tipos de integración encontrados en la revisión de la literatura y con la aplicación del modelo jerárquico analítico se define la utilización de cuatro tipos de integración que obtuvieron los puntajes más altos y la mejor probabilidad de aplicación; se realizó la unión entre los tipos de integración consorcio modular parcial, abastecimiento dividido, centro de proveedores e integración de proveedores para el desarrollo de nuevos productos. La estrategia de suministro SISCAL está definida por la inclusión de los proveedores locales dentro del proceso de producción de la ensambladora, que consiste principalmente en la tercerización del personal operativo (54% aproximadamente), que está representado en la mano de obra directa, como es el personal de las líneas de producción (operarios) y los encargados del suministro de material a las líneas producción basado en el funcionamiento de la estrategia de suministro consorcio modular parcial. De igual forma, dada la disminución de los inventarios para que sean manejados directamente por su fabricante local, sobre la base de una estrategia centro de proveedores. Por último el desarrollo de referencias originales de fábrica a través de proveedores locales, con base en la estrategia integración de

proveedores para el desarrollo de nuevos productos. El abastecimiento dividido se toma en cuenta para tener proveedores alternativos para productos críticos, dividiendo el porcentaje de compra entre dos proveedores máximo.

### Ecuación (2). Cálculo consorcio modular parcial

$$CMP = LP + IEP + INEP + FPP + TPE + TFE + CPF + PPP + PMA$$

En donde: CMP= Consorcio Modular Parcial, LP= Localización Proveedor, IEP= Información Ensambladora-Proveedor, INEP= Inversión Ensambladora-Proveedor, FPP= Flexibilidad Cambio Producción Proveedor, TPE= Tiempo de Entrega Proveedor-Ensambladora, TFE= Tiempo de Fabricación Producto Final Ensambladora, CPF= Calidad del Producto Final, PPP= Personalización del Producto Proveedor, PMA= Protección Medio Ambiente Ensambladora Proveedor.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la estrategia SISCAL se compararon con la estrategia actual de una de las ensambladoras que se encuentran activas en Colombia y se muestran en la Tabla 3. Adicional

a la aplicación del proceso analítico jerárquico se realizó una simulación en una de las ensambladoras vigentes en Colombia, transformando todos los costos asociados al abastecimiento de materiales a las líneas de ensamble incluidos cuellos de botella y modificaciones drásticas el programa diario de producción.

Las variaciones más importantes se encontraron en los diferentes tipos de inventario, mano de obra directa a cargo de la ensambladora, disponibilidad del material para las líneas de ensamble, calidad del producto terminado, cuellos de botella y pérdidas por mala manipulación del material. Con respecto a los inventarios tenemos un gran impacto, ya que con el uso de la estrategia SISCAI se promueve la utilización de los proveedores locales por cercanía y bajos costos de producción de sus productos, generando niveles más bajos de inventario CKD y material local en las bodegas de la ensambladora, generando un mayor tiempo de respuesta ante posibles cambios en el programa diario de producción. La mano de obra deja de ser en su mayoría a cargo de la ensambladora, ya que pasa a ser parte de cada proveedor, quien no solamente se encarga de la fabricación de sus productos sino del envío y la instalación en el producto final (vehículo). Los cuellos de botella prácticamente desaparecen ya que todos los proveedores están enterados de manera inmediata del *mix* de producción y de los modelos nuevos que se van a fabricar. Además, las pérdidas por mala manipulación se reducen significativamente, ya que el transporte y la instalación está a cargo del mismo proveedor quien es experto en su producto y conoce como transportarlo e instalarlo, sin que sufra modificaciones que posteriormente generen rechazos por los encargados de la inspección de calidad de la ensambladora.

Las desventajas de la aplicación de la estrategia SISCAI se generan en la etapa inicial de aceptación y aplicación por parte de los empleados y dirigentes sindicales de la ensambladora. Lo importante

será mostrar que con esta nueva estrategia se está impulsando la industria nacional y la vida de la ensambladora, ya que de lo contrario cada día será más difícil hacerle competencia a las marcas que llegan del exterior.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis que se realizó de la nueva estrategia SISCAI con la estrategia actual de la ensambladora en Colombia, se puede observar una reducción importante en el inventario CKD (fuente), como también la eliminación de los cuellos de botella en las líneas de producción por el involucramiento de los proveedores en la planta de ensamble.

Es importante mencionar que debido a la magnitud del cambio que se debe ejecutar a fin de poner en funcionamiento la nueva estrategia SISCAI, la recomendación para la implementación es realizarla gradualmente. Se debe iniciar con charlas informativas hacia todos los involucrados desde el nivel más bajo, incluidos dirigentes sindicales, hasta los líderes de todas las áreas. Es de vital importancia que el cambio sea conocido por todos los empleados y que se realice desde las áreas más complejas del ensamble y luego ir avanzando de atrás hacia adelante en el proceso con periodos de gracia establecidos de acuerdo con los resultados y sin perder el objetivo final. Adicionalmente para la implantación es fundamental dejar claro los compromisos que deben adquirir tanto la ensambladora como los proveedores seleccionados para dar el correcto inicio.

La etapa inicial y de donde radica todo el éxito de la estrategia SISCAI debe ser la explicación clara hacia los dirigentes sindicales para que entiendan el contexto y los riesgos actuales que tiene el sector automotriz en Colombia. Sin la correspondiente explicación a los sindicatos se pueden convertir en una limitación y frenar cualquier implementación que se quiera hacer.

## CONCLUSIONES

En esta investigación se logró comprobar que la aplicación de la nueva estrategia de integración de proveedores en las ensambladoras de automóviles en Colombia reduce los costos de operación y se puede llegar a mejorar su participación como también su permanencia en el sector automotriz en Colombia. De igual forma, las ensambladoras tienen un papel fundamental para la aplicación de SISCAL, debido a que no todos los proveedores tienen la capacidad financiera para realizar cambios en su producción y esta debe financiarlos mientras se estabilizan.

La aplicación de SISCAL es viable para cualquier sector de la industria que tenga líneas de producción según el tipo de proveedor y la capacidad de la ensambladora. Siempre y cuando se tenga la colaboración mutua entre fábrica y sus proveedores. El gran interés de los proveedores locales radica en las garantías que le debe dar la ensambladora en la compra de su producción por un plazo no inferior de cinco años. Siempre y cuando cumpla las cláusulas de confidencialidad y calidad requeridas por la marca.

## REFERENCIAS

- [1] Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.andi.com.co/>
- [2] Mincomercio industria y turismo, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.tlc.gov.co/index.php>
- [3] Danilovic, M., "Supplier integration in product development", *The international annual IPSE-RA conference*, 2001.
- [4] Saaty, T., *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [5] Álvarez, M., Arquero, A., y Martínez, E., Empleo del AHP (proceso analítico jerárquico) incorporado en SIG para definir el emplazamiento óptimo de equipamientos universitarios. Aplicación a una biblioteca, 2010.
- [6] Sánchez, R., and Mahoney, J., "Modularity, Flexibility and Knowledge Management in Product and Organization Design", *Strategic Management Journal*, vol. 17, 1996, pp. 63-76. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171107>
- [7] Morris, D., and Donnelly, T., "Insights from industry: Supplier parks in the automotive industry", *Supply chain management: And International Journal*, vol. 9, No. 2, 2004, pp.129-133.
- [8] Collins, R., Bechler, K., and Pires, S., "Outsourcing in the Automotive Industry: From JIT to Modular Consortia", *European Management Journal*, vol. 15, No. 5, 1997, pp. 498-507. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(97\)00030-3](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(97)00030-3)
- [9] Harrison, A., and Van Hoek, R., *Logistics Management and Strategy*. 3rd ed. Harlow: Prentice – Hall, 2008.
- [10] Alford, D., Sackett, P., and Nelder, G., "Mass customization-and automotive perspective", *International Journal of production economics*, vol. 65, 2000, pp. 99-110. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00093-6)
- [11] Jürgens, U. "Characteristics of the European Automotive System: Is there a distinctive European Approach? Discussion paper SP III 2003", *Social Science Research Center*, 301, 2003.
- [12] Bennett, D., and Klug, F., *Logistics supplier integration in the automotive industry*, 2011.
- [13] Trappey, C., *Business and logistics hub integration to facilitate global supply chain linkage*, 2007.
- [14] Reichhart, A., and Holweg, M., "Co-located Supplier Clusters: Forms Functions and Theoretical Perspectives", *International Journal of Operation & Production Management*, vol. 28, No.1, 2008, pp. 53-78. <https://doi.org/10.1108/01443570810841103>
- [15] Sheombar, H., "EDI-Induced Redesign of Coordination in Logistics", *International*

- Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 1992, pp. 4-14.
- [16] Walton, S., and Marucheck, A., "The Relationship Between EDI and Supplier Reliability", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1998, pp. 30-35.
- [17] Narasimhan, R., and Carter, J., "Linking Business Unit and Material Sourcing Strategies", *Journal of Business Logistics*, 1998, pp. 155-171.
- [18] Bowersox, D., and Daugherty, P., "Logistics Paradigms: The Impact of Information Technologies", *Journal of Business Logistics*, 1995, pp. 65-80.
- [19] Lewis, I., and Talalayevsky, A., "Logistics and Information Technology: A Coordination Perspective", *Journal of Business Logistics*, 1997, pp. 141-157.
- [20] Van Hoek, R., Commandeur, H., and Voss, B., "Reconfiguring Logistics Systems Through Postponement Strategies", *Journal of Business Logistics*, 1998, pp. 33-54.
- [21] Koufteros, X., Vonderembse, M., and Doll, W., "Concurrent Engineering and Its Consequences", *Journal of Operations Management*, vol. 19, 2001, pp. 97-115. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00048-6)
- [22] Vonderembse, M., Koufteros, X., and Doll, W., "Integrated Product Development Practices and Competitive Capabilities: The Effects of Uncertainty, Equivocality, And Platform Strategy", *Journal of Operations Management*, vol. 20, 2002, 331-355. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00018-9](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00018-9)
- [23] Sohail, M., and Sohal, A., "The Use of Third Party Logistics Services: A Malaysian Perspective", *Technovation*, vol. 23, No.5, 2003, 401 – 408. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00003-2)
- [24] Carbone, V., and Stone, M., "Growth and Relational Strategies Used by The European Logistics Service Providers: Rationale and Outcomes", *Transportation Research Part E*, vol. 42, No.6, 2005, 495-510. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2005.06.001>
- [25] Kim, C., Yang, K., and Kim, J., "A Strategy for Third Party Logistics Systems: A Case Analysis Using the Blue Ocean Strategy", *Omega*, vol. 36, No. 4, 2008, 522-534. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.11.011>
- [26] Larsson, A., "The Development and Regional Significance of The Automotive Industry: Supplier Parks in Western Europe", *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 26, No. 4, 2002, 767-784. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.00417>
- [27] Howard, M., Miemczyk, J., and Graves, A., "Automotive Supplier Parks: An Imperative for Build-To-Order?", *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 12, 2006, 91-104. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2006.05.001>
- [28] Lewis, M., Howard, M., Miemczyk, J., and Brandon-Jones, A., "Implementing Supply Practice at Bridgend Engine Plant. The Influence of Institutional and Strategic Choice Perspectives", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 27, No. 7, 2007, 754-776. <https://doi.org/10.1108/01443570710757090>
- [29] Vanichchinchai, A., and Igel, B., *The Impact of Total Quality Management on Supply Chain Management and Firm's Supply Performance*, 2011.
- [30] Koplín, J., Seuring, S., and Mesterharm, M., "Incorporating Sustainability into Supply Management in The Automotive Industry-The Case of The Volkswagen AG", *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, 2007, 1053-1062. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.024>
- [31] Warren, J., Rhodes, E., and Carter, R., "A Total Product System Concept E A Case Study of The Smart Automobile", *Greener Management International*, vol. 35, 2001, 89-104. <https://doi.org/10.9774/GLEAF.3062.2001.au.00009>
- [32] Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.andi.com.co/>





## Inestabilidad del terreno en zonas de actividad minera: caso ciudad de Zaruma, Ecuador<sup>1</sup>

Terrain instability in areas of mining activity: case Zaruma city, Ecuador

Aldo Onel Oliva González<sup>2</sup> Alex Fernando Ruiz Pozo<sup>3</sup> Romel Jesús Gallardo Amaya<sup>4</sup>

**Para citar este artículo:** Oliva, A., Ruíz, A. y Gallardo, R. (2017). Inestabilidad del terreno en zonas de actividad minera: caso ciudad de Zaruma, Ecuador. *Revista Redes de Ingeniería*, 8(2), 69-81, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12116>.

Recibido: 3-junio-2017 / Aprobado: 18-enero-2018

### Resumen

En este artículo se analiza el riesgo por inestabilidad del terreno en el área urbana de la ciudad de Zaruma (Provincia de El Oro, Ecuador) y los movimientos en masas de suelo y rocas que dicho fenómeno ocasiona, produciendo considerables impactos negativos en la economía, sociedad y medioambiente. Se describen las características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, tectónicas y, con especial énfasis, la actividad minera y el desarrollo urbano en la zona de estudio. Se evalúan los principales factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad del terreno para, finalmente, emitir criterios y recomendaciones dirigidos a reducir el riesgo como vía para prevenir o mitigar los impactos negativos de estos fenómenos.

**Palabras clave:** actividad minera, factores desencadenantes, inestabilidad del terreno, riesgo por inestabilidad.

### Abstract

In this article terrain instability risk is analyzed for the urban area of Zaruma (El Oro Province, Ecuador) and the soils and rock mass wasting this phenomenon causes, producing considerable negative impacts over the economy, society and environment. Geological, geotechnical, geomorphological, hydrogeological, tectonic and, with a special emphasis, mining activity and urban development in the area of study are described. Main conditioning and triggering terrain instability factors are evaluated, and criteria and recommendations are formulated to reduce risk, as a way to prevent or mitigate negative impacts from these phenomena.

**Keywords:** instability risk, mining activity, terrain instability, triggering factors.

1. Este artículo es el resultado de la colaboración entre el Grupo ITEICO Euroamericano (México, Ecuador), GIGMA (Grupo de Investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, y la Agencia para la Regulación y Control de la Minería de Ecuador (ARCOM).
2. Docente investigador, Universidad de las Californias Internacional (UDCI), México. Investigador del Grupo ITEICO Euroamericano. Correo electrónico: aldoneloliva@hotmail.com
3. Docente, Universidad de las Californias Internacional, México. Investigador del Grupo ITEICO Euroamericano. Correo electrónico: alex.ruiz@iteico.com
4. Docente investigador, director del Grupo de Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente (GIGMA), Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Correo electrónico: rjgallardo@ufpso.edu.co

## INTRODUCCIÓN

La inestabilidad del terreno es el resultado de la combinación de condiciones geológicas, hidrológicas y geomorfológicas y su modificación por procesos geodinámicos, vegetación, uso de la tierra y actividades humanas, así como la frecuencia e intensidad de precipitación y sismicidad.

En algunas regiones la actividad minera y el crecimiento urbano asociado a esta son factores desencadenantes de la inestabilidad en terrenos que no son debidamente controlados ni considerados en los planes de desarrollo por parte de las autoridades. En estas regiones, actividades relacionadas con la minería y el desarrollo urbano alteran el equilibrio natural del terreno y provocan fenómenos de inestabilidad como subsidencia, hundimientos, deslizamientos, entre otros. Las actividades mineras y urbanas de mayor impacto sobre la estabilidad del terreno son [1], [2]:

- La construcción de túneles y galerías subterráneas.
- Las actividades propias de la extracción de mineral como explosiones, vibraciones, inyección de agua, etc.
- La extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos.
- Remoción de la cubierta vegetal del terreno.
- Modificaciones de la pendiente natural del terreno debido a cortes y excavaciones.
- Aumento de las sobrecargas a causa de la construcción de edificaciones y obras de infraestructura.
- Descompresión del material de las laderas al quitarle soporte y presión lateral.
- Cambio en las condiciones del flujo natural (superficial y subterráneo) del agua a través de los materiales.
- Descenso de nivel freático.

Un ejemplo de inestabilidad del terreno en zonas mineras urbanas es el caso del poblado La Unión,

situado en la Sierra de Cartagena, provincia de Murcia, España, donde se presentan desde mayo de 1998 fenómenos de hundimientos y subsidencia minera en un área que supera el km<sup>2</sup> [3]. En el caso de Colombia se puede evidenciar la problemática de inestabilidad del terreno en zonas del municipio de Soacha en el departamento de Cundinamarca, donde las actividades de minería tradicional han llevado al desarrollo de procesos de urbanización que, en un determinado momento, han modificado las condiciones de uso del suelo, lo cual potencia la generación de problemas de estabilidad del terreno [4].

### Antecedentes

La inestabilidad del terreno en la zona urbana de Zaruma resulta cada año en desprendimiento de masas de suelo y roca que, a su vez, produce grandes pérdidas materiales y daño considerable de estructuras e infraestructura, creando situaciones complejas de emergencia que no solamente son difíciles de manejar sino difíciles de prevenir.

La ciudad de Zaruma, se ubica en el sureste de la Provincia de El Oro, al suroeste del Ecuador (Figura 1) y constituye el principal asentamiento urbano del llamado Distrito Minero Zaruma-Portovelo.

El área urbana de Zaruma se asienta sobre una región con características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, hidrológicas e hidrogeológicas complejas [5] y se encuentra sometida a una intensa actividad minera, estos factores no han sido debidamente controlados y, en muchos casos, no son considerados en la planeación del desarrollo minero y urbano del distrito. Como consecuencia, una parte importante de la población vive en zonas cercanas a explotaciones mineras subterráneas (activas e inactivas) y a las plantas de beneficio donde se realizan los procesos metalúrgicos para la recuperación del mineral [6].

