

Modelo de sistema de información para apoyar la gestión ambiental proactiva en PyMEs

FECHA DE RECEPCIÓN: 9 de agosto
FECHA DE APROBACIÓN:
Pp. 116-135

Ismael Santiago Mejía S.*
José Ismael Peña R.**
Carlos Eduardo Moreno M.***

*Information system model
to support proactive
environmental management
in SME*

*Modèle de système
d'information mis en place
pour une gestion efficace de
l'environnement des PME.*

*Modelo de sistema de informação
para apoiar a gestão ambiental
proactiva em PME*

* *Docente ocasional. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industria. Estudiante de último semestre de Maestría en Ingeniería Industrial. Experiencia en investigación en el Grupo de Investigación en Gestión y Organizaciones – GRIEGO- dentro de la línea de investigación en sistemas de información.*

***Profesor Asociado / Dedicación Exclusiva. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. jipenar@unal.edu.co*
Doctor en Ciencias de Gestión - Sistemas de Información, Universidad de Grenoble. Francia. Tesis Summa Cum-Laude. Master (Investigación) en Sistemas de Información y Organización. Universidad de Grenoble, Francia. Master Europeo MATIS Gerencia de Sistemas de Información, Universidad de Ginebra, Suiza. Especialización en Filosofía de la ciencia. Especialización en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje Autónomo. Ingeniero de sistemas de la Universidad Nacional de Colombia

****Profesor Asociado / Dedicación Exclusiva. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industria. Doctor en Ciencias del Medio Ambiente (Política Ambiental y Procesos Democráticos) del Colegio de Ciencias Ambientales y Forestales de la Universidad del Estado de Nueva York y la Universidad de Syracuse, en Syracuse, Estados Unidos (2004). Especialista en Ingeniería Ambiental (1999) e Ingeniero Industrial (1995) de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.*

RESUMEN

En muchas empresas de manufactura, principalmente en las pequeñas y medianas (PYMES), la gestión ambiental se caracteriza por buscar sólo el cumplimiento de la normatividad ambiental. Sin embargo, se han propuesto conceptos como el de gestión ambiental proactiva (GAP). Según la teoría de la Visión Basada en Recursos Naturales (NRBV), la GAP es una compleja coordinación de recursos estratégicos, capacidades organizacionales y prácticas ambientales que conducen a un mejor desempeño ambiental y una mayor ventaja competitiva. Dichas capacidades se soportan en recursos empresariales estratégicos. Este proyecto de investigación busca construir un modelo de sistema de información (SI), como recurso estratégico, que facilite y apoye la gestión de información, inicialmente de una capacidad organizacional: "la gestión de stakeholders", la cual permite a una firma desplegar prácticas ambientales más proactivas para alcanzar una ventaja competitiva sostenible. El modelo de SI fue desarrollado siguiendo algunas pautas de la metodología Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA), además basándose en lo encontrado en la literatura, principalmente en la teoría NRBV y en el análisis de un diagnóstico realizado a 10 empresas de Bogotá, Colombia. Los resultados permiten concluir, entre otras cosas, que la gestión de información sobre la GAP en una firma se despliega de forma mucho más transversal que vertical a lo largo del SI y de las actividades primarias y secundarias de una compañía. Y además, los resultados proporcionan una guía para la adecuada gestión de información sobre la gestión de stakeholders encaminada hacia una GAP en PYMES de manufactura.

ABSTRACT

In manufacturing companies, mainly small and medium-size, the environmental management is characterized by the accomplishment of the environmental laws. However, new concepts such as proactive environmental management have been proposed. According to the theory of Vision Based on Natural Resources, the Proactive Environmental Management is a set of complex coordination of strategic resources, organizational capacities and environmental practices that lead to a better environmental performance and a better competitive advantage. These capacities are based on company strategic resources. This research paper aims at designing a model of information system as a strategic tool to facilitate and support information management as an organizational capacity: "stakeholders' management", which allows a company to perform proactive environmental practices to reach a sustainable competitive advantage. This model of information system was created based on some elements of the Directed Architectural Methodology by Models, mainly focusing on literary findings, the Vision Based on Natural Resources theory, and an analysis made by a diagnosis in 10 companies in Bogota city, Colombia. The research outcomes make us conclude that information management upon proactive environmental management in a company expands in a more transversal way than a vertical one through an information system and the primary and secondary activities in a company. Additionally, the results give a guidance to information management upon stakeholders' management moving towards a proactive environmental management in Pymes belonging to the manufacturing sector.

RESUMÉ

Dans de nombreuses entreprises manufacturières, principalement dans les petites et moyennes entreprises (PME), la gestion de l'environnement se caractérise principalement par la recherche de la conformité aux règlements environnementaux. Cependant, un concept de gestion proactive de l'environnement a été proposé (GPE). En accord avec les théories sur les ressources naturelles, la GPE est une coordination complexe de ressources stratégiques, de capacités organisationnelles et de pratiques environnementales menant à l'amélioration des performances environnementales et à un avantage concurrentiel accru. Ces diverses capacités sont soutenues par des ressources stratégiques. Ce projet de recherche vise à élaborer un modèle de système d'information (SI) pour le transformer en une ressource stratégique propre à l'entreprise, qui facilitera et prendra en charge la gestion de l'information et la qualité d'organisation: «gestion des stakeholders», qui permet à une entreprise de mettre en place des pratiques environnementales proactives pour obtenir un avantage concurrentiel durable. Le modèle SI a été développé à la suite d'une architecture méthodologique des lignes directrices dirigée par les modèles (MDA), également basés sur ce qui a été trouvé dans la littérature, principalement dans la théorie de NRBV et dans un diagnostic réalisé auprès de 10 entreprises de Bogotá, Colombie. Les résultats nous permettent de conclure que la gestion de l'information sur le GPE au sein d'une entreprise se réalise de manière plus transversale que verticale au travers du SI, des activités primaires et secondaires de l'entreprise. En outre, les résultats fournissent un guide pour la gestion correcte de l'information sur la gestion des actionnaires travaillant à la mise en place d'une GPE dans les PME manufacturières.