La actividad antropogénica generada por la actividad minera, infraestructura urbana y la densidad de población, así como los factores geológicos,

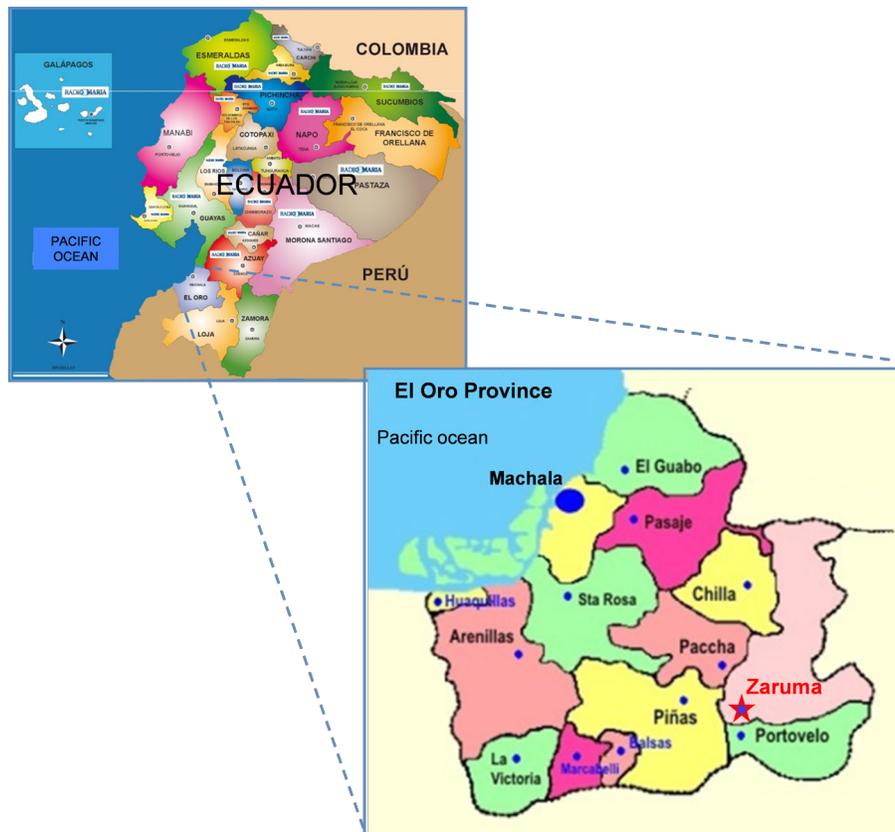


Figura 1. Localización geográfica de la ciudad de Zaruma.

Fuente: elaboración propia.

geotécnicos, geomorfológicos, hidrográficos e hidrogeológicos de la zona, hacen que la inestabilidad del terreno sea una amenaza permanente y que el riesgo de ocurrencia de movimientos en masas de suelo y roca alcance niveles difíciles de predecir. En este trabajo se describe la problemática existente y se analizan sus principales causas.

## MÉTODOS

La metodología de investigación y estudios realizados tuvieron como objetivos la identificación y caracterización de los principales fenómenos de inestabilidad del terreno en la ciudad de Zaruma, así como el análisis y evaluación de los factores condicionantes y desencadenantes de estos. Para cumplir los objetivos, se desarrollaron las siguientes fases o etapas de trabajo:

- Caracterización del entorno físico y social de zona de estudio e identificación de las principales problemáticas relacionadas con movimientos del terreno.
- Identificación y evaluación de los factores condicionantes de la inestabilidad. Se analizaron aspectos geológicos, tectónicos, geotécnicos, geomorfológicos, hidrográficos e hidrogeológicos que caracterizan la región y que influyen en el comportamiento de las masas de suelo y roca.
- Identificación y evaluación de los factores desencadenantes de la inestabilidad. Se analizaron de manera especial los aspectos relacionados con la actividad humana, con especial énfasis en la minería y el desarrollo urbano en el área de estudio.
- Interpretación y análisis de resultados.

## Movimientos del terreno

La inestabilidad del terreno en el área objeto de estudio se manifiesta a través de diferentes tipos de movimientos en masas de suelo y rocas, siendo los más frecuentes los hundimientos, subsidencias, deslizamientos, reptaciones, desprendimientos y caídas de rocas, así como la combinación de algunos de ellos (Figura 2).

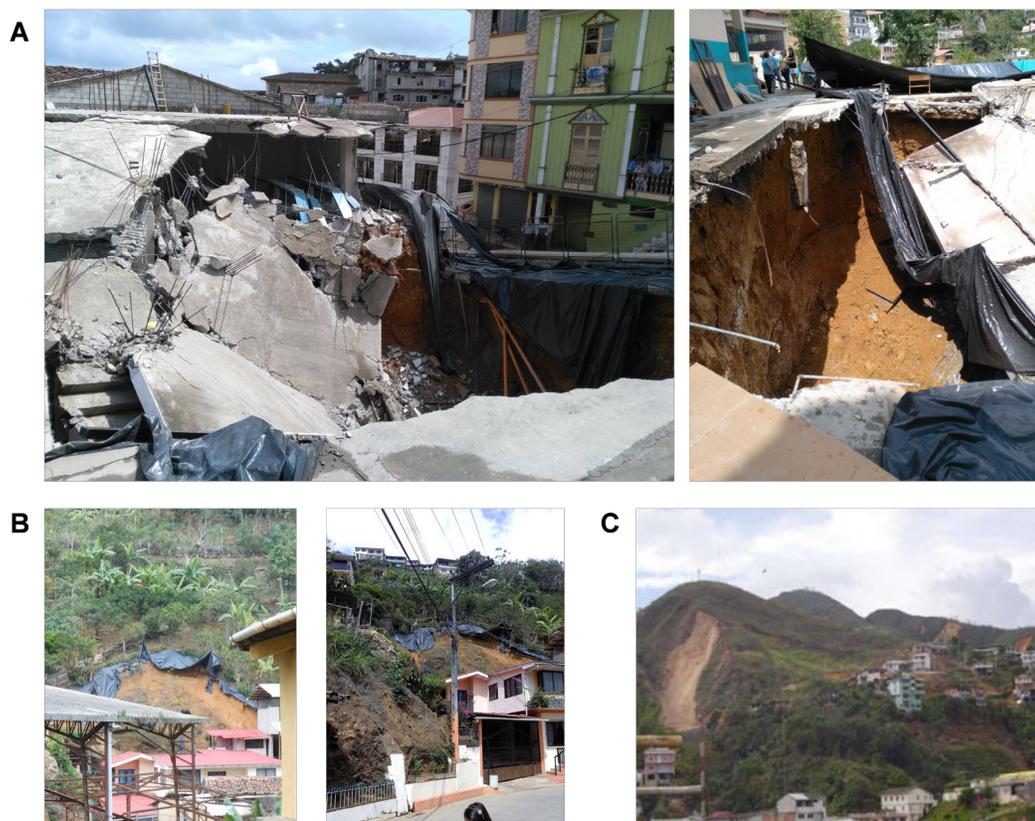
## Factores condicionantes y desencadenantes

De acuerdo con datos de la Agencia para la Regulación y Control de la Minería de Ecuador (ARCOM), alrededor de quince movimientos han sido registrados en el área urbana de Zaruma. Investigaciones indican que esos movimientos de masas

de desechos de suelos y rocas se deben a una combinación de factores que, en general, pueden ser divididos en dos grupos: factores condicionantes y factores desencadenantes [7], [8].

Los factores condicionantes, relacionados con las características intrínsecas particulares de los suelos, taludes en roca o ladera, corresponden a características físicas naturales como morfología, topografía, geología, suelos, actividad tectónica y condiciones hidrogeológicas, solo para mencionar los factores más relevantes en la región estudiada.

Los factores desencadenantes que pueden afectar significativamente la estabilidad están relacionados con las características y condiciones de los suelos, rocas, taludes o laderas donde se localiza el área



**Figura 2.** Algunos movimientos del terreno en el área de estudio. (a) Daño por subsidencia en el colegio La Inmaculada; (b) deslizamiento en el barrio Colon; (c) deslizamiento en la ladera del Calvario.

**Fuente:** elaboración propia.

afectada, tales como lluvias, movimientos sísmicos y actividad humana [2], [9], [10], con especial énfasis en la actividad minera y el desarrollo urbano.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los principales factores que afectan la estabilidad del terreno en el área urbana de la ciudad de Zaruma.

### Factores condicionantes de inestabilidad del terreno

#### Geología

La ciudad de Zaruma se ubica en la cordillera occidental del Ecuador, constituida por rocas metamórficas del macizo Amotape-Tahuin en la parte

sur y rocas metamórficas y volcánicas del terreno Chaucha en la parte norte [11].

La geología de la región tiene como basamento premesozoico el llamado Complejo Metamórfico El Oro, que se encuentra dentro del Grupo Saraguro —dominantemente volcánico calco-alcalino—. El sistema Zaruma-Portovelo está delimitado al norte y sur por dos fallas principales de rumbo noroeste: la Falla de Piñas (con varios lineamientos subparalelos, al sur de Piñas y Portovelo) y la Falla Puente Busa-Palestina (con trazo entre Malvas y Arcapamba). Las mineralizaciones están alojadas en vulcanitas intermedias a silíceas de la Unidad Portovelo [12], que está fallada contra las rocas metamórficas del sur a lo largo del sistema de fallas Piñas-Portovelo, con estructuras de rumbo norte-sur (Figura 3).

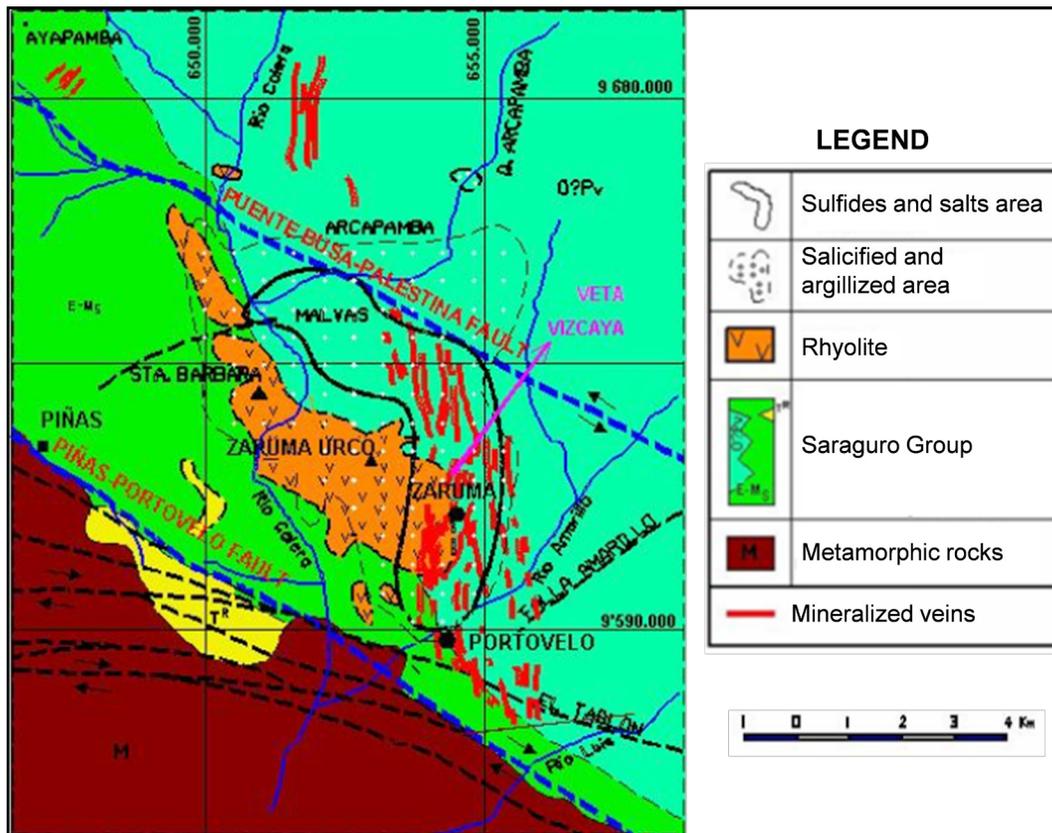


Figura 3. Mapa de la geología local.

Fuente: Modificado de [13].

Según los resultados de ensayos y análisis geotécnicos, las rocas predominantes en la zona de estudio se caracterizan por un alto grado de meteorización, diaclasamiento muy intenso y calidad de mala a muy mala. Estas características, constituyen importantes factores condicionantes del riesgo por inestabilidad del terreno en la zona.

### Terreno

La columna estratigráfica de las zona urbana y suburbana de Zaruma está formada por diferentes suelos y rocas que se pueden clasificar en cinco grupos: depósitos y terrazas aluviales, depósitos coluviales, lavas riolíticas, andesíticas y andesítico-basálticas, andesítico, y brechas de anfibolita.

Los depósitos superficiales que se encuentran en la zona de estudio se pueden agrupar en tres unidades geotécnicas. La primera unidad está conformada por suelos constituidos por sedimentos limosos y arenosos, la segunda unidad corresponde a suelos arcillosos húmedos y la tercera unidad la forman suelos areno-arcillosos (Figura 4). Dichas unidades se caracterizan además por espesores de estratos que varían entre 1m y 6m.

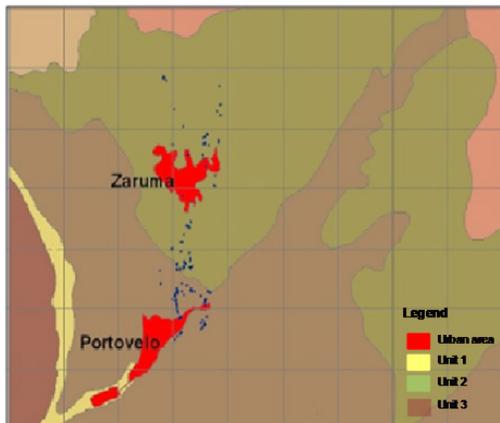


Figura 4. Mapa de unidades geotécnicas.

Fuente: Modificado de [14].

En la Tabla 1 se presenta la clasificación y descripción de los suelos predominantes en cada unidad geotécnica.

Tabla 1. Suelos predominantes en el área urbana de Zaruma.

| Unidad Geotécnica | Clasificación de suelos (SUCS) | Descripción  |
|-------------------|--------------------------------|--|
| Primera unidad    | ML – SC                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limos arenosos color café, humedad 20%, grado de plasticidad alto.</li> <li>• Arenas arcillosas, color amarillo-gris, humedad 10%, grado de plasticidad medio.</li> <li>• Limos arenosos, color amarillo-gris, humedad 28%, grado de plasticidad alto.</li> </ul>   |
| Segunda unidad    | CH – MH                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limos arenosos, color rojo, humedad 30%, grado de plasticidad alto.</li> <li>• Limos arcillosos, color café, humedad 23%, grado de plasticidad alto.</li> <li>• Arcillas limosas, color café, humedad 26%, grado de plasticidad alto.</li> <li>• Limos arcillosos, color café, humedad 25%, grado de plasticidad alto.</li> </ul> |
| Tercera unidad    | CH – CL                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arcillas limosas, color gris-rojo, humedad 34%, grado de plasticidad alto</li> <li>• Arcillas arenosas, color rojo-café, humedad 13%, grado de plasticidad alto.</li> </ul>   |

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de estudios geotécnicos del terreno en superficie indican que predominan los suelos residuales, los cuales clasifican como suelos finos del tipo limos y arcillas. Dichos materiales, son muy susceptibles a la inestabilidad y en ellos se presentan con mucha frecuencia movimientos como hundimientos, subsidencias, deslizamientos y flujos [15].

### Tectonismo y geología estructural

La geotectónica de la parte septentrional de los Andes (*North Andean Block*) está controlada por el mecanismo de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, en un borde convergente de cortezas oceánica y continental (Figura 5).

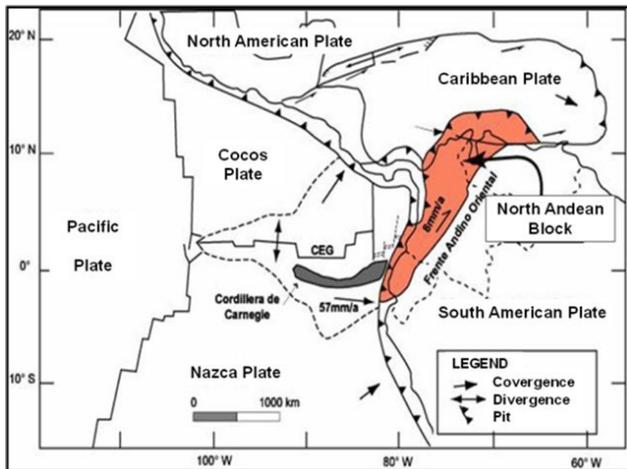


Figura 5. Esquema de la geodinámica actual de Ecuador.

Fuente: Modificado de [16].

Como se observa en la Figura 5, en las costas ecuatorianas la placa oceánica se desplaza en sentido oeste-este y lleva consigo la cordillera de Carnegie que se subduce a 57 mm/a, con un azimut de  $-100^\circ$ .

Los principales rasgos estructurales en la zona lo constituyen los sistemas de fallas Piñas-Portovelo y el llamado Puente Buza-Palestina (Figura 3) [12], [17]. El primer sistema, es una falla de cabalgamiento en una longitud de 40 km con un azimut aproximado de  $295^\circ$ , que separa al Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro, al sur. El desplazamiento del Grupo Saraguro al oeste de Zaruma indica un salto vertical de al menos 3 km entre Piñas y Zaruma. Mientras que al oeste de Piñas, la falla aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salatí y al este de Portovelo, es un cabalgamiento con tendencia al sur, buzando al norte. La falla Puente Buza-Palestina sigue un rumbo paralelo a la Falla Piñas-Portovelo, con una extensión aproximada de 10 km.

La respuesta al mencionado marco tectónico se traduce en sismicidad, deformación, fracturación y fallamiento, acompañados frecuentemente por debilitamiento de masas de suelo y roca sometidas a esfuerzos de origen natural. La actividad sísmica, a veces imperceptible (microsismicidad) puede ser

indicativo de movimientos a diferentes profundidades de la corteza terrestre, los cuales, cuando exceden una cierta magnitud, desencadenan el debilitamiento de masas de suelo y roca.

### Geomorfología

El área de estudio se ubica en la provincia geomorfológica de "La Sierra", específicamente dentro de la unidad fisiográfica cordillera occidental. Zaruma se localiza a su vez en la unidad geomorfológica vertiente occidental, con elevaciones variables entre 615 y 1730 msnm.