RESUMO

Em muitas empresas de manufatura, principalmente nas pequenas e medianas (PME), a gestão ambiental caracteriza-se por procurar só o cumprimento da normatividade ambiental. Contudo, têm-se proposto conceitos como aquele de gestão ambiental proactiva (GAP). Segundo a teoria da Visão Baseada em Recursos Naturais (NRBV), a GAP é uma complexa coordenação de recursos estratégicos, capacidades organizacionais e práticas ambientais que levam a um melhor desempenho ambiental e uma maior vantagem competitiva. Essas capacidades fundamentam-se em recursos empresariais estratégicos. Este projeto de pesquisa procura construir um modelo de sistema de informação (SI), como recurso estratégico, que facilite e apoie a gestão de informação, inicialmente de uma capacidade organizacional: "a gestão de stakeholders", a qual permite a uma firma aplicar práticas ambientais mais proactivas para atingir uma vantagem competitiva sustentável. O modelo de SI foi desenvolvido seguindo algumas dicas da metodologia Arquitetura Dirigida por Modelos (MDA), baseando-se também no encontrado na literatura, principalmente na teoria NRBV e na análise de um diagnóstico realizado em 10 empresas de Bogotá, Colômbia. Os resultados permitem concluir, entre outras coisas, que a gestão de informação sobre a GAP numa firma é aplicada de maneira mais transversal do que vertical através do SI e das atividades primarias e secundarias de uma empresa. Além disto, os resultados providenciam uma guia para a adequada gestão de informação sobre a gestão de stakeholders orientada a GAP em PME de manufatura.



Palabras claves

Sistemas de información
Gestión ambiental proactiva
Visión basada en recursos
naturales
Gestión de stakeholders



Key words

Information system
Proactive environmental
management
Vision based on natural
Resources
Stakeholders' management



Mots clefs

Système d'information
Gestion proactive de
l'environnement
Vision basée sur les
ressources naturelles
Gestion des actionnaires.



Palavras-chave

Sistemas de informação
Gestão ambiental proactiva
Visão baseada em recursos
naturais
Gestão de Stakeholders

1. INTRODUCCIÓN

Frente a la creciente problemática en torno al medio ambiente, en las últimas décadas se ha empezado a exigir un compromiso real de toda la industria, mediante una gestión ambiental que tenga en cuenta el mejoramiento continuo y se integre a la planeación estratégica (González-Benito, 2005). Por consiguiente, surge la necesidad de desarrollar herramientas, como Sistemas de Información (SI) que, combinadas con otros recursos empresariales, influyeran de manera significativa el desarrollo de estas capacidades en la organización, para que aumenten tanto su desempeño ambiental como su ventaja competitiva (Judge & Douglas, 1998).

No obstante, los académicos que han examinado los problemas entre la industria y el medio ambiente, han omitido en gran medida el tema de los SI, a pesar de su papel fundamental para hacerle frente a la situación ambiental (Lanteigne & Laforest, 2007), (Melville, 2010).

Sin embargo, es difícil garantizar que una herramienta como un SI abarque todas las variables necesarias para una completa gestión ambiental estratégica y un completo control (Davey & Mathews, 1996).

Existen sistemas de información ambientales a nivel organizacional que son diseñados pero no utilizados en la proporción esperada, debido a la falta de presión externa y al poco respaldo de la alta dirección (Díez & Mcintosh, 2009). También, el desarrollo empírico de SI se enfoca, en su mayoría, en el cumplimiento de la regulación, dejando ausente el soporte de información para un desempeño ambiental superior (Allam, 2008).

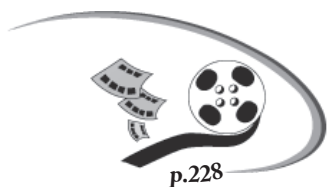
Lo anterior expone la problemática que pretende abordar esta investigación, cuyo objetivo es, construir un modelo conceptual de sistema de información, como recurso estratégico, que facilite y apoye la gestión de ciertas capacidades, relacionadas con una gestión ambiental proactiva en PyMEs industriales. Inicialmente, se abordará la capacidad de gestión con los *Stakeholders*. Los objetivos específicos del proyecto implican:

- Efectuar un diagnóstico a empresas de Bogotá sobre su SI y su GAP.
- Identificar las entradas, los procesos y las salidas de información más relevantes que permitan concretar y dar forma al modelo conceptual de SI.
- Realizar un aplicativo integrado a un *Software* ERP (Enterprises Resources Planning), como una sección materializada del modelo conceptual de SI.

El artículo, resultado de esta investigación, está estructurado de la siguiente forma; primero, se establece un marco teórico que define los conceptos principales y la teoría utilizada, la NRBV; en seguida se reúnen los antecedentes más pertinentes; posteriormente se describe la metodología de la investigación: una multimetodología, que combina revisión de literatura, entrevistas a empresas, y una herramienta para el diseño de modelos (MDA); por último, se presenta el desarrollo y resultados del modelo, para terminar con una discusión y algunas conclusiones.

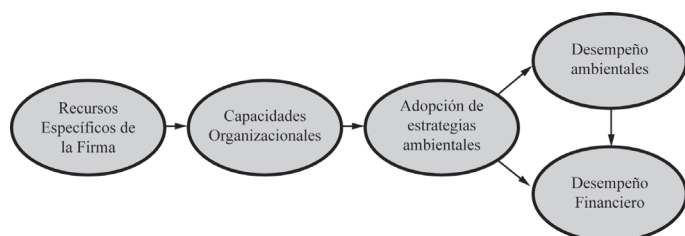
1.1. Visión Basada en Recursos Naturales (NRBV)

La Visión Basada en Recursos Naturales (NRBV, por sus siglas en inglés: *Natural Resources Based View*), es una adaptación de la teoría Visión de la Firma Basada en Recursos (RBV). La NRBV estudia el efecto de la mediación de los recursos, prácticas y capacidades de la compañía con la relación entre la estrategia ambiental y la ventaja competitiva (Hart, 1995).



La NRBV propone una relación entre recursos y capacidades de las empresas. Desde la perspectiva endógena (Etzion, 2007) (figura 1). Plantea, que la combinación de recursos específicos, por ejemplo los tecnológicos, físicos, humanos y financieros, generan capacidades propias (Bharadwaj, 2000): innovación continua, integración con *Stakeholders*, aprendizaje de alto orden, etc. (Sharma & Vredenburg, 1998). También, la NRBV determina que estas capacidades permiten adoptar estrategias ambientales que se resumen en prácticas preventivas e innovadoras y en prácticas ecoeficientes (Aragón-Correa et al., 2008). Por último, se presenta la relación entre la adopción de estrategias y un mejor desempeño ambiental y entre estas dos últimas y un mejor desempeño financiero. Con el fin de alcanzar una ventaja competitiva sostenible, vía la reducción de costos o la diferenciación del producto (Acedo, Barroso, & Galan, 2006).

Figura 1. Modelo general de la teoría de la Visión de la Firma Basada en Recursos Naturales



Fuente. Chan, 2005.

Las relaciones de causalidad anteriores han sido verificadas y comprobadas empíricamente por muchos autores y desde diferentes enfoques (Aragón-Correa et al., 2008), (Christmann, 2000), (Moreno & Reyes, 2010), (Sharma & Vredenburg, 1998), (López-Gamero, Molina-Azorín, & Claver-Cortés, 2009).