Zaruma se asienta en la cordillera divisoria entre los ríos Calera y Amarillo, de relieve abrupto con drenaje gobernado por el fracturamiento tectónico (Figura 6). Los depósitos de pie de monte, representados principalmente por cono de eyección, muestran pendientes generalmente menores que 40%. Sobre las rocas cristalinas se desarrollan relieves heterogéneos de moderados a fuertes, disectados con vertientes rectilíneas y abruptas, cuyas pendientes varían entre 40% y 70% [13].

La morfología de la región donde se ubica la ciudad de Zaruma hace que más del 50% de las áreas urbana y suburbana estén situadas en un relieve muy accidentado, el cual va desde los 600 msnm en las márgenes del río Amarillo hasta los 1250 msnm en el centro de Zaruma. Esto, unido a las características geológicas, geotécnicas y tectónicas descritas anteriormente, genera un alto riesgo de inestabilidad del terreno en la zona.

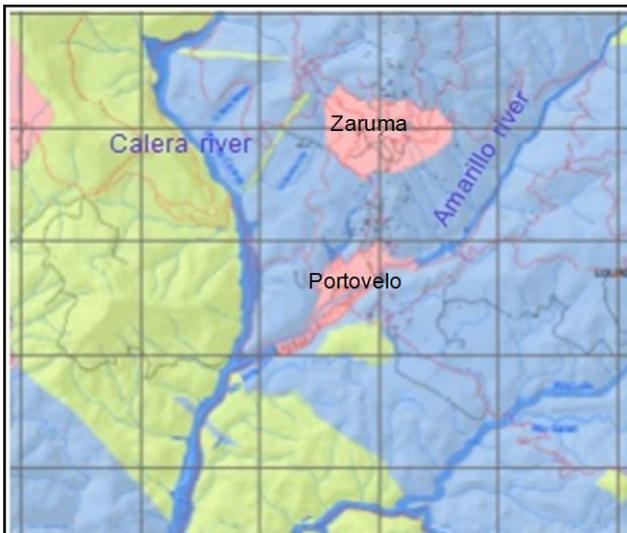
### Hidrografía e hidrogeología

El principal sistema hidrográfico de la zona está formado por los ríos Calera y Amarillo (Figura 7). La subcuenca del río Calera pertenece a la cuenca del río Amarillo y ambos presentan un flujo de aguas constante durante todo el año, aportando un caudal promedio de 22.98 m<sup>3</sup>/s al unirse en un sector al suroccidente de la ciudad de Portovelo.



**Figura 6.** Vista panorámica de la ciudad de Zaruma. (a) Vista hacia el río Calera; (b) vista desde el río Amarillo

**Fuente:** elaboración propia.



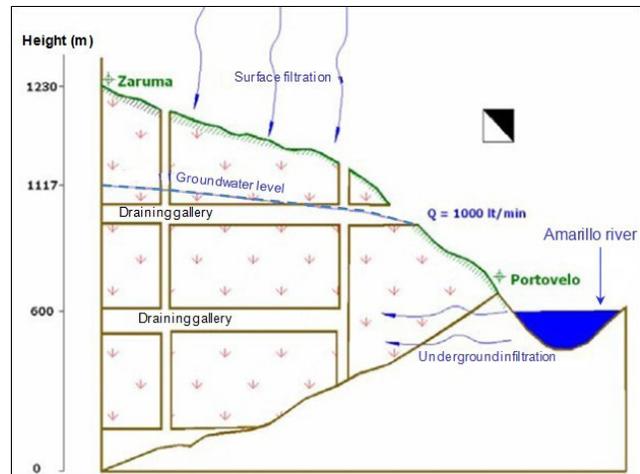
**Figura 7.** Detalle de las unidades hidrogeológicas en el área de estudio.

**Fuente:** Modificado de [18].

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la zona se caracteriza por la ocurrencia de altas precipitaciones principalmente entre los meses de febrero y abril, con registros de hasta 1229 mm/año.

El sistema hidrogeológico Zaruma-Portovelo se puede definir como un acuífero tipo fisurado-libre-interior que se caracteriza por una zona de saturación condicionada por las grietas que sirven de conductos en el interior del macizo rocoso

(Figura 8). Como promedio, en la zona de Zaruma, los niveles freáticos se encuentran a 5m de profundidad, pero los socavones, grietas y galerías mineras ubicadas en cotas menores se convierten en conductos de drenaje que, en algunos lugares, hacen descender considerablemente los niveles de agua [19].



**Figura 8.** Esquema del sistema hidrogeológico en Zaruma-Portovelo.

**Fuente:** Modificado de [16].

La porosidad y el fisuramiento de los suelos y rocas de la zona, así como el sistema de galerías mineras, afectan de manera significativa el movimiento del agua superficial y subterránea, produciendo un aumento considerable del riesgo por inestabilidad del terreno.

## Factores desencadenantes de inestabilidad del terreno

Los principales factores desencadenantes de la inestabilidad del terreno en el área urbana de Zaruma, están relacionados con la actividad humana generada, fundamentalmente, por la minería y el desarrollo urbano.

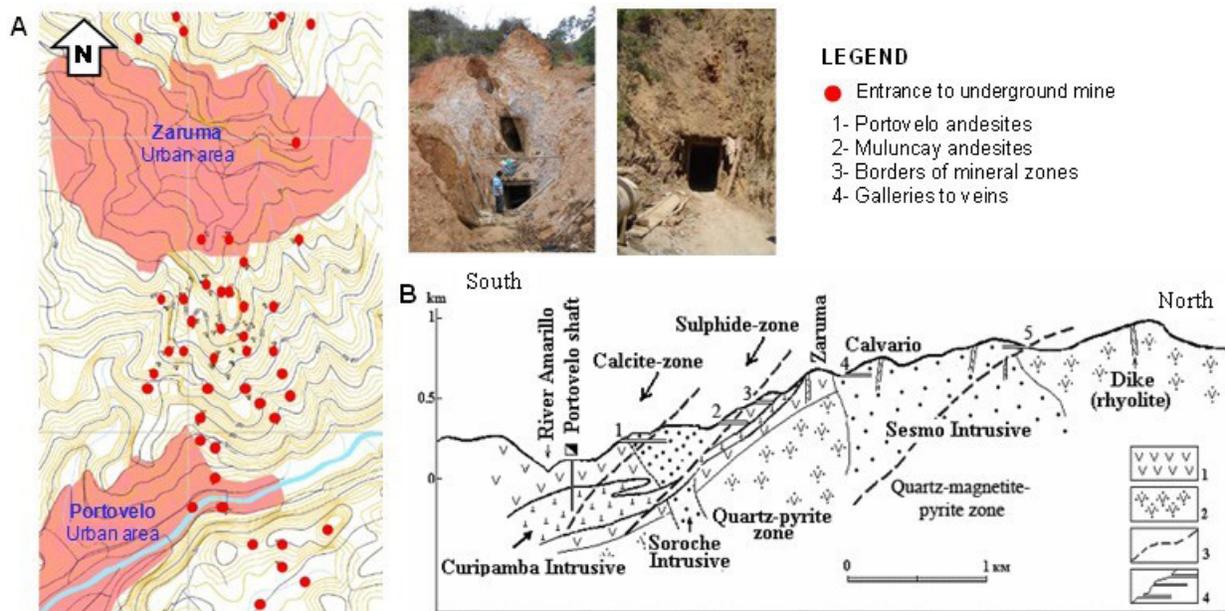
### Actividad minera

El desarrollo económico de Zaruma se basa fundamentalmente en la actividad minera, de esta depende directa o indirectamente el 65% de la población económicamente activa. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de explotación y procesos para la extracción del mineral se realizan de forma antitécnica y constituyen factores desencadenantes de inestabilidad del terreno, además de producir impactos negativos sobre el medioambiente.

El distrito minero Zaruma-Portovelo cuenta con un amplio sistema de vetas longitudinales de

oro-polimetálico, alineadas a lo largo de una estructura de rumbo norte-sur. La extracción histórica del mineral se concentró en la parte sur del sistema (Portovelo), se caracteriza por el alto grado de oro, sin embargo, actualmente las explotaciones continúan desarrollándose hacia el norte, en dirección a la ciudad de Zaruma. Según la *Agency of Mining Regulation and Control of Ecuador* (ARCOM), en los sectores de Zaruma y Portovelo existen 128 minas, de las cuales 97 se encuentran con labores mineras activas y 31 están inactivas o abandonadas (Figura 9).

Durante más de 80 años (desde 1896 hasta finales de los 70), las compañías *South American Development Company* (SADCO) y *Compañía Industrial Minera Asociada* (CIMA) desarrollaron la explotación minera subterránea utilizando los sistemas corte y relleno (*cut and fill*), cámaras y pilares (*room and pillar*) y cámara almacén (*storage room*) [21], generando cientos de kilómetros de galerías y gran cantidad de cámaras, pilares y rellenos en el interior de las minas.



**Figura 9.** Detalle de la minería en el área. (a) Entrada a minas subterráneas; (b) sección longitudinal simplificada de la explotación minera Portovelo-Zaruma

Fuente: Modificado de [20].

Desde finales de los años 70 la pequeña minería y los mineros artesanales comenzaron a explotar muchas de las minas abandonadas por las compañías SADCO y CIMA. En la mayoría de los casos, estas explotaciones se realizan extrayendo el mineral de los pilares y del relleno que dejaron estas compañías, lo que afecta notablemente la estabilidad del macizo rocoso; además, la mayoría de las labores mineras no cuentan con un proyecto de explotación y, en consecuencia, se presentan las siguientes problemáticas:

- Los cortes del terreno para la construcción de las bocaminas se realizan sin considerar su influencia en la estabilidad de los taludes y laderas.
- La mayoría de las minas no cuentan con sistemas de sostenimientos en cámaras y galerías, y los que existen son insuficientes.
- Se realizan voladuras incontroladas que producen exceso de vibraciones en el terreno, provocando el colapso de galerías y cámaras.
- Los materiales estériles extraídos de las minas son depositados en escombreras a media ladera o en la corona de taludes, sin considerar su influencia en la estabilidad del terreno.

Dichas problemáticas son factores desencadenantes de la inestabilidad del terreno en superficie, se manifiestan con mayor frecuencia a través de fenómenos perturbadores como hundimientos, subsidencias y deslizamientos.

### **Desarrollo urbano**

Además de los recursos minerales, Zaruma destaca por su actividad comercial, arte, arquitectura y tradiciones culturales. Estas cualidades la convierten en una ciudad atractiva, no solo para turistas, sino también para personas en busca de oportunidades que emigran desde diferentes regiones del Ecuador y se instalan de manera temporal o permanente en la ciudad y sus alrededores. Un análisis comparativo entre los datos del censo 2001

versus los datos del censo 2010, evidencia un incremento del 11.01% en la población del área urbana.

Es evidente que el desarrollo urbano de Zaruma está estrechamente vinculado a la actividad minera que se desarrolla en la zona desde la época de los preincas, pero que experimentó desde los años 70 un rápido y desordenado crecimiento, protagonizado por la pequeña minería y mineros artesanales [22]. Lo anterior, unido a la falta de planeación, produjo una acelerada y desordenada urbanización y, como consecuencia, proliferaron asentamientos poblacionales en el entorno de las minas y en terrenos inestables, al mismo tiempo que se desarrollaron explotaciones mineras en las áreas urbana y suburbana. Lo anterior ha propiciado que muchos barrios y comunidades hayan sido afectados por la inestabilidad del terreno y otros estén en riesgo de sufrir daños [23].

### **DISCUSIÓN**

Las investigaciones y estudios realizados permitieron identificar y caracterizar los principales fenómenos de inestabilidad del terreno que se presentan en la ciudad de Zaruma, así como evaluar sus factores condicionantes y desencadenantes.

Se pudo constatar que fenómenos como hundimientos, subsidencias y deslizamientos y los factores que los producen no han sido debidamente controlados, en muchos casos, no han sido considerados en la planeación del desarrollo minero y urbano, por lo que una parte importante de la población vive en zonas cercanas a explotaciones mineras y a plantas metalúrgicas con alto riesgo de ocurrencia de movimientos en masas de suelo y roca.

Los resultados del trabajo permitieron concluir que los fenómenos de inestabilidad del terreno en la zona de estudio han experimentado un incremento en los últimos años y continuarán su tendencia

al alza si no se reduce el riesgo generado por los complejos escenarios geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, los cuales se incrementan con la intensa actividad minera y el desarrollo urbano derivado de ésta.

El análisis de la problemática relacionada con la inestabilidad del terreno en la zona de estudio y su relación con la actividad antropogénica generada por la actividad minera, infraestructura urbana y densidad de población, forma parte de acciones encaminadas a la evaluación y reducción del riesgo en los distritos mineros del Ecuador, y sus resultados constituyen una valiosa herramienta de prevención-mitigación para las comunidades y autoridades responsables.

## CONCLUSIONES

La actividad minera y el desarrollo urbano resultado de esta, propician fenómenos de inestabilidad del terreno que traen consigo considerables problemas económicos, sociales y legales por los daños que causan directamente sobre las propiedades y en la infraestructura, además de poner en riesgo la vida de las personas.

En el área urbana de Zaruma se presenta una combinación de condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas complejas, y la modificación de estas por procesos geodinámicos, la ocurrencia de fenómenos perturbadores como las intensas lluvias y la intensa actividad humana generada por la minería y el desarrollo urbano. Este escenario, ha propiciado que manifestaciones de la inestabilidad del terreno como hundimientos, subsidencias y deslizamientos hayan experimentado un incremento en los últimos años y continúen su tendencia al alza sino se reducen los riesgos generados por los factores condicionantes y desencadenantes que se describen en este trabajo.

Es evidente la necesidad de medidas estructurales y no estructurales para evitar o reducir los

impactos negativos de los movimientos en masas de suelo y roca. Las primeras, encaminadas a la intervención física de la amenaza dada por la inestabilidad del terreno y las causas que la generan, así como de la vulnerabilidad de los elementos expuestos mediante obras de ingeniería y sistemas de monitoreo para proteger las estructuras e infraestructuras, la población y sus bienes; por otro lado, las medidas no estructurales dirigidas al ordenamiento y control de la minería, el fortalecimiento institucional, la educación y la preparación de la comunidad.

## REFERENCIAS

- [1] L. I. González, M. Ferrer, M. L. Ortuño y C. Oteo, *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall, 2002.
- [2] O. A. Cuanalo, A. O. Oliva y R. J. Gallardo, "Inestabilidad de laderas. Influencia de la actividad humana", *Revista Elementos (Ciencia y Cultura)*, vol. 18, no. 84, pp. 39-46, 2011.
- [3] R. Tomás, G. Herrera, J. Delgado y F. Peña, "Subsidencia del terreno", *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 17, no. 3, pp. 295-302, 2009.
- [4] Y. Calderón, "Relaciones entre las amenazas naturales por movimientos en masa asociadas a la minería tradicional, con los procesos de urbanización en el municipio de Soacha Cundinamarca", Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45793/>
- [5] I. Vikentyev, R. Banda, A. Tsepin, V. Prokofiev and O. Vikentyeva, "Mineralogy and formation conditions of Portovelo-Zaruma gold-sulphide vein deposit, Ecuador", *Geochemistry, mineralogy and petrology*, no. 43, pp. 148-154, 2005. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237828662\\_Mineralogy\\_and\\_Formation\\_Conditions\\_of\\_Portovelo-Zaruma\\_Gold-Sulphide\\_Vein\\_Deposit\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/237828662_Mineralogy_and_Formation_Conditions_of_Portovelo-Zaruma_Gold-Sulphide_Vein_Deposit_Ecuador)

- [6] M. Cortázar y J. Lavanda, *Portovelo: cuenta su historia*. Ecuador: Imprenta de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, 2008.
- [7] O. A. Cuanalo, A. O. Oliva y C. González, "Estabilidad de laderas. Análisis mediante factores de valuación", *Revista IngeoPres*, no. 164, pp. 38-44, 2007.
- [8] O.A. Cuanalo y A. O. Oliva, *Inestabilidad de laderas. Deslizamientos y factores desencadenantes*. España: Editorial Académica Española, 2011.
- [9] A. O. Oliva, A. R. Navarro, R. M. Salgado, C. G. Nicieza and M. I. A. Fernández, "Urban Development and Human Activity as Factors in Terrain Instability in Tijuana", *Engineering Failure Analysis*, vol. 19, pp. 51–62, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2011.09.005>
- [10] A. O. Oliva, D. Mascareño Jiménez, I. N. Álvarez García, C. González Nicieza y A. E. Álvarez Vigile, "Hillside instability in the Tijuana Metropolitan Area. Analysis of Landslide-Provoked Building Collapse", *Engineering Failure Analysis*, vol. 46, pp. 166–178, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.08.004>
- [11] L. Pilatasig, D. Gordón, O. Palacios y J. Sánchez, "Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas", 2005. [En línea]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA7/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/EL\\_ORO/SANTA\\_ROSA/IEE/1.%20Documentos/Pdf/2.%20Geopedolog%C3%ADa/2.1.%20Geomorfolog%C3%ADa/Mapa%20binacional/MEMORIA%20RESUMIDA\\_BINACIONALAGOSTO.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA7/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/EL_ORO/SANTA_ROSA/IEE/1.%20Documentos/Pdf/2.%20Geopedolog%C3%ADa/2.1.%20Geomorfolog%C3%ADa/Mapa%20binacional/MEMORIA%20RESUMIDA_BINACIONALAGOSTO.pdf)
- [12] M. Correa, "Memoria técnica Mapa Geológico de La Cordillera Occidental Entre 3°-4° S. Escala 1:200.000", Instituto de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. Ecuador, 2015.
- [13] Sociedad ecuatoriana para la defensa del patrimonio geológico y minero, [En línea]. Disponible en: <http://sedpgym-ecuador.blogspot.com.co/2013/03/>
- [14] Ministerio de agricultura y ganadería, "Inventario cartográfico de la costa ecuatoriana", [En línea]. Disponible en: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers17-06/09978.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-06/09978.pdf)
- [15] O. A. Cuanalo y A. O. Oliva, *Inestabilidad de laderas. Análisis Geotécnico y Evaluación de Riesgos*. España: Editorial Académica Española, 2012.
- [16] C. Pesantes, "Evaluación y Zonificación de Riesgos Geodinámicos en el Distrito Minero Zaruma-Portovelo", Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador, 2007.
- [17] J. A. Aspdén, W. Bonilla y P. Duque, "The Oro Metamorphic Complex, Ecuador: Geology and Economic Mineral Deposits", *British Geological Survey*, no. 67, 1995.
- [18] INIGEMM, "Unidades hidrogeológicas del distrito minero Zaruma-Portovelo, escala 1:50.000, proyecto de investigación hidrogeológica e hidrogeoquímica en zonas mineras del Ecuador", 2012.
- [19] A. O. Oliva, y A. F. Ruiz, "Inestabilidad del terreno en zonas urbanas de Zaruma y Portovelo. Factores condicionantes y desencadenantes. Documento Técnico Grupo ITEICO Euroamericano, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.academia.edu/>
- [20] I. Vikentye, R. Banda, A. Tsepin, V. Prokofiev and O. Vikentyeva, "Mineralogy and Formation Conditions of Portovelo-Zaruma Gold-Sulphide Vein Deposit, Ecuador", *Geochemistry, mineralogy and petrology*, no. 43, pp. 148-154, 2005.
- [21] C. López Jimeno, "Técnicas de explotación mineras", presentada en el Foro de Desarrollo Minero Sostenible, Madrid, 2014. [En línea]. Disponible en: [http://www.ifema.es/web/ferias/foro\\_minero/ponencias\\_2014/carlos\\_lopez\\_jimeno\\_comunidad\\_de\\_madrid\\_16jun.pdf](http://www.ifema.es/web/ferias/foro_minero/ponencias_2014/carlos_lopez_jimeno_comunidad_de_madrid_16jun.pdf)
- [22] F. Sandoval, "La pequeña minería en el Ecuador. Report N° 75. Project Mining, Minerals

and Sustainable Development”, International Institute for Environment and Development (IIED), Inglaterra, 2001.