1.2. La Gestión Ambiental Proactiva según la NRBV

De acuerdo con la teoría expuesta anteriormente, la GAP es una compleja coordinación de capacidades humanas y técnicas para reducir los impactos ambientales y mantener o aumentar la competitividad mantener o aumentar la competitividad de la empresa (Christmann, 2000). Es una competencia organizacional que requiere cambios en las rutinas y operaciones de la empresa, con el fin de obtener un desempeño ambiental óptimo (Aragón-Correa et al., 2008).



Las firmas pueden adoptar una gestión proactiva ambiental que conduzca a un mejor desempeño a través de los recursos de la compañía. Los altos niveles de desempeño ambiental son posibles, si la gestión de la empresa tiene una orientación proactiva, en vez de enfocarse sólo en cumplir la normatividad (López-Gamero, Molina-Azorín, & Claver-Cortés, 2009). Hay que resaltar que el tamaño de la organización, no se considera un factor determinante para lograr un mayor grado de proactividad en el desarrollo de su gestión ambiental (Aragón-Correa et al., 2008).

1.3 Capacidad de Gestión de Stakeholders

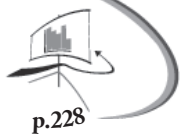
El concepto de *Stakeholders* ha sido definido como “personas o entidades que son afectados o afectan a la empresa, de manera positiva o negativa, en

mayor o menor grado” (Brenner, 1995). En español se le encuentra traducido como partes interesadas o grupos de interés.

Desde la perspectiva de la NRBV, la capacidad de integración o gestión de *Stakeholders* es la “habilidad para establecer relaciones colaborativas basadas en la confianza con una gran variedad de *Stakeholders*, especialmente aquellos que tienen objetivos no económicos” (Sharma & Vredenburg, 1998). Esta capacidad es una interacción compleja de recursos, tales como: la colaboración ambiental

(Vachon & Klassen, 2008), la capacidad para resolver problemas en colaboración, la cultura de escuchar a las comunidades locales y grupos ambientalistas, y la comunicación efectiva con los grupos de interés en el tema ambiental (Sharma & Vredenburg, 1998).

La colaboración ambiental se define como la habilidad para enfocarse en las interacciones organizacionales entre los miembros de la cadena de suministro, incluyendo aspectos como la definición de objetivos ambientales comunes, planeación conjunta y compartir sus conocimientos sobre el tema (Vachon & Klassen, 2008).



A dark grey rectangular box containing the logo for '472 LA RED POSTAL DE COLOMBIA'. The logo features a large white '4' with three grey arrows pointing right, and a large white '72' below it. Below the logo is the text 'LA RED POSTAL DE COLOMBIA'. At the bottom of the box, the website 'www.4-72.com.co' is written in white, and below that, '▶ Línea de Atención al Cliente Nacional 01 8000 111210 ◀' is written in white.

2. ANTECEDENTES

La investigación en sistemas de información puede hacer una importante contribución al conocimiento para el desarrollo de estrategias ambientales innovadoras (Melville, 2010). Sin embargo, la evaluación de los antecedentes demuestra cómo la perspectiva de SI, en investigaciones sobre sostenibilidad ambiental y empresarial es incipiente (Melville, 2010), (Lanteigne & Laforest, 2007), (Rodhain & Fallery, 2010). Aún así, una investigación en 150 empresas de Australia concluye que debería existir integración entre el pensamiento sistémico de una organización, el desarrollo de su SI integral, la tarea de planeación estratégica y la gestión ambiental (Davey & Mathews, 1996).

Se han realizado acercamientos empíricos mediante el desarrollo de sistemas de información para la gestión ambiental (EMIS por sus siglas en inglés) o también sistemas de información ambientales para la industria (IEIS). Dichos SI son usados para almacenar, documentar y controlar los impactos ambientales de los productos y servicios dentro de una compañía y han sido aplicados con cierto grado de éxito en el campo empresarial, pero que no han llegado al nivel de integración planteado (Allam, 2008). Estos sistemas no se pueden considerar como apoyo a una gestión ambiental proactiva. Se resumen algunas de las herramientas tecnológicas existentes para la gestión de información ambiental en empresas (tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las herramientas tecnológicas para la gestión de información ambiental empresarial

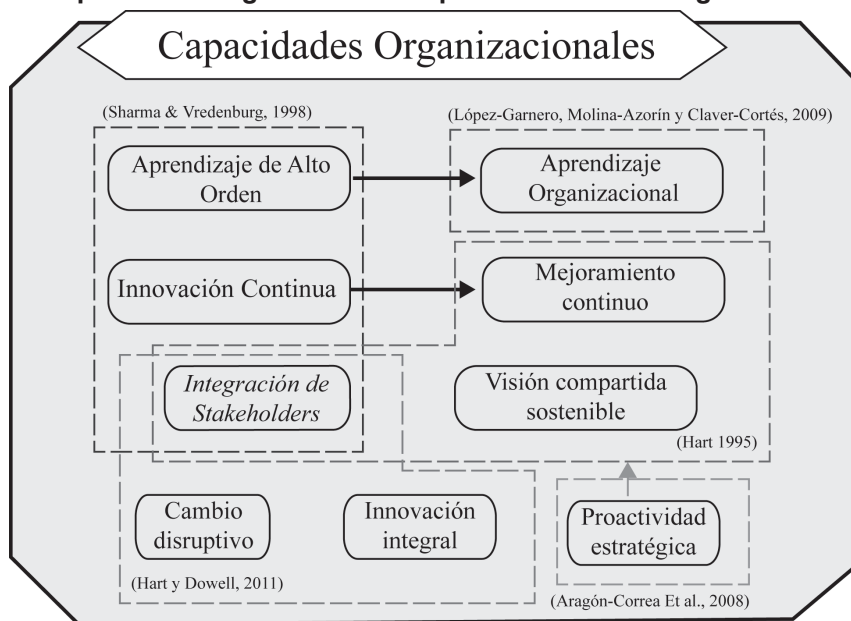
Nombre	Descripción	Autor	Enfoque	Objetivo
IEIS	Sistemas de Información Ambiental para la Industria.	(Allam, 2008)	Científico	Almacenar, documentar, controlar los impactos ambientales y el cumplimiento de la normatividad en una compañía.
EMIS-ERP	Plataforma de integración de EMIS y ERP.	(Funk, 2009)	Científico	Para que los clientes conozcan el impacto ambiental de todos los procesos de producción dentro de la planta.
SAP-EH&S	Módulo ambiente, salud y seguridad.	SAP	Comercial	Apoyar el cumplimiento de las leyes sobre la gestión ambiental, salud y seguridad.
Environmental DBMS	Sistema Base de Datos Relacional Ambiental.	(Carlson, 2006)	Científico	Base de datos para soportar el sistema de gestión ambiental de una compañía industrial.
UMBERTO	Software Análisis del ciclo de vida.	IFU Hamburg	Comercial	Para el análisis del ciclo de vida de un producto, la gestión de energía, recursos y materiales en una compañía.