[23] S. Paladines, “Proyecto: Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal. Identificación del

Territorio del Cantón Zaruma”. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 2012. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/840/1/Perfil%20territorial%20%20ZARUMA.pdf>





## Cooperación científica como estrategia para la identificación y fortalecimiento de redes<sup>1</sup>

Scientific cooperation as a strategy for identifying and strengthening networks

Jesús David Romero Betancur<sup>2</sup>

**Para citar este artículo:** Romero, J. (2017). Cooperación científica como estrategia para la identificación y fortalecimiento de redes. *Revista Redes de Ingeniería*, 8(2), 82-91, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.13189>.

Recibido: 2-abril-2018 / Aprobado: 4-mayo-2018

### Resumen

El presente trabajo busca ofrecer, desde los resultados obtenidos con base en el análisis de la producción científica de una institución universitaria, una visión de esta como insumo para la identificación de redes de cooperación, utilizando no solo los registros de artículos existentes en bases de datos académicas, sino la información registrada en la plataforma ScienTI de Colciencias; con lo cual se propone una revisión específica de la actividad de dos grupos de investigación y se amplía dicho análisis a toda la institución a la que estos pertenecen. Las alianzas identificadas por medio de esta información se contrasta con los convenios suscritos por la institución, considerándolos como el vínculo formal de cooperación; se encuentra que si bien la relación institucional formal es importante, el capital relacional con el que cuentan directamente los investigadores representa una mayor fortaleza para el desarrollo de actividad en cooperación.

**Palabras clave:** grupos de investigación, producción científica, redes de cooperación, ScienTI, universidad.

### Abstract

Analyzing the current and signed TLCs in Colombia, it was identified that the Colombian automotive industry is at risk by facing the large industries that represent the United States, Korea, China and Mexico in the global market. Due to the above, the immediate need arises to carry out a restructuring in the operation of the national assemblers. For this, a research was carried out on the integration strategies used worldwide and it is proposed the use of the "SISCAI" supply strategy, which consists of the combination of characteristics with greater impact of the strategies evaluated through the hierarchical analytical process, adapting it to the Conditions required to operate in Colombia. With the implementation of the proposed strategy, the CKD inventory is reduced by 20%, the direct labor by the assembler 45%, increasing the quality of the product and boosting and protecting the national industry.

**Keywords:** research groups, scientific production, cooperation networks, ScienTI, university.

1. Artículo realizado con el apoyo de la Universidad Santo Tomás como resultado del proyecto "Cooperación científica de los grupos de investigación de la Vicerrectoría General de la Universidad Abierta y a Distancia (VUAD) entre los años 2012 y 2016, una aproximación desde el Análisis de Redes Sociales (ARS)".
2. Estudiante de Maestría en Política y Gestión de Ciencia y Tecnología, Universidad de Buenos Aires, Argentina; docente, Universidad Santo Tomás; responsable de la vigilancia estratégica en la Oficina de Transferencia Resultados de Investigación de Bogotá. Correo electrónico: david.romerobetancur@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Históricamente el medio más utilizado para la divulgación y transferencia del conocimiento con el que se ha contado son las publicaciones científicas (en particular desde el sector académico), las cuales, en mayor medida, corresponden al resultado de un esfuerzo intelectual colaborativo entre diferentes investigadores e instituciones [1]; su importancia es mayor teniendo en cuenta que la actividad investigativa y la generación de sus resultados desarrollados en cooperación entre diferentes instituciones, permiten que la difusión de conocimiento no sea solo un fenómeno local o geográfico sino que se convierta en un fenómeno social [2].

El análisis de la producción generada desde actividades de investigación ha sido objeto de estudio por parte de diferentes autores en contextos variados [1], [3]–[22], particularmente dicha revisión cobra gran interés al ser realizada con el fin de establecer estrategias de cooperación para las instituciones a las cuales pertenecen los autores.

Sin embargo, a pesar de la relevancia histórica que ha tenido la divulgación de resultados de investigación mediante las publicaciones científicas, en una dinámica de descubrimiento y justificación, es importante tener en cuenta la visión de la ciencia en la que se propone que esta se lleva a cabo en diferentes contextos, de educación —enseñanza y difusión de la ciencia—, de innovación, de evaluación, o de valoración, y de aplicación [23]; cada uno de los cuales ofrece un conjunto de interacciones que determinan la manera en que los investigadores llevan a cabo su actividad.

Dichas interacciones en los diferentes contextos finalmente se reflejan en los resultados obtenidos

mediante la co-autoría de los resultados de investigación,<sup>3</sup> en la cual los investigadores además de su representación propia encarnan una institución; por esto se plantea la importancia de identificar por medio del análisis de redes, con una aproximación preliminar desde el enfoque de Análisis de Redes Sociales (ARS), la estructura de la cooperación científica en torno a los docentes vinculados a la Universidad Santo Tomás (USTA) y especialmente de la Facultad de Ciencias y Tecnologías (F-CyT), sus relaciones, así como las implicaciones institucionales, políticas y estratégicas de estas, con la intención de responder a preguntas como: ¿con qué instituciones se concentra la cooperación en investigación de los docentes de la Universidad Santo Tomás y con cuáles es importante priorizarla?

## MÉTODOS

Identificar claramente de qué manera se constituye la cooperación en temas de investigación para la institución cobra gran relevancia al servir como elemento que permite entender la posición que se tiene en el contexto académico, especialmente de acuerdo con los actores con que se relaciona y las características de dichos vínculos, así como la identificación de las áreas de interés o capacidades clave (de absorción o transferencia de conocimiento) con las que se cuenta y la mejor manera de fomentarlas desde las alianzas existentes o potenciales.

En el ámbito de la actividad académica existen diferentes fuentes de información que consolidan el registro de los resultados de proyectos de investigación; como insumo para la identificación de las redes de cooperación en torno a los docentes de la USTA se toman dos registros: por un lado y como fuente de información relacionada a la actividad investigativa de la F-CyT se hizo uso de los registros

---

3. Para el desarrollo del presente trabajo se considerará como resultados de investigación los establecidos por Colciencias en el modelo de medición y reconocimiento de grupos: Productos resultado de actividades de generación de nuevo conocimiento, Productos resultado de actividades de desarrollo tecnológico o de innovación, Productos resultado de apropiación social del conocimiento y Productos de actividades relacionadas con la formación de Recurso Humano para la ciencia y la Tecnología [25].

existentes en la plataforma ScienTI<sup>4</sup> [26] de Colciencias, específicamente la productividad vinculada a los grupos de investigación asociados a la facultad en el módulo GrupLAC (los resultados presentados corresponden al histórico de la productividad registrada al 15 de diciembre de 2017).<sup>5</sup>

Por otra parte, con el fin de obtener un panorama del desempeño total de la institución se tomaron registros de los resultados de investigación, principalmente textos científicos (artículos, libros y ponencias) que se encuentran en publicaciones indexadas en bases de datos como Scopus o Sciencedirect, para lo cual se utilizó la herramienta SciVal [27].<sup>6</sup>

Ambos conjuntos de datos representan el contexto de educación [23] y en ellos es posible identificar tanto las instituciones como los investigadores con quienes se trabajó de forma cooperativa, con el fin de establecer en qué medida se presenta dicho apoyo y qué lo caracteriza, así como identificar las fortalezas de estas relaciones [24].

Con base en lo anterior, como unidad de análisis se estableció el producto resultado de investigación (producción científica<sup>7</sup>) y las principales variables a considerar para el análisis de cada conjunto de datos se presentan en la Tabla 1.

## RESULTADOS

Actualmente la FCyT cuenta con dos grupos de investigación, Gestión en Innovación, Tecnologías y Organizaciones (GITO) y Gestión Ambiental y de los Recursos Naturales de Colombia (GARN), ambos

reconocidos y categorizados por Colciencias en categoría C.<sup>8</sup> En la Tabla 2 se presenta la cantidad de productos reportados o declarados por cada uno de ellos como resultado del proceso de medición y reconocimiento de Colciencias para los años 2015 y 2017,<sup>9</sup> no solo los reconocidos por Colciencias.

**Tabla 1.** Principales variables

| Conjunto de datos                   | VARIABLES   |
|-------------------------------------|---|
| Productos registrados en ScienTI    | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Co-autores</li> <li>•Instituciones de los co-autores</li> <li>•Cantidad de publicaciones en co-autoría</li> </ul>   |
| Publicaciones registradas en SciVal | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Instituciones de las co-autorías</li> <li>•Cantidad de publicaciones en co-autoría</li> <li>•Número de citas de las publicaciones en co-autoría</li> <li>•Número de conexiones de las instituciones con publicaciones en co-autoría</li> <li>•Nivel de intermediación de las instituciones con publicaciones en co-autoría</li> </ul> |

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 2.** Cantidad de Productos según tipo para los grupos de investigación de la FCyT.

| Tipo                                   | GCITO |      | GARN |      |
|--|-------|------|------|------|
|  | 2015  | 2017 | 2015 | 2017 |
| P. Generación de Nuevo Conocimiento    | 2     | 8    | 9    | 18   |
| P. Desarrollo Tecnológico              | 0     | 13   | 5    | 6    |
| P. Apropiación Social del Conocimiento | 35    | 371  | 42   | 81   |
| P. Formación de Recurso Humano en CTel | 13    | 54   | 12   | 27   |

**Fuente:** elaboración propia.

Con el fin de identificar la actividad en cooperación se toma como insumo la productividad

4. [www.colciencias.gov.co/scienti](http://www.colciencias.gov.co/scienti)

5. Los resultados presentados corresponden al histórico de la productividad registrada al 15 de diciembre de 2017

6. [www.scival.com](http://www.scival.com)

7. Se considera como producción científica en el ámbito nacional la considerada como tal por Colciencias según se establece en el modelo de medición y reconocimiento de grupos de investigación, productos de nuevo conocimiento, de desarrollo tecnológico, de apropiación social y de formación [28].

8. Como resultado de la convocatoria de reconocimiento de grupos de investigación del año 2017.

9. Correspondiente a las convocatorias 737 y 781 de Colciencias.

registrada para la medición del año 2017, que representa cerca de 570 productos de los diferentes tipos, los cuales son obtenidos en cooperación con diez instituciones:

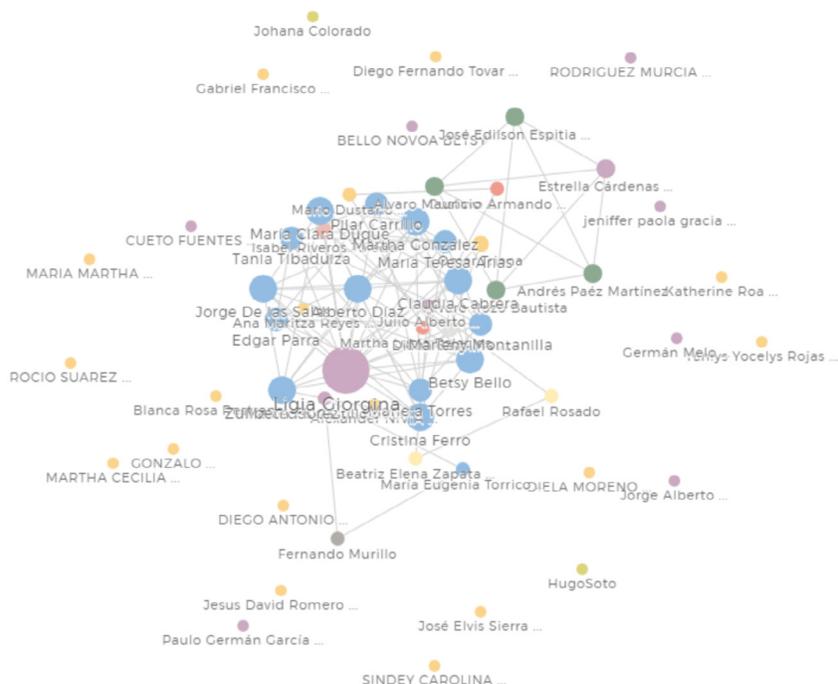
- Universidad Autónoma de Colombia
- Universidad Surcolombiana
- Instituto Nacional de Salud
- Universidad de la Salle
- Secretaría departamental de salud del Cesar
- Universidad de Antioquia
- Universidad Industrial de Santander
- Industrias Químicas FIQ Ltda.
- Universidad de Buenos Aires
- Universidad Mayor de San Simón

De estas instituciones se identifica la participación de 30 investigadores que han trabajado en conjunto con los integrantes de los grupos de investigación de la FCyT en el desarrollo de ocho trabajos en cooperación con los integrantes de los grupos

de investigación de la facultad (generación de 8 productos resultado de investigación). Esta actividad representa en total 82 relaciones persona a persona.

Con base en esta información es posible construir una primera red de cooperación en torno a la actividad científica (Figura 1), de la cual se obtiene que la actividad en cooperación desde los grupos de investigación se centra en el 18% de los integrantes (5 de 28), concentrándose especialmente en la docente Ligia Lugo, quien adicionalmente es investigadora reconocida por Colciencias.

Por otro lado, las principales instituciones con que se desarrollan trabajos en conjunto son: Universidad de Buenos Aires, Universidad Mayor de San Simón, Universidad Surcolombiana, Universidad Autónoma de Colombia y Universidad Industrial de Santander (UIS), de las cuales se destaca que únicamente con la UIS se tiene convenio suscrito



**Figura 1.** Representación gráfica de las redes de cooperación con base en los productos registrados en ScienTI.

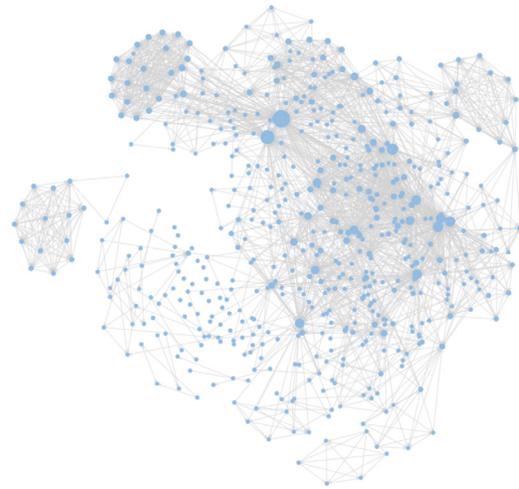
**Fuente:** elaboración propia.

conforme al registro de la Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales (ORII).<sup>10</sup>

Extendiendo estos resultados para toda la institución, con base en los registros existentes en la plataforma SciVal, se obtiene que entre los años 2012 y 2017<sup>11</sup>, se realizaron 681 publicaciones por parte de investigadores con filiación a la USTA, presentándose un pico máximo en el año 2015 al alcanzar 158 publicaciones, como se muestra en la Figura 2.

Estas publicaciones son realizadas en cooperación con investigadores de 301 instituciones a nivel mundial, de las cuales más del 99% corresponden a instituciones de educación superior o centros de investigación, conformando la red de cooperación que se presenta en la Figura 3.

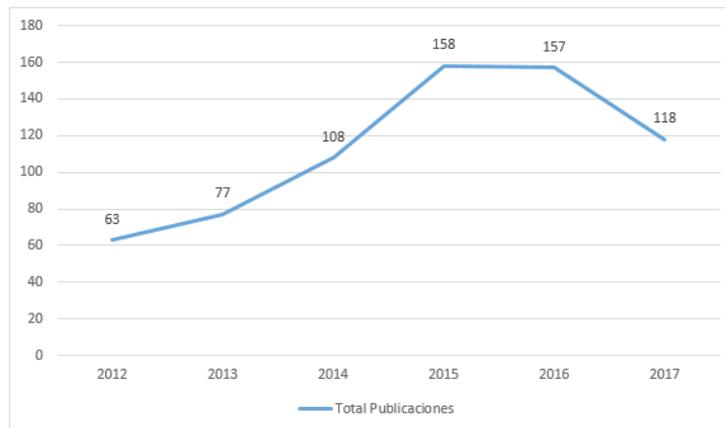
En las tablas 3, 4, 5 y 6 se presentan las principales instituciones con las que se han realizado publicaciones en co-autoría según el número de publicaciones; cantidad de citas recibidas; cantidad de conexiones de acuerdo a la red de cooperación y nivel de relevancia, respectivamente.