Fuente. Elaboración propia.

Por otra parte, los SI descritos pueden ser analizados desde la teoría NRBV, donde son recursos estratégicos que apoyan capacidades organizacionales, que a su

vez influyen en el diseño de estrategias ambientales proactivas. La figura dos compendia algunas de las capacidades organizacionales estudiadas desde la perspectiva de la NRBV.

Figura 2. Principales capacidades organizacionales para obtener estrategias ambientales y sus autores



Fuente. Elaboración propia a partir de los autores mencionados en la figura.

Una investigación, en el contexto de empresas colombianas, estudió tres capacidades intrínsecas de la empresa: capacidad de integración con

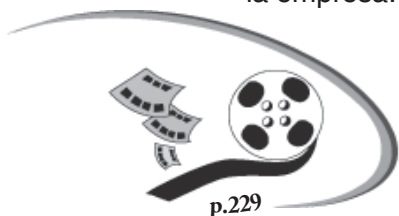
stakeholders, de mejora continua y de visión compartida. Encontrando que la disponibilidad, combinación y despliegue de recursos (organizacionales

y de SI) influyen de manera significativa el desarrollo de capacidades, y finalmente la búsqueda de estrategias ambientales (Moreno & Reyes, 2010).

En consecuencia, el modelo de SI de esta investigación, proyecta en un futuro gestionar la información de tres capacidades ambientales: gestión de partes interesadas, visión compartida y aprendizaje organizacional. Se ha iniciado el desarrollo del modelo con la primera capacidad, la gestión o integración con stakeholders. Debido a que es un factor principal que contribuye a la adopción de prácticas ambientales

proactivas en las empresas (Céspedes-Lorente et al., 2003). Además, porque se ha encontrado que ha sido poco profundizada por los investigadores bajo la perspectiva de la NRBV, y por último, en el estudio exploratorio en industrias colombianas, esta fue la capacidad organizacional con mayor influencia positiva para adoptar prácticas ambientales innovadoras y de gestión (Moreno & Reyes, 2010), (Reyes Rodríguez, 2011).

En resumen, los trabajos previos encontrados en el tema demuestran que el desarrollo de SI ambientales en sector privado son una tarea compleja, evidenciando que la mayoría de los recursos que se proponen tienen una funcionalidad y visión netamente pasiva, pretendiendo atacar solo los problemas de cumplimiento de normatividad ambiental o el control del impacto ambiental en la planta de producción. A pesar de esto, un SI como recurso sí podría contribuir a apoyar ciertas capacidades de las empresas.



3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza una multimetodología, que permite combinar métodos provenientes de distintos paradigmas, (Mingers & Gill, 1997), (Peña & Díaz, 2010). Este enfoque tiene su sustento teórico en el Realismo Crítico (Bhaskar, 1975), (Archer, Bhaskar et al. 1998) y en el Pensamiento Sistémico (Mingers, 2006). En el anexo 1, se resume el diseño multimetodológico, se enmarcan los distintos métodos de esta investigación dentro de los tres mundos de Habermas (social, personal y material) y a través de cinco fases: identificación del problema, apreciación, análisis, evaluación y acción. Y es posible que en algún momento sea necesario retroceder hacia alguna de las fases anteriores, para reevaluar conceptos o para reidentificar el problema (Mingers, 2006).

En primer lugar, se realizó un diagnóstico a diez empresas manufactureras de diferentes tamaños en Bogotá, mediante entrevistas directas semi-estructuradas, dirigidas a la persona encargada de la gestión ambiental en cada industria. El objetivo del diagnóstico es evaluar cómo se gestiona la información para apoyar la gestión ambiental en dichas empresas, especialmente en tres áreas: cumplimiento de la normatividad, políticas y estrategias y control ambiental. El análisis es cualitativo y cuantitativo.

El proyecto se delimita a PyMEs, que se definen como empresas entre 11 y 200 empleados (Ministerio de Comercio de Colombia, 2004). La razón principal es que las PyMEs no son tan pequeñas como las microempresas, como para que no posean procesos primarios y secundarios bien delimitados, y no son tan grandes como para que la infraestructura del SI y el diseño del SI se vuelvan muy complejos de sustentar (Frysinger, 2001).

Por otro lado, todo el modelo de SI propuesto se estructura en un modelo conceptual amplio, que contendrá una sección materializada a manera de aplicativo, que se integra al programa OpenERP (un sistema ERP con la filosofía de *Software* libre), utilizando en cierto grado la metodología MDA (Model Driven Architecture).

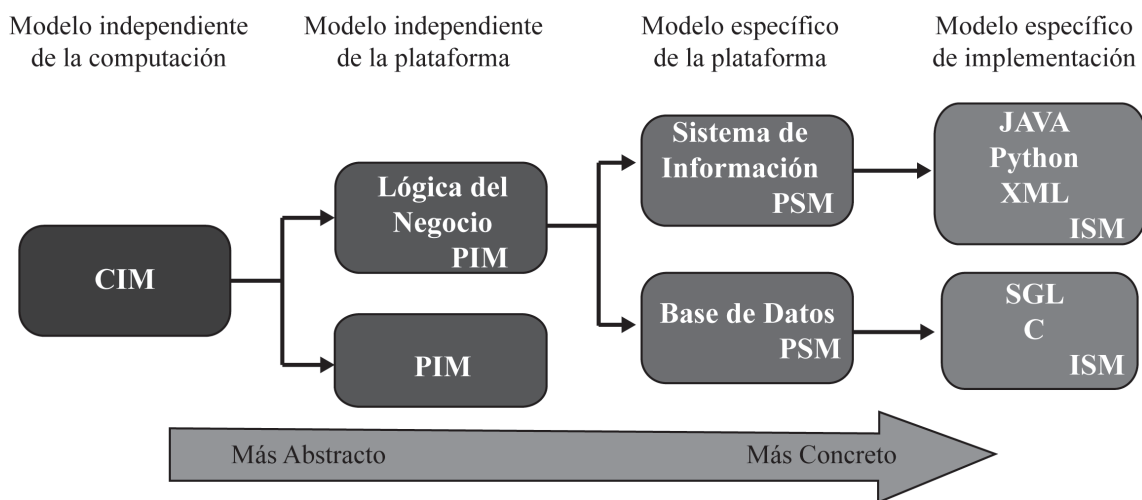
Precisamente, MDA es definida como una metodología que propone la separación entre las responsabilidades de los requerimientos de la organización y las responsabilidades tecnológicas (Raistrick, 2004). MDA orienta la construcción del sistema en distintas capas de abstracción (ver figura 3): una vista del problema, análisis, diseño detallado y código, arquitectura y de implementación. Y se añade una capa más que representa el contexto de la organización. Lo que significa que esta metodología puede aplicarse a otras áreas como el modelado de procesos

organizacionales, permitiendo diseñar modelos de SI más abstractos e independiente de la tecnología y de la arquitectura a usar (Adrián, 2006).

A partir de lo anterior, para esta investigación se utiliza MDA como guía para el diseño del modelo conceptual, es decir que no se desarrolla completamente esta metodología, solamente se abstraen

varios conceptos y guías, sobre todo de la primera parte de MDA, que permitan construir el modelo de SI con un enfoque conceptual y abstracto basándose en la teoría, sirviendo como entrada para que posteriores investigaciones continúen con las etapas de diseño técnico, arquitectura, código o implementación.

Figura 3. Niveles de abstracción y tipos de modelos según MDA.



Fuente. Elaboración propia basada en Adrián (2006).

Por consiguiente, la propuesta de modelo conceptual de SI toma como guía los modelos de tipo CIM y PIM. Los CIM son modelos independientes de lo computacional, como por ejemplo mapas

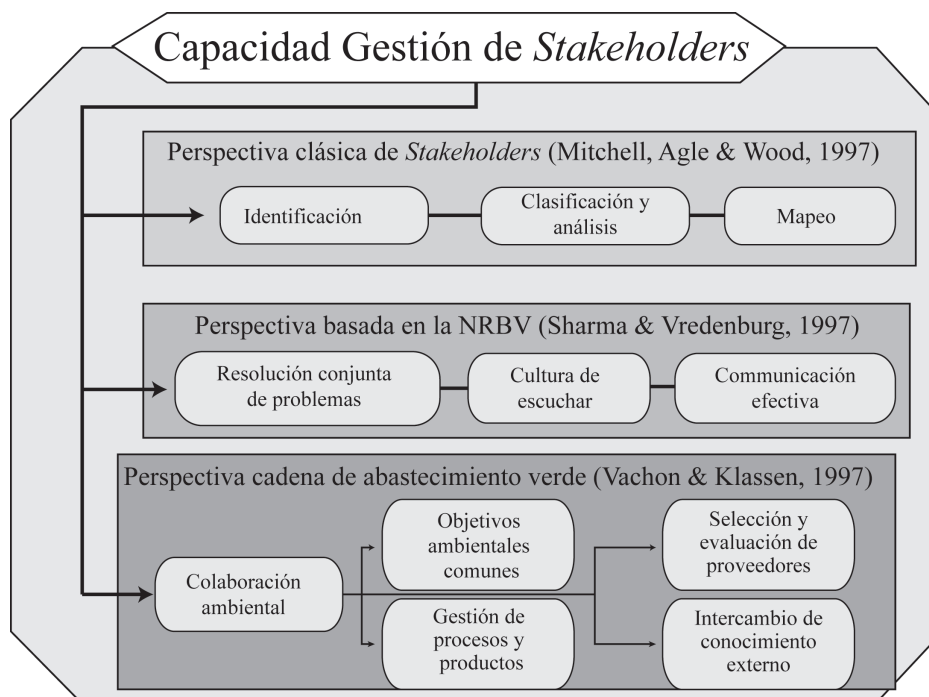
conceptuales de la organización o de la problemática; y los PIM son modelos independientes de la plataforma, tales como diagramas de casos de uso o diagramas de actividades bajo el lenguaje UML sugerido por esta metodología.

4. RESULTADOS

A partir del análisis de las entrevistas y de lo encontrado en la literatura, el proyecto emplea la metodología MDA para demarcar cómo y qué información va a ser administrada por el modelo de SI, que pretende ir más allá del control operativo ambiental. Primero se diagraman los mo-

delos CIM, es decir los modelos independientes de lo computacional, que describen el proceso o la lógica de la organización o del tema a estudiar, en este caso un mapa conceptual (figura 4) que representa la lógica de la primera capacidad: la gestión de *Stakeholders*, desde tres puntos de vista diferentes.

Figura 4. Mapa conceptual de la capacidad de gestión de *stakeholders*



Fuente. Elaboración propia.

Basado en esto, se interrelacionan los aspectos de cada punto de vista de la capacidad en un diagrama de Venn (figura 5), también de tipo CIM. Este segundo diagrama muestra los elementos comunes y más importantes de las tres perspectivas, teniendo en cuenta la correlación y pertinencia de cada concepto y cómo se interceptan en la figura. Algunos de estos son: planeación conjunta, mantener una

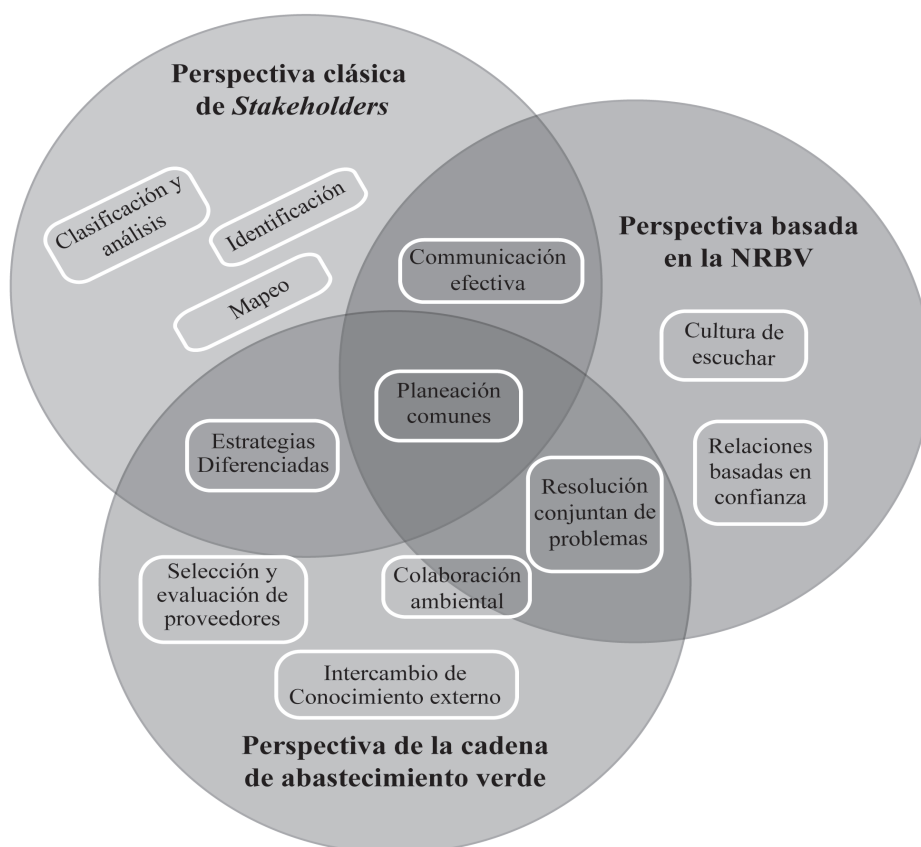
comunicación efectiva, resolución conjunta de problemas, establecer estrategias diferenciadas con cada *Stakeholder*, entre otros.