**Figura 3.** Red de cooperación en torno a la producción científica generada desde la USTA entre los años 2012 y 2017.

**Fuente:** elaboración propia con base en la información extraída de SciVal.<sup>12</sup>

Con el fin de identificar las instituciones más relevantes para la cooperación con la USTA, partiendo de las variables correspondientes a los datos presentados en las tablas 3, 4, 5 y 6 se proponen dos principales grupos de instituciones más relevantes para la cooperación:



**Figura 2.** Total de publicaciones realizadas por autores pertenecientes a la USTA entre los años 2012 y 2017.

**Fuente:** elaboración propia con base en los datos obtenidos de SciVal.

10. Información disponible en <http://relacionesinternacionales.usta.edu.co/index.php/internacionalizacion-usta/convenios-nacionales-e-internacionales>. Consulta realizada el 12 de marzo de 2018

11. Con corte al 21 de noviembre de 2017.

12. Disponible en: <https://onodo.org/visualizations/30902>

1. Grupo de instituciones relevantes por el impacto de la producción científica.

- a. Universidad Nacional de Colombia
- b. Universidad de Chile
- c. Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario
- d. Universidad Industrial de Santander
- e. Universidad de Concepción
- f. Universidad Autónoma de Chile
- g. Universidad San Sebastián
- h. University of Granada
- i. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- j. CSIC-UIB - Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA)

tres instituciones nacionales y el resto particularmente solo chilenas, con lo cual se evidencia, al tiempo con la debilidad en el trabajo colaborativo nacional, una gran fortaleza en el relacionamiento internacional (aunque este se encuentra centrado especialmente en un país).

Con respecto al relacionamiento formal, visto como acuerdos suscritos por medio de la ORII, para el caso de las instituciones nacionales relevantes, se destaca que solo con la UIS se tiene convenio, institución que también es relevante en la cooperación con docentes de la Facultad de Ciencias y Tecnologías. A su vez, con relación a convenios suscritos con instituciones extranjeras, se destaca que de las instituciones relevantes solamente con poco más de la mitad de ellas se tiene suscrito un convenio de cooperación, dichas instituciones son:

2. Grupo de instituciones relevantes por sus fortalezas en el relacionamiento.

- a. Universidad de Chile
- b. Pontificia Universidad Católica de Chile
- c. Universidad de Concepción
- d. Universidad Autónoma de Chile
- e. Universidad de la Frontera
- f. Universidad San Sebastián
- g. Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario
- h. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- i. Universidad Andrés Bello
- j. Universidad de Santiago de Chile

1. Universidad de Concepción
2. Universidad Autónoma de Chile
3. Universidad San Sebastián
4. University of Granada
5. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
6. Universidad Andrés Bello

Con las demás instituciones (Universidad de Chile, CSIC-UIB - Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de la Frontera y Universidad de Santiago de Chile) no se cuenta con un acuerdo de cooperación suscrito.

Se destaca que, de las instituciones más relevantes en los dos grupos establecidos, solamente hagan presencia

**Tabla 3.** Principales instituciones por cantidad de publicaciones en co-autoría.

| Institución                                   | País     | Publicaciones en coautoría |
|---|----------|----------------------------|
| Universidad Nacional de Colombia              | Colombia | 71                         |
| Universidad de Chile                          | Chile    | 50                         |
| Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario   | Colombia | 49                         |
| Universidad Industrial de Santander           | Colombia | 46                         |
| Universidad de Concepción                     | Chile    | 40                         |
| Universidad Autónoma de Chile                 | Chile    | 35                         |
| Universidad San Sebastián                     | Chile    | 33                         |
| University of Granada                         | España   | 29                         |
| Pontificia Universidad Católica de Valparaíso | Chile    | 28                         |
| Pontificia Universidad Católica de Chile      | Chile    | 27                         |

**Fuente:** elaboración propia con base en información extraída de SciVal.

**Tabla 4.** Principales instituciones por cantidad de publicaciones en co-autoría

| Institución  | País      | Citaciones por Publicaciones en coautoría |
|--|-----------|---|
| CSIC-UIB - Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA) | España    | 498                                       |
| University of California at Davis                                | USA       | 492                                       |
| CNRS Centre National de la Recherche Scientifique                | Francia   | 486                                       |
| Universite Pierre et Marie Curie                                 | Francia   | 486                                       |
| University of Western Australia                                  | Australia | 486                                       |
| University of British Columbia                                   | Canadá    | 486                                       |
| Universidad de Chile   | Chile     | 262                                       |
| Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario                      | Colombia  | 196                                       |
| Universidad Industrial de Santander                              | Colombia  | 137                                       |
| Universidad Nacional de Colombia                                 | Colombia  | 128                                       |

**Fuente:** elaboración propia con base en información extraída de SciVal.

**Tabla 5.** Principales instituciones por cantidad conexiones en la red de cooperación.

| Institución                                   | País     | Número de conexiones |
|---|----------|----------------------|
| Universidad de Chile                          | Chile    | 119                  |
| Pontificia Universidad Católica de Chile      | Chile    | 93                   |
| University of Concepción                      | Chile    | 71                   |
| Universidad Autónoma de Chile                 | Chile    | 62                   |
| Universidad de la Frontera                    | Chile    | 59                   |
| Universidad San Sebastián                     | Chile    | 56                   |
| Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario   | Colombia | 56                   |
| Pontificia Universidad Católica de Valparaíso | Chile    | 52                   |
| Universidad Nacional de Colombia              | Colombia | 50                   |
| Universidad Andrés Bello                      | Chile    | 47                   |

**Fuente:** elaboración propia con base en información extraída de SciVal.

**Tabla 6.** Principales instituciones por nivel de relevancia en la red de cooperación.

| Institución                                   | País  | Nivel de relevancia |
|---|-------|---------------------|
| Universidad de Chile                          | Chile | 0,42492845          |
| Pontificia Universidad Católica de Chile      | Chile | 0,37677884          |
| University of Concepción                      | Chile | 0,27108395          |
| Universidad Autónoma de Chile                 | Chile | 0,23282365          |
| Universidad de la Frontera                    | Chile | 0,22345561          |
| Universidad San Sebastián                     | Chile | 0,21711077          |
| Pontificia Universidad Católica de Valparaíso | Chile | 0,21399368          |
| Universidad Andrés Bello                      | Chile | 0,20696978          |
| Universidad de Santiago de Chile              | Chile | 0,18802207          |
| Universidad de Los Lagos                      | Chile | 0,18131801          |

**Fuente:** elaboración propia con base en información extraída de SciVal.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos desde la aproximación a la actividad investigativa en cooperación, con base en los productos de investigación registrados en la plataforma ScienTI, muestran la importancia que tienen las redes de contactos personales más que los institucionales en el desarrollo de la actividad científica, pues al realizar una revisión de las hojas de vida de los docentes con mayor actividad en cooperación se encuentra que son profesionales con vasta experiencia y que han mantenido vínculos activos y constantes con otras instituciones cercanas a procesos de investigación (instituciones de educación y centros de investigación). De esta forma, es válido decir que el fortalecimiento de redes profesionales y el capital relacional de los investigadores redundan en el fomento de la actividad investigativa en la carrera docente y la visibilidad de la institución.

Como resultado del análisis de la producción investigativa tanto desde el registro existente en la plataforma ScienTI como desde SciVal, se obtiene un panorama claro de la cooperación en investigación desde la institución, además de los principales países y otras instituciones, teniendo así la posibilidad de contar con un instrumento útil tanto para la evaluación de las políticas y estrategias implementadas en la institución, como para la formulación de futuros lineamientos que permitan visibilizar la actividad de los docentes y estudiantes, en forma independiente o desde los grupos de investigación.

Como planteamiento de interés para complementar la investigación propuesta o futuros ejercicios académicos, o incluso tecnocráticos, es válido el planteamiento de si el hecho de que las principales instituciones con las que se generan publicaciones conjuntas tiene alguna relación con que estos sean en las que los investigadores participan en eventos, o son en las que se realizan estudios pos-graduales; además de esto, el presente trabajo no aborda información existente en la plataforma ScienTI como

lo es el índice de cooperación y cohesión de los grupos de investigación, dato que si bien es relevante y de alta importancia, para el análisis particular que se desarrolló (dos grupos) no permitía una comparación amplia ni aprovechar dicho indicador de forma amplia; sin embargo se propone su uso en el análisis desde un contexto más amplio como podría ser la actividad de investigación por área de conocimiento, para una región particular o un grupo de instituciones de interés.

## CONCLUSIONES

Si bien la información registrada en la plataforma ScienTI de Colciencias representa un insumo valioso para la toma de decisiones con base en la cantidad de productos generados y relación con la institución, en términos de identificar la actividad en cooperación de los grupos de investigación es una herramienta deficiente y en extremo dependiente del mismo investigador para su validez en este aspecto, ya que de él depende el adecuado registro de las co-autorías.

Una vez identificada la conformación de redes de cooperación, instituciones y países con los que principalmente se lleva a cabo la generación de productos científicos, se encuentra que la fortaleza mayor para que esto se presente no es la formalización de convenios interinstitucionales sino la existencia de capital relacional directamente por parte de los investigadores, con lo cual cobra gran relevancia el apoyo a la participación en intercambios académicos, formación en el exterior así como la movilidad académica en seminarios y congresos internacionales.

De acuerdo con lo anterior, y atendiendo al título del artículo, las universidades (especialmente la USTA), pueden considerar la cooperación científica como una estrategia para la identificación y fortalecimiento de redes, vista desde la posibilidad de identificar de los vínculos personales que por medio de esta se generan; esto partiendo del principio

según el cual las instituciones de todo tipo están conformadas por personas, responsables de materializar tanto el “buen nombre” de esta como fomentar sus relaciones con el exterior. Por esto, como se indicó previamente, no solo el análisis de la cooperación académica desde los resultados de investigación sino la cooperación generada desde los ejercicios de formación y redes generadas como resultado de la participación en eventos es importante para identificar y fortalecer la actividad en cooperación.

Como resultado particular del ejercicio propuesto, se evidencia la importancia que sistemas de información como la plataforma ScienTI de Colciencias representa para las IES y demás actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, en términos de servir como herramienta para la formulación de políticas y planes de gestión de la investigación, especialmente al permitir conocer las capacidades con las que se cuenta, en términos de capital intelectual (desde los resultados de investigación), capital relacional (desde la cooperación en la que se generan los resultados de investigación) y capital humano (desde los integrantes de grupos e investigadores categorizados); ejercicio que, como se propuso previamente, puede ser aplicable en un contexto más amplio como puede ser el de la actividad de investigación por área de conocimiento, para una región particular o un grupo de instituciones de interés.

## REFERENCIAS

- [1] J. D. Romero-Betancur, “Cooperación científica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas entre los años 2011 y 2015, un acercamiento desde el Análisis de Redes Sociales (ARS)”, *Rev. Científica*, vol. 4, n.º 27, pp. 365, 2016.
- [2] R. Cowan y R. Cowan, “Network Models of Innovation and Knowledge Diffusion University of Maastricht”, *MERIT-Infonomics Res. Memo. Ser.*, n.º 16, pp. 0-29, 2004.
- [3] Á. F. Zazo Rodríguez, S. Ardinez González, y E. Castro-Martínez, “Redes de colaboración de las unidades de investigación de la Universidad de Panamá: investigación”, *Desarrollo e innovación*, vol. 26, n.º 2008, pp. 84-117, 2015.
- [4] J. Vélez Cuartas y J. Palacio, “Análisis de Redes en Colombia : expansión e irrupción en el campo global”, *Redes. Rev. Hisp. para el Análisis Redes Soc.*, vol. 25, n.º 1, pp. 68-84, 2014.
- [5] J. C. Valderrama-Zurián, G. González-Alcaide, F. J. Valderrama-Zurián, R. Aleixandre-Benavent, y A. Miguel-Dasit, “Redes de coautorías y colaboración institucional”, *Rev. Española Cardiol.*, vol. 60, n.º 2, pp. 117-130, 2007.
- [6] J. L. Soto-Ortiz y C. A. Torres-Gastelú, “Exploración de la interacción colaborativa en educación superior”, *Redes. Rev. Hisp. para el análisis redes Soc.*, vol. 26, n.º 1, pp. 76-96, 2015.
- [7] J. Sebastián, C. Díaz, M. Fernández, y R. Sancho, “Radiografía de las interacciones institucionales de cooperación académica y científica entre Argentina y España”, *Rev. Iberoam. Cienc. Tecnol. y Soc.*, vol. 6, n.º 16, 2011.
- [8] J. M. Russell, M. J. Madera Jaramillo, y S. Ainsworth, “El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica”, *Redes. Rev. Hisp. para el Análisis Redes Soc.*, vol. 17, n.º 2, pp. 39-47, 2009.
- [9] X. Polanco, “Análisis de redes: Introducción”, en *Redes de conocimiento: Construcción, dinámica y gestión*, M. Albornoz y C. Alfaraz, Eds. Buenos Aires: RICYT/CYTED/UNESCO, 2006, pp. 77-112.
- [10] B. Peyró Outeiriño, “Conectados por redes sociales: introducción al análisis de redes sociales y casos prácticos”, *Redes Rev. Hisp. para el análisis redes Soc.*, vol. 26, n.º 2, pp. 236-242, 2014.
- [11] J. E. Pérez Beltrán, G. Valerio Ureña, y L. Rodríguez-Aceves, “Análisis de redes sociales para el estudio de la producción intelectual en grupos de investigación”, *Perfiles Educ.*, vol. 37, n.º 150, pp. 124-142, 2015.

- [12] J. Owen-smith y W. W. Powell, "Knowledge Networks as Channels and Conduits : The Effects of Spillovers in the Boston Biotechnology Community", vol. 15, n.º 1, pp. 5-21, 2004.
- [13] M. E. J. Newman, "Scientific collaboration Networks: I. Network Construction and Fundamental Results", *Phys. Rev. E*, vol. 64, n.º 1, pp. 1-8, 2001.
- [14] J. L. Molina, J. M. Muñoz, y M. Domenech, "Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías", *Redes. Rev. Hisp. para el Análisis Redes Soc.*, vol. 1, n.º 3, pp. 1-15, 2002.
- [15] J. S. Katz y B. R. Martin, "What is Research Collaboration?", *Res. Policy*, vol. 26, pp. 1-18, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- [16] R. Gulati y J. L. Kellogg, "Alliances and Networks", *Strateg. Manag. J. Strat. Mgmt. J*, vol. 19, n.º 19, pp. 293-317, 1998.
- [17] A. García Hernández, "Las redes de colaboración científica y su efecto en la productividad . Un análisis", *Investig. Bibl.*, vol. 27, n.º 59, pp. 159-175, 2013.
- [18] E. M. Freitas, V. Pacheco, R. M. Karolkiewicz, y E. P. Sillas, "Cooperación Académica: Análisis de publicaciones en eventos científicos sobre enseñanza y pesquisa en contabilidad", *Rev. Educ. e Pesqui. em Contab.*, vol. 6, n.º 4, pp. 399-418, 2012.
- [19] G. Favre, J. Brailly, J. Chatellet-Irisso, y E. Lazeaga, "De la relación inter-individual a la relación inter-organizacional: un análisis de redes multinivel de un mercado de programas de televisión en África subsahariana. (Spanish)", *Redes Rev. Hisp. para el análisis redes Soc.*, vol. 23, n.º 1, pp. 113-145, 2012.
- [20] J. I. de Granda-Orive, S. Villanueva-Serrano, R. Aleixandre-Benavent, J. C. Valderrama-Zurián, A. Alonso-Arroyo, F. García Río, C. A. Jiménez Ruiz, S. Solano Reina, y G. González Alcaide, "Redes de colaboración científica internacional en tabaquismo: análisis de coautorías mediante el Science Citation Index durante el periodo 1999-2003", *Gac. Sanit.*, vol. 23, n.º 3, pp. 34-43, 2009.
- [21] A. Almero Canet, *La colaboracion interinstitucional en la producción científica española en enfermería : indicadores bibliométricos y análisis de redes sociales*, Valencia: Universidad de Valencia, 2011.
- [22] R. Aleixandre-Benavent, G. González-Alcaide, A. Alonso-Arroyo, M. Bolaños-Pizarro, L. Castelló-Cogollos, y J. C. Valderrama-Zurián, "Redes de coautorías y colaboración institucional en Farmacia Hospitalaria", *Farm. Hosp.*, vol. 32, n.º 4, pp. 226-233, 2008.
- [23] J. Echeverría, *Filosofía de la ciencia*. España: Ediciones AKAL, 1995.
- [24] M. S. Granovetter, "The Strength of Weak Ties", *Am. J. Sociol.*, vol. 78, n.º 6, pp. 1360-1380, 1973.
- [25] Colciencias, *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2015*. Bogotá D.C.: Colciencias, 2015.
- [26] Plataforma SCIENTI - Colombia , 2018. [En línea]. Disponible en: [www.colciencias.gov.co/scienti](http://www.colciencias.gov.co/scienti)
- [27] SciVal, 2018. [En línea]. Disponible en: [www.scival.com](http://www.scival.com)
- [28] Colciencias, *Modelo De Medición De Grupos De Investigación, Desarrollo Tecnológico O De Innovación Y De Reconocimiento De Investigadores Del Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología E Innovación, Año 2015*. Bogotá D.C.: Colciencias, 2017. [En línea]. Disponible en: [http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo\\_1\\_documento\\_conceptual\\_modelo\\_medicion\\_de\\_grupos\\_e\\_investigadores\\_2017\\_-\\_12\\_05\\_2017\\_protected.pdf](http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_1_documento_conceptual_modelo_medicion_de_grupos_e_investigadores_2017_-_12_05_2017_protected.pdf)





## Metodología para el cálculo de coeficientes de sustentación y arrastre en perfiles aerodinámicos simétricos aplicado a turbinas Darrieus

### Methodology for the calculation of lift and drag coefficients in symmetrical aerodynamic profiles applied to Darrieus turbines

Alejandro Rolón Ortiz<sup>1</sup> Yesenia Villamizar González<sup>2</sup> Carlos Humberto Acevedo Peñaloza<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** Rolón, H., Villamizar, Y. y Acevedo, C. (2017). Metodología para el cálculo de coeficientes de sustentación y arrastre en perfiles aerodinámicos simétricos aplicado a turbinas Darrieus. *Revista Redes de Ingeniería*, 8(2), 92-100, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12502>.