A partir de aquí, se analiza hasta donde un SI puede apoyar cada uno estos conceptos, teniendo presente que, para generar en una empresa cada elemento, se necesita mucho más que un soporte de

información, como por ejemplo, para el concepto de cultura de escuchar a los *Stakeholders* se requiere

también de una actitud positiva de empleados, liderazgo, aprendizaje organizacional, entre otros factores tangibles o intangibles.

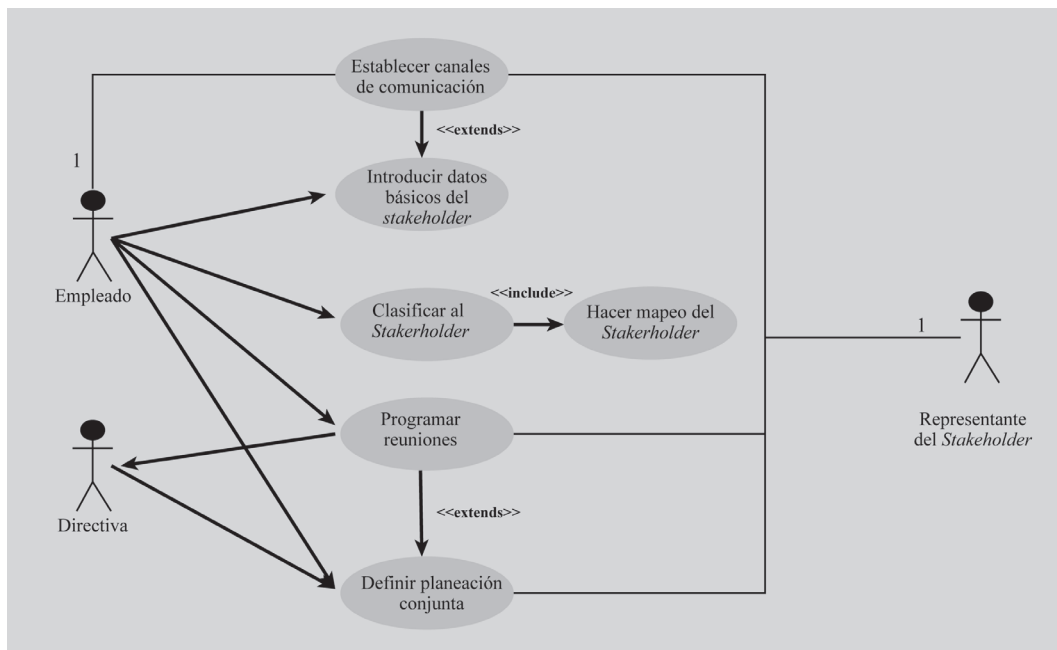
Figura 5. Relación de conceptos en la capacidad de gestión de *Stakeholders*



Fuente. Elaboración propia basada en Mitchell, Agle, & Wood, (1997), Sharma & Vredenburg, (1998), Vachon & Klassen, (2008).

A continuación, la segunda etapa de MDA son los modelos independientes de la plataforma (PIM), los cuales relacionan los procesos con el sistema de información, estableciendo los requerimientos de

información que harán parte del SI. Se desarrolla un diagrama de casos de uso (figura 6) basado en el lenguaje UML (Raistrick, 2004). El diagrama representa cómo los usuarios utilizan el SI, en relación con los conceptos de la gestión de *Stakeholders*.

Figura 6. Diagrama de casos de uso para apoyar la gestión de *Stakeholders*

Fuente. Elaboración propia.

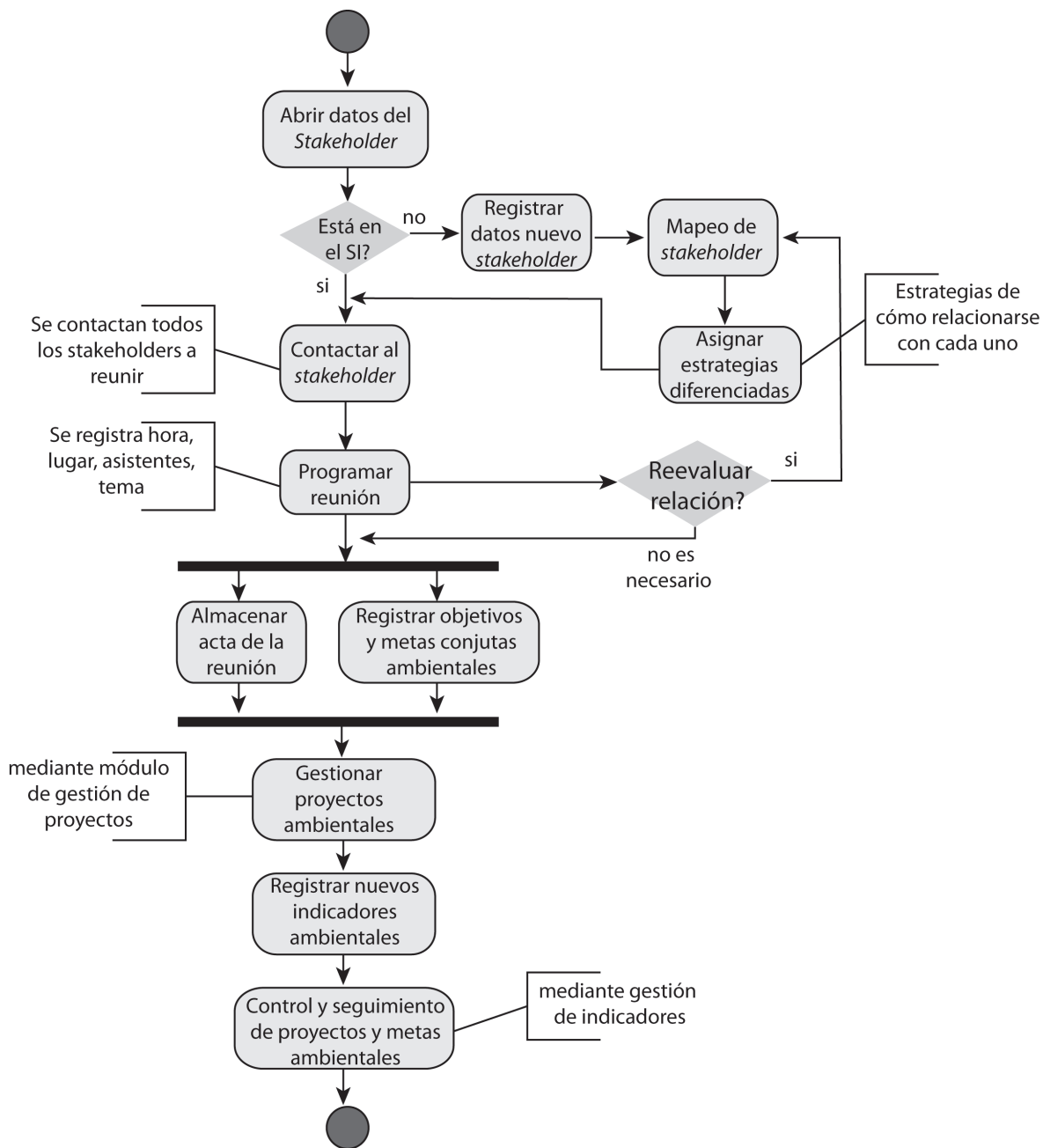
Tomando como base el diagrama de casos de uso, que describe los requerimientos de información en la relación usuario-sistema, es importante desagregar y profundizar más en dichos requerimientos, para poder administrar la información que apoye a la gestión de *Stakeholders*. Por lo tanto, se diseña un diagrama de actividades (figura 7), también basado en el lenguaje UML. Todos estos diagramas se realizan a partir de un análisis exhaustivo de la literatura, de la teoría de la NRBV y de lo encontrado en las entrevistas a empresas, siguiendo un proceso metodológico como se explica en el cuadro de multimetodología (anexo 1).