**Recibido:** 14-septiembre-2017 / **Aprobado:** 9-enero-2018

#### Resumen

Las turbinas tipo Darrieus han adquirido protagonismo como fuente de energía limpia; así, la geometría de estas, sus alabes, se enfrentan a amplios rangos de ángulos de ataque debido a su desplazamiento circunferencial. En el siguiente artículo se caracterizan los coeficientes de sustentación y arrastre para cada ángulo, partiendo de datos iniciales generados en el *software* JavaFoil; se implementó el método de extrapolación de Montgomerie para deducir los valores en ángulos de ataque posteriores al coeficiente de sustentación máximo y se comparó con datos experimentales producidos por Robert Sheldahl en los laboratorios Sandia, dando como resultado una correlación cercana entre las series de datos.

**Palabras clave:** arrastre, extrapolación de Montgomerie, sustentación, turbina Darrieus.

#### Abstract

Darrieus-type turbines have gained prominence as a source of clean energy. Due to the geometry of these turbines, their blades face wide ranges of angles of attack due to their circumferential displacement. In the following article, the coefficients of support and drag for each angle are characterized, starting from initial data generated in the software JavaFoil. The Montgomerie extrapolation method was implemented to derive the values at attack angles after the maximum lift coefficient and was compared with experimental data produced by Robert Sheldahl in the SANDIA laboratories, resulting in a close correlation between the data series.

**Keywords:** drag, Darrieus turbine, lift, Montgomerie extrapolation.

1. Ingeniero mecánico, Universidad Francisco de Paula Santander. Investigador grupo de investigación de fluidos y térmicas FLUTER. Correo electrónico: [humbertoalejandrero@ufps.edu.co](mailto:humbertoalejandrero@ufps.edu.co)
2. Ingeniera mecánica, Universidad Francisco de Paula Santander. Investigador grupo de investigación de fluidos y térmicas FLUTER. Correo electrónico: [yeseniavg@ufps.edu.co](mailto:yeseniavg@ufps.edu.co)
3. Doctor en Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Cataluña. Docente investigador del grupo de investigación en diseño mecánico GIDIMA, Universidad Francisco de Paula Santander. Correo electrónico: [carloshumbertoap@ufps.edu.co](mailto:carloshumbertoap@ufps.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son una gran solución al impacto ambiental ocasionado por los combustibles fósiles, pues es posible conseguir electricidad explotando los recursos naturales sin causar daño al medio ambiente. La energía cinética de los ríos no ha sido lo suficientemente aprovechada para producir trabajo, más allá de los antiguos molinos que solían ser usados en las granjas para moler granos no ha tenido otro uso en el transcurrir de los años. En la actualidad, se está investigando el uso de turbinas tipo Darrieus que permitan aprovechar este tipo de energía, por lo que es necesario comprender el funcionamiento y especialmente las características aerodinámicas de sus perfiles. Los modelos analíticos y matemáticos son herramientas que permiten entender los procesos físicos que comprenden a las máquinas hidráulicas, además brindan resultados precisos que ayudan a predecir con seguridad cómo se comportarán cuando estén funcionando en el mundo real.

El impeler de los rotores Darrieus está compuesto por perfiles aerodinámicos tales como los NACA, es posible encontrar datos completos de coeficientes de sustentación ( $C_L$ ) y coeficientes de arrastre ( $C_D$ ) mediante ensayos de túnel de viento; sin embargo, la mayoría de los perfiles aerodinámicos no se encuentran estudiados tan ampliamente, siendo la excepción el proyecto desarrollado por Robert Sheldahl [1].

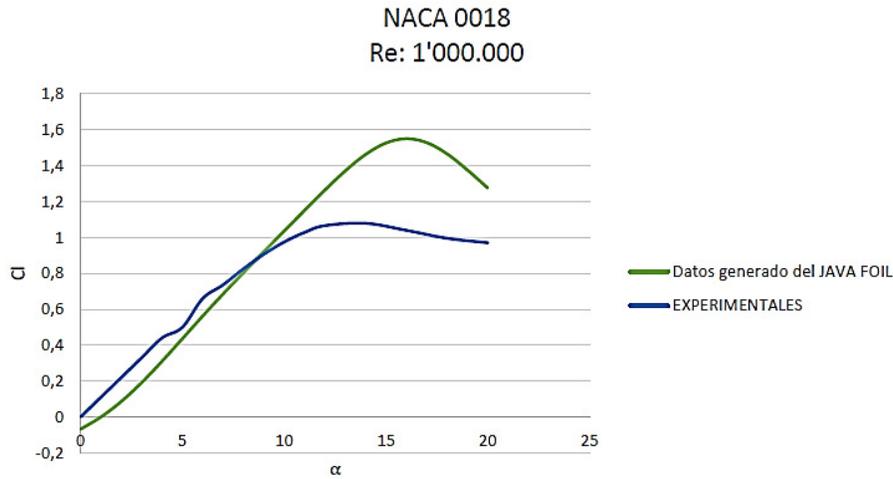
Cuando no es posible realizar ensayos experimentales se puede recurrir a métodos matemáticos como: método de vórtices (*vortex model*), modelo de cascada (*cascade model*) y modelo de momento (*momentum model*); sin embargo, son técnicas que por su fuerte contenido de mecánica de fluidos son de difícil comprensión. También se pueden realizar simulaciones CFD (del inglés *computational fluid dynamics*) para obtener estos datos, pero es un proceso tedioso debido al número de simulaciones que se deben realizar, siendo una limitante

importante la cantidad de recursos experimentales. Por otro lado, también existen programas como Xfoil, Xfr15, JavaFoil y Airfoil Tools especializados en resolver el campo de flujo en un cuerpo sumergido, siendo capaces de solucionar variables de velocidad y presión valiéndose del método de los paneles [2], [3], [4].

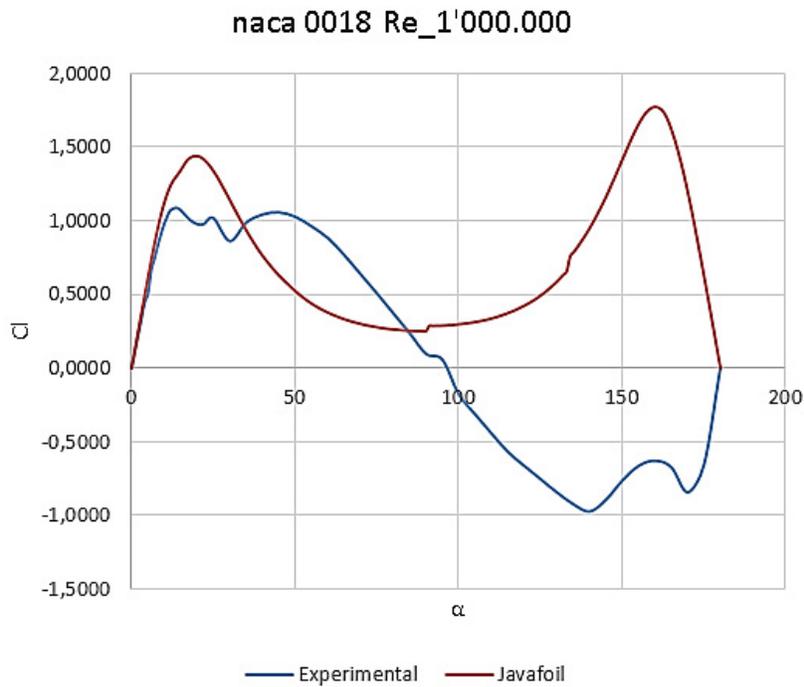
En la Figura 1 se observa la comparación entre los datos generados por JavaFoil y los datos experimentales de Sheldahl. Gracias a la similitud entre ambas series de datos, especialmente en ángulos de ataque bajos donde hay comportamiento de flujo potencial, es posible definir el *software* como apropiado; sin embargo, cuando el ángulo de ataque aumenta y la interacción entre la capa viscosa y no viscosa se hace más fuerte, el *software* tiende a perder precisión.

A medida que el ángulo de ataque aumenta el perfil, tiende a comportarse como una placa plana; las predicciones hechas por el *software* son cada vez más imprecisas como se muestra en la Figura 2, por lo tanto, los datos solo son fiables cuando el ángulo de ataque es bajo, siendo entonces este método inapropiado para estudiar turbinas tipo Darrieus.

Es necesario encontrar un modelo analítico que permita predecir el comportamiento de los perfiles aerodinámicos en amplios rangos de ángulo de ataque sin recurrir a pruebas de campo. Björn Montgomerie [5] propuso extender las gráficas de sustentación y arrastre basado en la interpolación de los comportamientos de flujo potencial y placa plana cuando se presenta pérdida aerodinámica. El modelo de extrapolación de Montgomerie se resolvió mediante un código programado en MATLAB®, cuyos resultados se validaron con las pruebas experimentales propias de Sheldahl; además de lo anterior, se generaron datos para perfiles aerodinámicos simétricos SD8020, con el objetivo de obtener el análisis correlativo en dos perfiles independientes.



**Figura 1.** Comparación entre los datos experimentales y los datos de JavaFoil.  
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 2.** Comparación entre los datos de sustentación y arrastre experimental y JavaFoil.  
**Fuente:** elaboración propia.

## MÉTODOS

La curva de  $C_L$  se crea interpolando las funciones de flujo potencial  $t(\alpha)$  y la función de pérdida de sustentación en placa plana  $s(\alpha)$ . La función  $t(\alpha)$  corresponde a una circulación de fluido donde

se pueden ignorar los efectos de vorticidad alrededor de un cuerpo determinado (que sirve para cuantificar la rotación del fluido), las líneas de flujo coinciden con el perfil aerodinámico. Esta función es lineal y se obtiene con la siguiente expresión:

$$t(\alpha) = C_L(0) + C_{L\alpha} * \alpha \quad (1)$$

Donde:

$C_L(0)$  es el coeficiente de sustentación cuando  $\alpha = 0$ .  
 $\alpha$  es el ángulo de ataque.

$C_{L\alpha}$  es la pendiente de la parte lineal de curva  $C_L$  vs  $\alpha$ .

La función  $S(\alpha)$  corresponde a la total separación de flujo de perfil, la cual genera pérdida aerodinámica y es donde el perfil empieza a comportarse como una placa plana. Para obtener esta función se utiliza la siguiente expresión:

$$S(\alpha) = A * C_{D90} * \text{Sen}(\beta) * \cos(\beta) \quad (2)$$

Donde:

$C_{D90}$  es el coeficiente de arrastre, cuando  $\alpha = 90^\circ$ . Según Montgomerie este valor, para la mayoría de los perfiles, puedes asumirse como 2. Este es el valor para una placa plana perpendicular al flujo [5]. A es la amplitud de la curva resultante que depende de la curvatura del perfil y se obtiene con la ecuación (3):

$$A = 1 + \frac{C_L(0)}{\text{sen } 45} * \text{sen}(\alpha) \quad (3)$$

$\beta$  es el ángulo de ataque modificado por los efectos de borde de ataque redondo  $\delta_1$  y de la curvatura de  $\delta_2$

$$\beta = \alpha - \delta_1 - \delta_2 \quad (4)$$

$$\delta_1 = 57.6 * C_{L90} * \text{sen}(\alpha) \quad (5)$$

$$\delta_2 = \alpha_0 * \cos(\alpha) \quad (6)$$

$C_{L90}$  es el coeficiente de sustentación, cuando  $\alpha = 90^\circ$ . Según Montgomerie, este valor para la mayoría de los perfiles puede asumirse como 0.08 [5].  
 $\alpha_0$  es el ángulo de ataque donde  $C_L = 0$ .

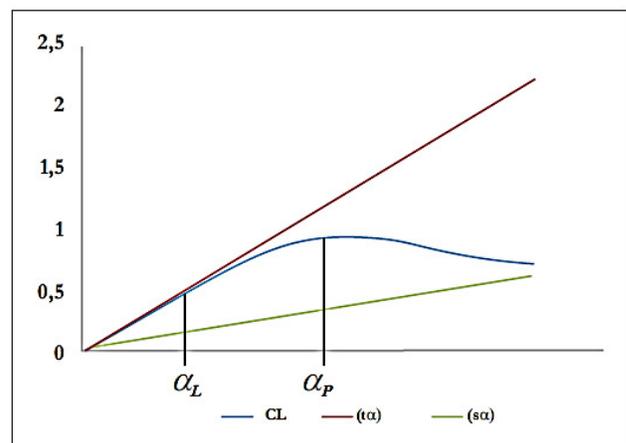
Los coeficientes de sustentación ( $C_L$ ) resultantes están dados por promedio ponderado de las funciones  $t(\alpha)$  y  $S(\alpha)$ , así:

$$C_L(\alpha) = f(\alpha) * t(\alpha) + (1 - f(\alpha)) * S(\alpha) \quad (7)$$

Según [6]:

La función  $f(\alpha)$ , puede verse como el grado de similitud entre valores de  $C_L$  reales y valores de la función  $t(\alpha)$ . En la zona lineal de  $C_L$ , el comportamiento es muy similar a la función  $t(\alpha)$ , es decir  $f(\alpha) = 1$ . Al entrar en la zona de pérdida aerodinámica el flujo en la parte superior del perfil está completamente separado del mismo y los valores de  $C_L$  comienza a alejarse de la curva  $t(\alpha)$ , entonces el valor  $f(\alpha) = 0$  y el perfil se comporta como una placa plana.

A través de las dos situaciones descritas se presenta una transición entre las funciones  $S(\alpha)$  y  $t(\alpha)$ , las cuales generan la curva de sustentación.



**Figura 3.** Interpolación entre la función de flujo potencial  $t(\alpha)$  y función de placa plana  $s(\alpha)$ .

**Fuente:** [6].

Es necesario calcular estos valores en un punto  $\alpha_p$ , lo que corresponde a la máxima sustentación o cercano a esta, y  $\alpha_L$  es el punto donde  $CL$  deja su comportamiento lineal como se puede apreciar en la Figura 3.

Para calcular la función  $f(\alpha)$  se deben usar las siguientes expresiones:

$$f = \frac{C_L(\alpha) - S(\alpha)}{t(\alpha) - S(\alpha)} \quad (8)$$

$$f = \frac{1}{1 + k\Delta\alpha^4} \quad (9)$$

Donde:

$C_L(\alpha)$  es el coeficiente de sustentación.

$S(\alpha)$  es la función de placa plana.

$t(\alpha)$  es la función de flujo potencial.

$k$  es la constante que depende  $\alpha_p$ , se determina con la siguiente ecuación (10):

$$k = \left(\frac{1}{f_p} - 1\right) * \frac{1}{(\alpha_p - \alpha_L)^4} \quad (10)$$

$\alpha_L$  es el punto donde  $C_L$  deja su comportamiento lineal.

$\Delta\alpha$  es la diferencia  $\alpha_L$  y  $\alpha$ . En este trayecto es donde se quiere hallar  $C_L$ .

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_L \quad (11)$$

## RESULTADOS

Para obtener los datos característicos de un perfil en particular (NACA caso de estudio), se emplea el *software* JavaFoil desarrollado por Martin Hepperle como herramienta de análisis aerodinámico escrito en código Java. En la Figura 4 y la Figura 5 se obtienen los datos iniciales de  $C_L$  y  $C_D$  generados por JavaFoil.

Después de obtener los datos iniciales del perfil, se procede a realizar la extrapolación de las curvas mediante un código compilado en MATLAB® como se muestra en la Figura 6.

Se comparan los datos experimentales con los valores generados en el código hecho con el procedimiento anterior —que se representan con la línea verde— y los tomados de las pruebas de túnel de viento realizadas por Sheldahl y Klimas [1] —que se representa con la línea amarilla—.

Teniendo los datos obtenidos se puede proceder con el estudio de la turbina por el método de doble múltiple tubos de corriente [7], [8].

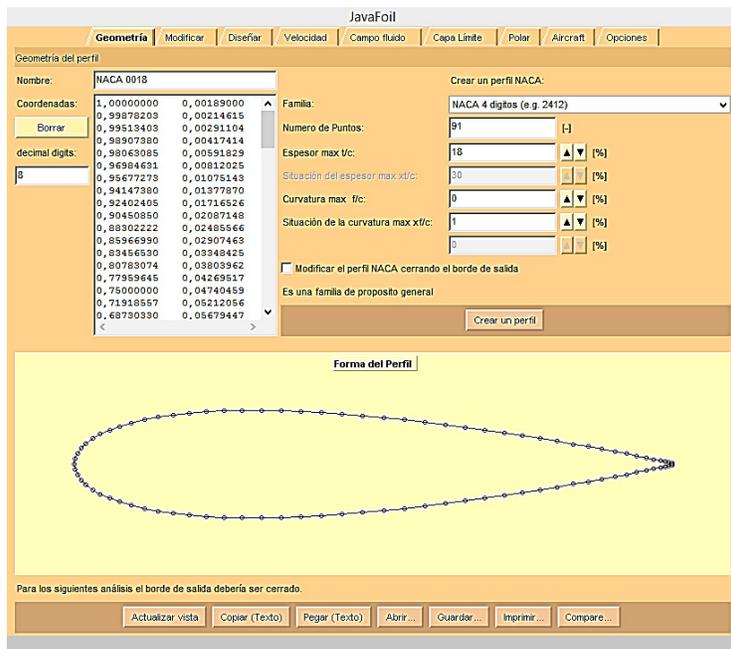


Figura 4. Obtención de coeficientes de sustentación y arrastre mediante JavaFoil.

Fuente: elaboración propia.