Los dos diagramas anteriores, de tipo PIM, ayudan a entender cómo un modelo de SI puede apoyar la gestión de los grupos de interés, facilitando a la empresa su identificación, clasificación y análisis; además permitiendo el registro y seguimiento de estrategias diferenciadas para relacionarse con cada *Stakeholder*; también programar las reuniones,

almacenar y gestionar los proyectos ambientales, administrar objetivos e indicadores ambientales en común acuerdo, etc. Entonces, si se garantiza una buena aplicación de este modelo, junto con una actitud correcta por parte de la empresa, se abrirán las puertas hacia una gestión ambiental más proactiva y un mayor aprendizaje organizacional.

De los requerimientos previos solo una parte está incluida en el aplicativo: la comunicación, los datos básicos y el mapeo de los grupos de interés. Para lo cual, fue necesario realizar un modelo E-R basado en la plataforma de base de datos PostgreSQL (anexo 2). Y por último desarrollar funcionalidades y módulos dentro de la aplicación OpenERP a través de la programación en el lenguaje Python. (Ver anexo 3). Posterior a la programación, se evalúa la funcionalidad e integridad del aplicativo, se efectúan las correcciones respectivas y se redactan los manuales técnicos.

Figura 7. Diagrama de actividades, requisitos de información para apoyar la gestión de stakeholders



Fuente. Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

A partir de la etapa del modelo conceptual y de la programación del aplicativo, se concluye que la gestión de la información, relacionada con la GAP en una empresa, se despliega más transversal que verticalmente, a lo largo del ERP y de las actividades primarias y secundarias de la compañía. Es decir, administrar la información que apoye una gestión ambiental estratégica requiere de un diseño que atraviese y relacione información con la gran mayoría de las áreas en una compañía, y no se puede ver como un proceso aislado o vertical. Se comprueba que no es posible aislar todas las funcionalidades y soportes de información para la GAP en un solo módulo del SI. En cambio, dicha gestión de información se distribuye en nuevos módulos o en funcionalidades dentro de otros módulos ya existentes en OpenERP.

Con base en el análisis del diagnóstico realizado en empresas de Bogotá, y de investigaciones en Colombia, se concluye que las PyMEs colombianas no poseen una completa gestión de información y muchas veces sus procesos principales no son administrados por SI integrales.

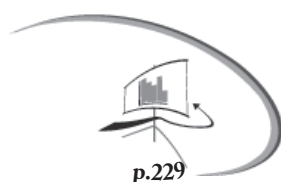
En las PyMEs la gestión ambiental ni siquiera es tratada adecuadamente, mucho menos hay una administración de la información que apoye esta gestión. Sólo algunas empresas de gran tamaño mostraron una integración de la parte ambiental en su SI, pero solamente visto desde el punto de vista de cumplimiento de la normatividad ambiental.

Se encontró, a la hora de diseñar los requisitos de información del modelo, que algunos de estos se

complementan o se entrecruzan, lo que conlleva a que el modelo tenga un diseño menos atomizado y más articulado. Además, un modelo de SI ambiental completo requiere la habilidad de mejora continua y flexibilidad, requiere de procesos de educación a los usuarios y de una relación constante con las actividades de investigación y desarrollo de la empresa. Por último el SI debe poseer una perspectiva de funciones transversales dentro de toda la organización, facilitando a los usuarios la gestión de información para comprender, cambiar y reinventar los procesos del negocio.

El modelo de SI es un primer paso para avanzar hacia una GAP. Ya que este permite apoyar la gestión de los grupos de interés: facilitando a la empresa su identificación, clasificación y análisis; además permitiendo el registro y seguimiento de estrategias diferenciadas para relacionarse con cada stakeholders; también programar las reuniones, almacenar y gestionar los proyectos ambientales, administrar objetivos e indicadores ambientales en común acuerdo. Entonces, si se garantiza un uso adecuado de este modelo SI, en interacción con otros recursos y capacidades organizacionales y junto con una actitud correcta por parte de la empresa, se lograría avanzar hacia una gestión ambiental más proactiva, a un mayor aprendizaje organizacional y mejor desempeño financiero.

A partir de la literatura, de la etapa de diagnóstico y del diseño de modelo de SI, se plantean una serie de recomendaciones para una PyME: un SI ambiental completo necesita las habilidades de mejora continua, fácil comprensión y flexibilidad, debe hacer parte de



un sistema de información integral como un ERP. Requiere de procesos de educación a los usuarios y de una relación constante con las actividades de investigación y desarrollo de la empresa. Por último debe poseer una perspectiva de funciones transversales dentro de toda la organización. Para lo anterior se recomienda que la PYME esté abierta a la colaboración y desee renovarse continuamente.