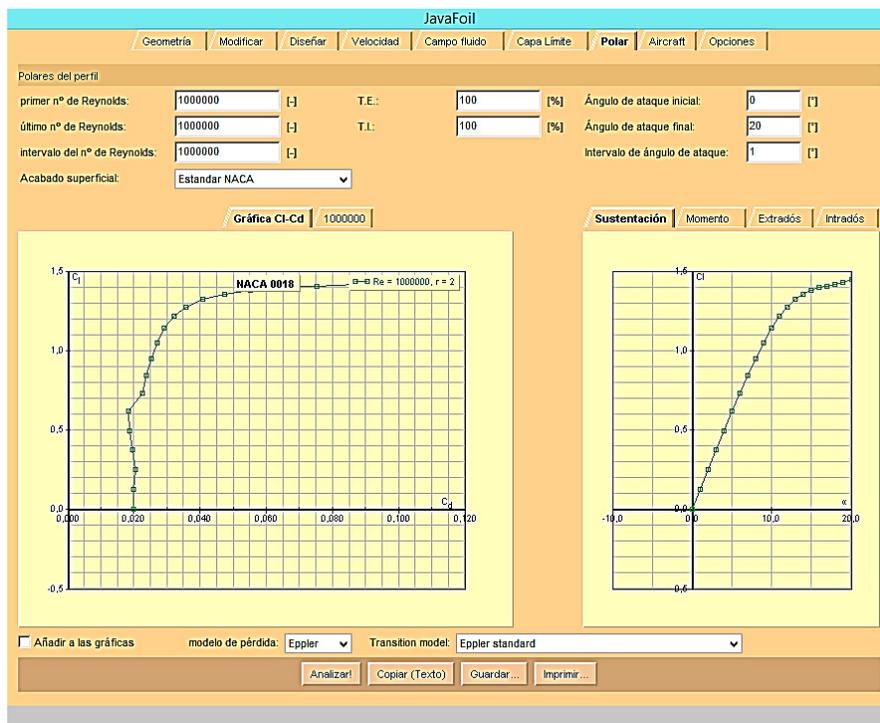


Figura 5. Curva de CL/CD y CL a partir de JavaFoil.

Fuente: elaboración propia.

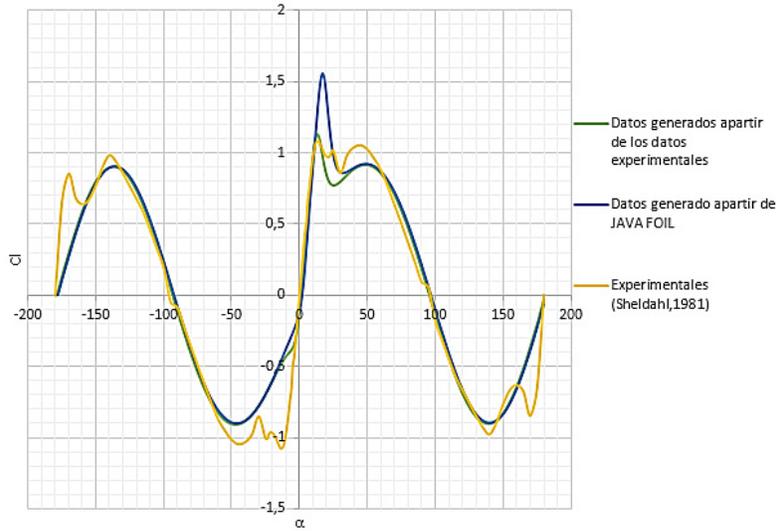
```

176 - c=0.25;
177 - L=3;
178 - AR=L/c;
179
180 - Alpha_P=Cl(pos,1); %donde C_L es maxima
181 - % if j==r
182 - %   Alpha_Lineal=Alpha_P-2
183 - % end
184 - Alpha_Lineal=Cl(j-1,1) %Angulo donde C_L deja de ser lineal
185 - % Alpha_0=Cl(find(x==0),1); %Angulo de ataque donde C_L = 0
186 - Alpha_0=interp1(Cl(:,2),Cl(:,1),0)
187 - DELTA_Alpha_p=Alpha_P-Alpha_Lineal;
188 - C_L_Alpha_P=Cl(pos,2); %Cl en Alpha p
189 - C_L0=Cl(x==0,2); %C_L en Alpha= 0°
190 - % C_D_90= 1.11 + 0.018*AR;
191 - C_D_90=1.8;
192 - C_L_90=0.08;
193 - A_P=1+((C_L0/sind(45))*sind(Alpha_P));
194 - Sigma_1p=57.6*sind(Alpha_P)*C_L_90;
195 - Sigma_2p=Alpha_0*cosd(Alpha_P);
196 - Beta_p=Alpha_P-Sigma_1p-Sigma_2p;
197 - SAlpha_P=A_P*C_D_90*sind(Beta_p)*cosd(Beta_p);
198 - sinalph=sind(Alpha(q));
199 - cosalph=cosd(Alpha(q));
200
201

```

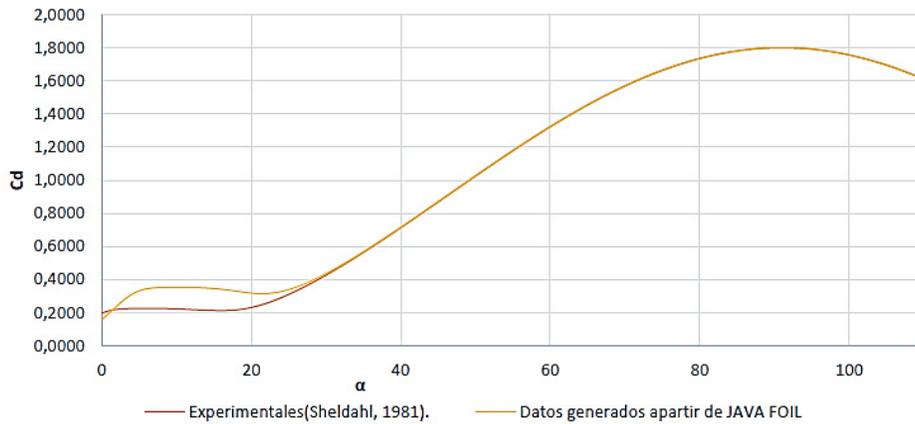
Figura 6. Código para la extrapolación de Montgomerie en MATLAB®.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Comparación entre los datos generados por el código JavaFoil, los datos experimentales contra datos experimentales para NACA0018 y Re 1'000.000.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 8.** Comparación entre los datos generados por JavaFoil contra datos experimentales para NACA0018 y Re 1'000.000.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 9.** Comportamiento aerodinámico perfil SD8020 (coeficiente de sustentación).

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 10.** Comportamiento aerodinámico perfil SD8020 coeficiente de arrastre.

**Fuente:** elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 7, existe buena similitud entre el comportamiento aerodinámico del perfil NACA0018 generado a partir de los datos obtenidos por el software JavaFoil y los de la fuente experimental.

Según lo enunciado en la teoría, es necesario calcular el punto donde el coeficiente de sustentación es máximo, lo anterior con el fin de calcular la función de interpolación; es ahí donde los datos de entrada generados por JavaFoil muestran una marcada diferencia con los experimentales, diferenciándose el punto de coeficiente de sustentación máximo entre ambos métodos en 30%. Cabe resaltar que a medida que el ángulo de ataque aumenta, los datos tienden a converger. Se obtiene una buena correlación a partir de 30°.

En la Figura 8, el coeficiente de arrastre presenta una tendencia similar durante todo el comportamiento, entre los datos del caso experimental y los datos generados, sin tener diferencias relevantes.

En la Figuras 9 y la Figura 10 se muestran los datos generados para el perfil SD8020, estos datos serán para el estudio de una turbina hidrocínética tipo Darrieus por el método del DMS.

## CONCLUSIONES

La extensión de las curvas de sustentación y arrastre a través del método de extrapolación de Montgomerie demostró ser un procedimiento fiable, sin embargo, depende de una entrada de datos lo más aproximada a la experimental para que los datos generados sean más cercanos a la realidad. Las mayores diferencias entre los perfiles se encuentran en la gráfica de sustentación, pues en la de arrastre se encuentra gran similitud.

Para perfiles simétricos sometidos a un régimen de flujo de Reynolds que van desde 500.000 en adelante se recomienda usar valores de  $C_L$  en un rango de ángulo de ataque (0°-18°), esto para poder ver el punto máximo de sustentación de la curva. Sin embargo, para Reynolds menores de 15000 es complicado generar curvas de  $C_L$  y  $C_D$  debido a que el flujo tiene un comportamiento laminar, siendo el ángulo de ataque máximo alrededor de 50°.

## REFERENCIAS

- [1] R. E. Sheldahl and P. C. Klimas, *Aerodynamic characteristics of seven symmetrical airfoil sections through 180-degree angle of attack for use in aerodynamic analysis of vertical axis wind turbines*. Nuevo México: Sandia National Laboratories Report, 1981.

- [2] Xflr5 Tool for airfoils. Consultado en enero de 2017, [En línea]. Disponible en: <http://xflr5.sourceforge.net/xflr5.htm>
- [3] JavaFoil Analysis of airfoil. Consultado en enero de 2017, [En línea]. Disponible en: <http://www.mhaerotools.de/airfoils/javafoil.htm>
- [4] Airfoiltools Airfoil Tools Analysis. Consultado en enero de 2017, [En línea]. Disponible en: <http://airfoiltools.com/>
- [5] B. Montgomerie, *Methods for root effects, tip effects and extending the angle of attack range to  $\pm 180^\circ$  to  $\pm 180^\circ$ , with applications to aerodynamics for blades on wind turbines and propellers*. Suecia: Swedish Defence Research Agency, 2004.
- [6] M. Mejía, L. E. García y M. A. Gutiérrez. "Metodología de obtención de los coeficientes de sustentación y arrastre para un rango amplio de números de Reynolds y ángulos de ataque para aplicaciones en turbinas eólicas". *Avances: investigación en ingeniería*, vol.13, pp. 53-60, 2010.
- [7] B. Kirke. *Evaluation of self-starting vertical axis wind turbines for stand-alone applications*, tesis PhD, Universidad Griffith, School of Engineering, Australia, 1998.
- [8] I. Paraschivoiu. *Wind Turbine Design with Emphasis on Darrieus Concept*, 4<sup>a</sup> ed. Canada: Polytechnic International Press, 2002





## Modelo de desinfoxicación para el proceso de enseñanza-aprendizaje

### Desinfoxicación model for the teaching-learning process

Luis Eduardo Baquero Rey<sup>1</sup> Celio Gil Aros<sup>2</sup> Miguel A. Hernández Bejarano<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** Baquero, L., Gil, C., y Hernández, M. (2017). Modelo de desinfoxicación para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Redes de Ingeniería*, 8(2), 101-109, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.11760>.

**Recibido:** 17-marzo-2017 / **Aprobado:** 22-febrero-2018

#### Resumen

Se ilustra el proceso mediante el cual se diseñó, implementó y validó el modelo de desinfoxicación que surge de la necesidad de reducir el exceso de información al cual se ven abocados tanto estudiantes como docentes en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. La herramienta diseñada (prototipo) permite identificar, seleccionar y organizar de manera efectiva el acceso a la información, a través del modelo de Análisis Semántico Latente (LSA). En la Fase I del proyecto denominado: "Sistema de desinfoxicación y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje al interior de un espacio académico-FASE I", se realizaron algunas pruebas a través de la aplicación del instrumento que permitió conocer cómo los estudiantes mitigan el exceso de información (realizan sus propios filtros). En el Proyecto "Sistema de búsqueda inteligente de información basado en desinfoxicación, se describe el método y la técnica que analiza detalladamente la forma y estudia las propiedades del significado de las palabras utilizadas de una manera sistemática y objetiva. Como resultado inicial se tiene como producto de apropiación social del conocimiento una primera versión del prototipo, el cual permite que el usuario (estudiante o docente) agrupe todos los archivos PDF, relacionados con un tema específico.

**Palabras clave:** alfabetización informacional y digitales, Análisis Semántico Latente (LSA), búsqueda inteligente, infoxicación, modelos de conocimiento, TIC, Web Semántica.

#### Abstract

The process by means of which was designed, implemented and validated the deinfoxication model that arises from the need to reduce the excess of information to which both students and teachers are engaged in the Teaching-Learning process. The designed tool (prototype) allows to identify, select and organize access to information effectively, through the Latent Semantic Analysis (LSA) model. In Phase I of the project called: "Deinfoxication system and its impact on the teaching-learning process within an academic space-PHASE I", some tests were carried out through the application of the instrument that allowed knowing how the students they mitigate the excess of information (they make their own filters). In the Project "Intelligent information search system based on deinfoxication, the method and technique that analyzes in detail the form and studies the properties of the meaning of the words used in a systematic and objective manner is described. As an initial result we have as a product of social

1. Magíster en Seguridad Informática, Universidad Internacional de la Rioja, España. Correo electrónico: lebaqueror@libertadores.edu.co

2. Magíster en Software Libre, Universidad Oberta de Cataluña, España. Correo electrónico: cgila@libertadores.edu.co

3. Magíster en Ingeniería de Software, Universidad Internacional de la Rioja, España. Correo electrónico: mhernandezb@libertadores.edu.co

appropriation of knowledge a first version of the prototype, which allows the user (student or teacher) to group all the PDF files related to a specific topic.

**Keywords:** infoxication, informational and digital literacy, intelligent search, knowledge models, Semantic Latent Analysis (LSA), Semantic Web, TIC.

## INTRODUCCIÓN

El gran avance tecnológico y científico del último siglo ha generado una explosión en el volumen de conocimientos que circulan a través de las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). La infoxicación [11] es entendida como sobrecarga, exceso o saturación de información, además es una consecuencia de este fenómeno tan característico de la sociedad contemporánea. El término sobrecarga informativa (en inglés, *information overload*) fue acuñado por Alvin Toffler en su libro *El shock del Futuro* y su equivalente infoxicación es el resultado de la combinación de las palabras información e intoxicación, el cual fue creado por el experto en comunicación Alfons Cornella. Según el profesor no se trata de absorber o acumular toda la información que nos llega, sino de saberla procesar y gestionarla. [12] y [13] señalan que el exceso de información no es exclusivo de un contexto personal, sino que también se observa en otros ámbitos tales como el educativo; en él resulta cotidiano que los estudiantes recurran a la utilización de Internet como principal fuente de información para la elaboración de trabajos, investigación y otras actividades.

## DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La infoxicación o saturación de información [1] con la que se cuenta en la actualidad, demuestra que diariamente se reciben datos y noticias provenientes de los diferentes medios de comunicación tales como: empresas, webs, blogs, instituciones y de todo nodo que requiera informar o divulgar algo. De esta manera se generan una gran variedad de contenidos los cuales pueden contener diversos

formatos y estar codificados de acuerdo a las necesidades puntuales; asimismo, la cantidad de fuentes de información crecen exponencialmente y hacen que la información que llega puede ser real o no dependiendo de las necesidades reales de las personas que busquen la información.

Así, cada vez es más complicado gestionar la gran cantidad de información existente, hasta el punto de generar en ocasiones confusiones, dando lugar a posibles procesos psicológicos [2][3] no deseados tales como ansiedad, angustia, stress, que resultan prejudicial afectando el rendimiento personal y que se engloban en un nuevo fenómeno denominado infoxicación, proveniente de la sobrecarga informativa que recibe el usuario de las herramientas tecnológicas [4][5].

## De la formulación del problema

Se planteó el siguiente interrogante: ¿Cómo desarrollar un modelo de desinfoxicación aplicable al proceso Enseñanza-Aprendizaje?

### *Contexto educativo*

En cualquier contexto educativo un cuadro de angustia podría devenir en la búsqueda de pensamiento verdaderamente crítico sobre una temática determinada, en donde la respuesta individual difícilmente puede ser encontrada en cualquier buscador. Y aunque el estudiante pueda recurrir a una situación de plagio, el docente puede valerse de herramientas tecnológicas que se encuentran a su disposición para identificar dichas circunstancias en Internet, por ejemplo la aplicación Plagium.com, para que las fuentes sean detectadas de manera automática [14]; este mismo escenario puede generar angustia hacia los docentes que se encuentran migrando a la digitalidad, dado que los nuevos modelos de competencias solicitan precisamente que se tengan conocimientos sobre las herramientas tecnológicas, el uso de la información y la selección de la misma.

Según Alfons Corella [6] tenemos que dividir la información que recibimos en tres ítems:

- Información fatal, es información que no nos interesa ya que no tiene relación con los temas que trabajamos.
- Información interesante, es aquella información que en algún momento puede llegar a interesarnos.
- Información realmente útil, información que no podemos dejar de recibir.

Según Elmore [15] es necesario reinventar un nuevo modelo educativo que responda a las siguientes preguntas: ¿qué es aprender, qué es enseñar y qué es conocimiento válido en la nueva sociedad? Lo que implica definir los resultados de ese aprendizaje y cómo se organiza en la nueva sociedad la relación entre el aprendizaje (¿cómo y dónde se aprende hoy?) y el conocimiento (¿qué conocimiento se debe distribuir? ¿con qué profundidad?). En este sentido, Aguerondo [16] de la Escuela Inteligente, en el marco de la gestión del conocimiento, plantea dos modelos de conocimiento que se ilustran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Modelos de conocimiento.

| Paradigma tradicional  | Paradigma del tercer milenio   |
|--|--|
| Su objetivo es desarrollar teoría.   | Su objetivo es resolver problemas (usando teorías).                                  |
| El nuevo conocimiento revierte en la comunidad científica.                             | El nuevo conocimiento revierte en la sociedad.                                       |
| Enfoca los problemas de la realidad segmentándolos.                                    | Enfoca los problemas desde la necesidad de su resolución, mezclando disciplinas.     |
| No se compromete con la acción.  | Se compromete con la acción.   |
| El criterio de verificación es la lógica de la experimentación (¿explica el problema?) | El criterio de verificación es la lógica de la efectividad (¿resuelve el problema?). |

Fuente: [16]

A partir de lo expuesto en el ítem anterior, las propuestas de enseñanza y aprendizaje en el marco de la sociedad del conocimiento [7][8], deberán integrar un sistema educativo cuyo objetivo sean las operaciones de pensamiento, pero no en el marco del pensamiento lógico tradicional, sino dentro de un modelo donde las operaciones de pensamiento puedan expresarse en competencias de acción, que sean competencias complejas en las que se mezcla el conocimiento abstracto con el experiencial, al que definimos como pensamiento tecnológico [16].

### ***El aprendizaje de las competencias informacionales y digitales***

Según Area y Guarro [17], los principios y las dimensiones implicadas en el aprendizaje, adquisición y desarrollo de las competencias informacionales y digitales se describen en la Figura 1.

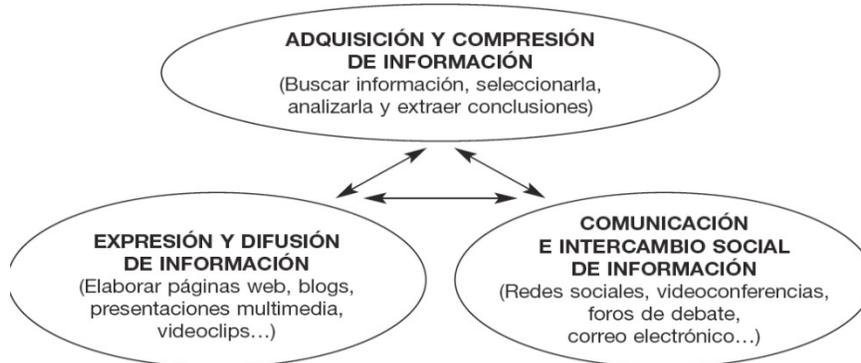
Estas dimensiones se proyectan en tres ámbitos de aprendizaje [17] que debieran ser desarrollados en todo proyecto educativo de alfabetización en competencias informacionales y digitales a lo largo de la vida de un sujeto, sea desde la educación infantil hasta la educación superior, Figura 2. [17] definen los ámbitos de aprendizaje en:

- *Aprender a localizar, buscar y comprender la información* empleando para esto todos los tipos de recursos y herramientas (libros, ordenadores, Internet, tabletas, etc.);
- *Aprender a expresarse a través de distintos tipos de lenguajes, formas simbólicas y tecnologías* y, en consecuencia, saber difundir públicamente las ideas propias sea mediante presentaciones multimedia, blogs, wikis o cualquier otro recursos digital, y
- *Aprender a interactuar socialmente* con otras personas a través de los recursos de la red (email, foros, redes sociales, videoconferencias, etc.).

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| DIMENSIÓN INSTRUMENTAL | Saber acceder y buscar información en distintos tipos de medios, tecnologías, bases de datos o bibliotecas.               | Adquirir las habilidades instrumentales para emplear cualquier tipo de medio (impresos, audiovisuales, digitales) y uso de los recursos de búsqueda.                         |
| DIMENSIÓN COGNITIVA    | Saber transformar la información en conocimiento (habilidades de selección, análisis, comparación, aplicación, etc.).     | Dominar los conceptos y estrategias para plantear problemas, analizar e interpretar con significado la información.  |
| DIMENSIÓN COMUNICATIVA | Saber expresarse y comunicarse a través de múltiples lenguajes y medios tecnológicos.                                     | Tener las habilidades y conocimientos para crear documentos textuales, hipertextuales, audiovisuales, y multimedia, así como saber interactuar con otros en redes digitales. |
| DIMENSIÓN AXIOLÓGICA   | Saber usar ética y democráticamente la información.   | Asumir e interiorizar actitudes y valores éticos sobre la información y la comunicación.   |
| DIMENSIÓN EMOCIONAL    | Saber disfrutar y controlar las emociones de forma equilibrada con las TIC desarrollando conductas socialmente positivas. | Adquirir y desarrollar la capacidad de control de emociones negativas y de adicción hacia las TIC y de desarrollo de la empatía a través espacios virtuales.                 |

**Figura 1.** Dimensiones competencia Informacional y digital.

Fuente: [17].



**Figura 2.** Ámbitos de aprendizaje de las competencias informacionales y digitales.

Fuente: [17].

## METODOLOGÍA

En el proyecto denominado: “Sistema de desinfoxicación y su impacto en el proceso de enseñanza–aprendizaje al interior de un espacio académico–FASE I”, en su etapa preliminar se realizaron algunas pruebas a través de la aplicación de una encuesta para mostrar la forma en que los estudiantes mitigan el exceso de información, además se describieron las estrategias que

se usan para reducir la condición de exceso de información. Esto permitió la tabulación de los datos donde se refleja que los estudiantes realizan sus propios filtros y, además, que prefieren la omisión de mucha de la información dentro de sus trabajos. Lo más importante es que muestra la sensación que se percibe a nivel general, frente a la frustración y confusión que el estudiante tiene cuando se enfrenta a la gran cantidad de información que hay en la red.

Como una segunda fase, se plantea la construcción de un sistema de búsqueda inteligente de información basado en desinfoxicación; es decir es una técnica que analiza detalladamente la forma y estudia las propiedades del significado de las palabras utilizadas de una manera sistemática y objetiva. Para realizar esta actividad se aplicara el prototipo de desinfoxicación desarrollado en la FASE I, posteriormente se diseñará y construirá el sistema de búsqueda inteligente basado en desinfoxicación.

La construcción del modelo propuesto corresponde a un sumario dinámico de investigación la cual comprende tres fases:

### 1) Revisión y análisis de antecedentes

En esta primera fase se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión del marco teórico. Esta revisión ya se realizó.
- Revisión y análisis de procesos de filtro de información. Fueron analizados los diferentes buscadores existentes en la Web.

### 2) Definición de las estrategias para reducir el exceso de información

En esta fase se definieron las diferentes estrategias que permitieron reducir el exceso de información.

### 3) Validación del modelo

Del producto obtenido en la FASE I se procederá a validar el prototipo de desinfoxicación desarrollado, para lo cual se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Definición de la metodología de ingeniería de Software OpenUP/Basic.
- Formulación: se identifican las metas y los objetivos del prototipo, consolidando los requerimientos de este.

- Planificación: se estiman los riesgos asociados con el esfuerzo y la planificación del desarrollo del modelo, generando de esta manera un derrotero de actividades para cada requerimiento.
- Implementación: con el resultado del diseño se procede a la implementación del modelo en términos de componentes, es decir: archivos de código fuente, scripts, archivos de código binario, ejecutables y similares que se unen para generar la aplicación completa.
- Pruebas: se procede a formular un plan de pruebas con el fin de verificar que cada uno de los requerimientos de usuario se desarrollaron y estén generando los datos pertinentes, pruebas que van a producir una aprobación o en su defecto un nueva etapa de desarrollo que obligue a entregar un producto de calidad.

Teniendo todos los instrumentos listos y aprobados se pasa a la etapa experimental, en la cual se van a seguir las siguientes actividades:

- Definición de población: escogencia del grupo de trabajo (Grupo de programación estructurada).
- Captura de datos: un mes a partir del inicio de periodo académico.
- Evaluación continua: se trabaja con una técnica que se denomina seguimiento de clics, la cual permite saber qué hace el estudiante desde que ingresa hasta que sale, capturando tiempos, clics, comentarios, etc., los cuales servirán para realizar la evaluación del proceso.
- Análisis: con la información capturada se evaluará el impacto que el sistema generó en el aprendizaje de los estudiantes, de esta manera la variable dependiente es el aprendizaje, medida a partir de un *postest* que va a permitir identificar el avance en la construcción de un concepto. Esta información se va a contrastar con el proceso de avance de cada estudiante, verificando que las personas que menos interacción tuvieron pueden ser los que tienen menor nivel de aprendizaje (hipótesis nula) y

de esta manera definir el impacto que el software tiene en el proceso. Para tal efecto se va a trabajar con un análisis de medias para cada estudiante con el fin de realizar el análisis de la población correspondiente. Adicional a esto se hará un análisis T-Student como test de localización con el fin de poder determinar el avance en el aprendizaje.

- Conclusiones y recomendaciones: generar las conclusiones y justificaciones necesarias.
- Creación de publicaciones y socialización de los resultados: escritura de publicaciones y procesos para dar a conocer la investigación a la comunidad universitaria e investigativa.

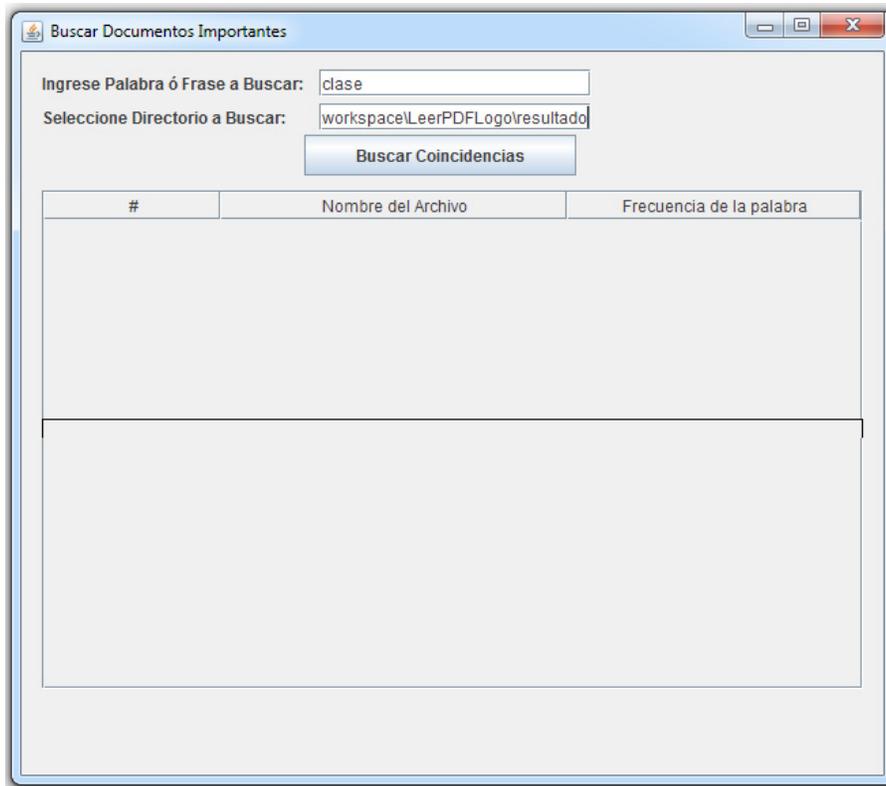
## RESULTADOS

Como resultados iniciales se tiene como producto de apropiación social del conocimiento una primera versión del prototipo, tal como se muestra en la Figura 3.

Lo primero que el usuario (estudiante o docente), que desea hacer uso de esta aplicación debe hacer es agrupar o copiar todos los archivos PDF, en los cuales desea realizar la consulta de un tema específico. Tal como se puede observar en la Figura 3, donde se tienen archivos en los cuales se va consultar.

A continuación se pulsa click en la caja de texto, a fin de seleccionar el directorio a buscar; así aparece una nueva ventana para buscar el directorio en el cual se almacenaron los archivos de PDF.

Ya ingresada la palabra y establecido donde están guardado los archivo PDF, se da click en el botón buscar coincidencias y un momento después se visualizan el número la palabra a buscar en cada uno de los archivos ordenado de forma descendente, tal como se observa en la Figura 4.



**Figura 3.** Palabra clave y ubicación de los archivos.

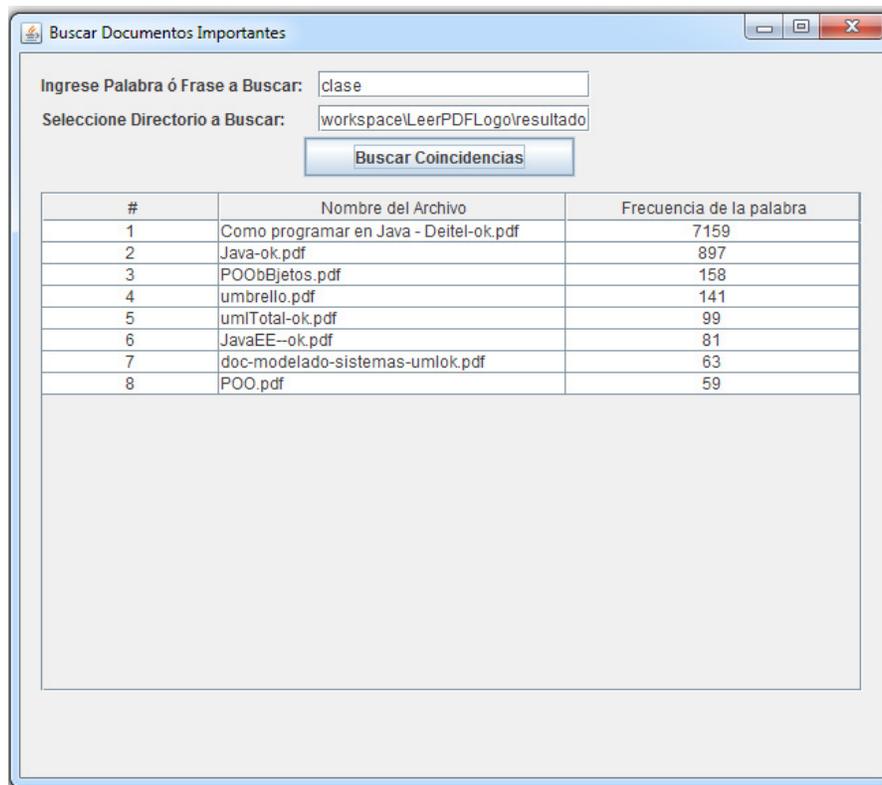


Figura 4. Frecuencia por taxonomías en la búsqueda.

Para el conocimiento y manejo completo de esta herramienta se recomienda acudir al manual del usuario.

## DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la situación planteada y el desarrollo del prototipo, así como las pruebas realizadas, se hace necesario realizar algunos ajustes al modelo inicialmente propuesto, con el fin de integrarle nuevas funcionalidades y formatos de documentos fuente que puedan en determinado momento ser necesarios para el quehacer investigativo. Esta actualización supone lo propio en la documentación respectiva.

## CONCLUSIONES

El ejercicio realizado en el programa de ingeniería de sistemas permitió crear un modelo y así reducir

el exceso de información al cual se ven abocados tanto estudiantes como docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. También, permitirá medir el impacto del modelo de desinforización en el espacio académico: programación estructurada.

La herramienta diseñada (prototipo) permite identificar, seleccionar y organizar de manera efectiva el acceso a la información, a través del modelo de Análisis Semántico Latente (LSA). Utilizando técnicas de Ingeniería de Software avanzadas [9] (OpenUP/Basic), así como de algoritmos especializados y basados en la investigación preliminar propuesta, se desarrolló un primer prototipo de modelo de desinforización para el proceso enseñanza-aprendizaje que se validará mediante la aplicación de los instrumentos diseñados para tal fin. En una etapa posterior será posible la realización de algunos ajustes necesarios al modelo propuesto.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se han podido identificar oportunidades tecnológicas asociadas a cualquier programa académico y desarrollar proyectos que permitan llevar a cabo diagnósticos de capacidades en el entorno [10], en procura de fortalecer y realizar un análisis más amplio en la temática que ayudaría a generar nuevos conocimientos.

Para futuros desarrollos se sugiere utilizar mapeo semántico, metadatos y Big Data aplicables a los modelos de inteligencia de negocios.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo hace parte de un producto de investigación del proyecto “Sistema de desintoxicación y su impacto en el proceso de enseñanza–aprendizaje al interior de un espacio académico–FASE I”, presentado en la convocatoria de investigación 2014-04914, financiado con recursos internos de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

## REFERENCIAS

[1] Marquina, J., *Internet como vía laboral de los profesionales de la información y la documentación*, 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.julianmarquina.es/category/información>

[2] Quesada, P. y Trujano, P., *Infoxicación, Angustia, Ansiedad y Web Semántica*. Razón y Palabra, Ciudad de México, 2015.

[3] Mena, M., *Herramientas contra la infoxicación en los Social Media: los “Content Curators”*, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://ambitoscomunicacion.com/2014/herramientas-contra-la-infoxicación-en-los-social-media-los-content-curators/>

[4] Urbano, C. “Algunas reflexiones a propósito de la ‘infoxicación’”, *Anuario ThinkEPI*, v. 4, 2010, pp. 304-308.

[5] Benito-Ruiz, E., Infoxicación 2.0. En Thomas, M. (ed.) *Handbook of Research on Web 2.0 and Second Handbook of Research on Web 2.0 and Second Language Learning*.

Pennsylvania: IGO-InfoSci, p. 60-79, 2009. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-190-2.ch004>

[6] Cornella, A., *Como sobrevivir a la infoxicación*, 1999-2000. [En línea]. Disponible en: [http://www.infonomia.com/img/pdf/sobrevivir\\_infoxicación.pdf](http://www.infonomia.com/img/pdf/sobrevivir_infoxicación.pdf)

[7] Martínez G., F. y Acosta, Y., *Integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la universidad: diez propuestas de aprendizaje*, Revista Mediterránea de comunicación, Alicante, 2011.

[8] Uribe-Tirado, A., Arroyave Palacio, M. y Ramírez Marín, G. J. y Pineda G., M. y Valde-rama M., Á. M. y Preciado, J. F., *Acceso, conocimiento y uso de Internet en la universidad. Modelo de diagnóstico y caracterización: Caso Universidad de Antioquia*, Revista Interamericana de Bibliotecología, Medellín, 2008.

[9] Pressman, R., *Ingeniería de Software, Un Enfoque Práctico*. Sexta Edición. Barcelona: Editorial McGraw-Hill, 2008.

[10] Martínez, L., *Como buscar y usar información científica*, Universidad de Cantabria, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/7302/FORMATO%20IEEE1.pdf>

[11] Tofler, A. *El shock del futuro*, Penguin Random House Grupo Editorial, USA, 1970.

[12] Ling, R. 2007, *New Tech, New Ties: How mobile communication is reshaping social cohesion*. Cambridge: The MIT Press.

[13] García & Fabila, 2014, *Nomofilia vs. Nomofobia, Irrupción del teléfono móvil en las dimensiones de vida de los jóvenes. Un tema pendiente para los estudios en comunicación*. Razón y Palabra, [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199530728048>

[14] Plagium, 2015. *Plagiarism Checker and Plagiarism detection*. [En línea]. Disponible en: <http://www.plagium.com/>. <https://doi.org/10.3989/redc.2012.mono.977>

[15] Elmore (1990) *Revista Española de Documentación Científica*, No. 46-74, 2012.

ISSN: 0210-0614. DOI: 10.3989/redc.2012.mono.977

- [16] Aguerro, I. (2009). *La escuela inteligente en el marco de la gestión del conocimiento*. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1794/179414895004.pdf>
- [17] Area, M., Guarro, A. La alfabetización informacional y digital: fundamentos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje competente. [En línea]. Disponible en: <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/download/744/825>, 2012.