Por otro lado, diseñar un modelo de SI que apoye la GAP en su totalidad es un proceso a muy largo plazo, que implica comprender por completo los conceptos y componentes de dicha gestión ambiental. No obstante, es importante recalcar que el sistema de información siempre será solo un soporte, y nunca

pretende ser la solución completa, sobre todo en el tema de gestión y desempeño ambiental, el cual evoluciona a gran velocidad en el todo mundo.

Este proyecto abre el camino para investigaciones futuras, como validar el modelo en una PyME, además adaptar el modelo a las características propias de un contexto, según el país o el tipo de empresa. También en un futuro se puede evaluar la usabilidad y los factores de éxito del modelo de SI luego de su implementación. Y estudiar más elementos de la teoría NRBV como la relación entre el modelo de SI y el desempeño de la empresa, o qué papel juegan los activos complementarios o la perspectiva dinámica de la teoría RBV.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acedo, F. J., Barroso, C., & Galan, J. L. (2006). *The resource-based theory: Dissemination and main trends*. Strategic Management Journal, , 27(7), 621-636.
- Adrián, V. (2006). MDA: *Reusabilidad Orientada al Negocio*. Obtenido de Epidata Consulting. Recuperado el 5 de octubre de 2006. Disponible en: www.epidataconsulting.com/tikiwiki/tiki-read_article.php?articleId=55
- Allam, N. (2008). *Industrial Environmental Information Systems to solve Environmental Issues*. Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, ICTTA., 1-4.
- Aragón-Correa, J., et al. (2008). *Environmental strategy and performance in small firms: A resource based perspective*. Journal of Environmental Management, 86, 88-103.
- Archer, M. S., R. Bhaskar, et al. (1998). *Critical realism: Essential readings*. London, Routledge.
- Bharadwaj, A. S. (2000). *A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: an empirical investigation*. MIS Quarterly , 24, no. 1 (Marzo): 169-196.
- Bhaskar, R. (1975). *A Realist Theory of Science*. Leeds: Books.
- Brenner, S. N. (1995). *Stakeholder theory of the firm: Its consistency with current management techniques*. J. Nasi (Ed.), Understanding stakeholder thinking, 75-96.
- Carlson, R. (2006). *Framework for structuring information for environmental management of industrial systems*. Department of Computer Science and Engineering. Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology.
- Céspedes-Lorente, J., Burgos-Jiménez, J., de Álvarez-Gil, M.J. (2003). *Stakeholders' environmental influence: An empirical analysis in the Spanish hotel industry*. Scandinavian Journal of Management, 19, 333–359.
- Chan, R. Y. (2005). *Does the Natural-Resource-Based View of the Firm Apply in an Emerging Economy? A Survey of Foreign Invested Enterprises in China*. Journal of Management Studies , 42, no. 3 (Mayo): 625-672.
- Christmann, P. (2000). *Effects of «best practices» of environmental management on cost advantage: The role of complementary assets*. Academy of Management Journal, 43, No. (4): 663-681.

Davey, B., & Mathews, C. (1996). *A Model for Information Support of Environmental Management*. Information Systems Conference of New Zealand. New Zealand. p 27-31.

Díez, E., & McIntosh. (2009). *A review of the factors which influence the use and usefulness of information systems*. Environmental Modelling & Software, 24, no. 5: 588-602.

Etzion, D. (2007). *Research on Organizations and the Natural Environment, 1992-Present: A Review*. Journal of Management, 33, no. 4: 637-664.

Frysjer, S. P. (2001). *An integrated environmental information system for corporate environmental management*. Advances in Environmental Research , Volume 5, Issue 4, p 361-367.

Funk, & Niemeyer, M. &. (2009). *Integration of Environmental Management Information Systems and ERP systems using Integration Platforms*. En Athanasiadis, Mitkas, Rizzoli, & M. Gómez, Information Technologies in Environmental Engineering. Greece: Springer.p 53-63.

González-Benito, J., & González-Benito, O. (2005). *A study of the motivations for the environmental transformation of companies*. Industrial Marketing Management, Vol 34, 462– 475.

Hart, S. (1995). *A natural-resource-based view of the firm*. Academic of Management Review, vol 20, 874–907.

Judge, J., & Douglas, T. J. (1998). *Performance implications of incorporating natural environmental issues into the strategic planning process: an empirical assessment*. Journal of Management Studies , 35, no. 2 (Marzo): 241-262.

Lanteigne, R., & Laforest, V. (2007). *Specifications for an internet based clean technology information support system for SMEs*. Journal of Cleaner Production , 409-416.

López-Gamero, M. D., Molina-Azorín, J. F., & Claver-Cortés, E. (2009). *The whole relationship between environmental variables and firm performance: Competitive advantage and firm resources as mediator variables*. Journal of Environmental Management , 90(10), 3110-3121.

Melville, N. P. (2010). *Information Systems Innovation For Environmental Sustainability*. MIS Quarterly , 1-21.

Mingers, J. and A. Gill (1997). *Multimethodology. The theory and practice of combining management science methodologies*. Chichester, John Wiley.

Mingers, J. (2006). *The Process of Multimethodology*. En Realising systems thinking: knowledge and action in management science. p 198 -255.

Ministerio de Comercio de Colombia. (2004). *Ley 905 de 2004. Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 o Ley MIPYME*. Bogotá, Colombia.

- Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). *Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts*. *The Academy of Management Review* 22(4), 853-886 .
- Moreno, C. E., & Reyes, J. F. (2010). *Environmental Strategy and Organizational Capabilities: An Exploration of the Natural-Resource-Based View with a Focus on Colombian Firms*. COMBI 2010 Conference Proceedings. Vantaa, Finlandia: Laurea Publications. p 16-43.
- Peña Reyes, J. I. & B. Diaz Pinzón (2010). *Multiméthodologie dans la recherche en systèmes d'information. Deux exemples de recherche en cours en Colombie*. Pre-ICIS workshop: Information systems research and education in developing countries Paris, Association for Information Systems AIS.
- Raistrick, C. (2004). *Model Driven Architecture with Executable UML*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Reyes Rodríguez, J. F. (2011). Recursos y Capacidades relacionados con Sistemas y Tecnologías de Información en la Teoría Visión de la Firma Basada en Recursos Naturales: una aproximación a la validación empírica del nuevo modelo en empresas colombianas. Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Rodhain F., Fallery B. (2010). *Après la prise de conscience écologique, les TIC en quête de responsa-bilitésociale, Actes du 15ème colloquedel'AIM*, La Rochelle, 19-21 mai.
- Sharma, & Vredenburg, H. (1998). *Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities*. *Strategic Management Journal* , 19(8), p 729-753.
- Vachon, S., & Klassen, R. D. (2008). *Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain*. *Int. J. Production Economics* 111. p 299–315.

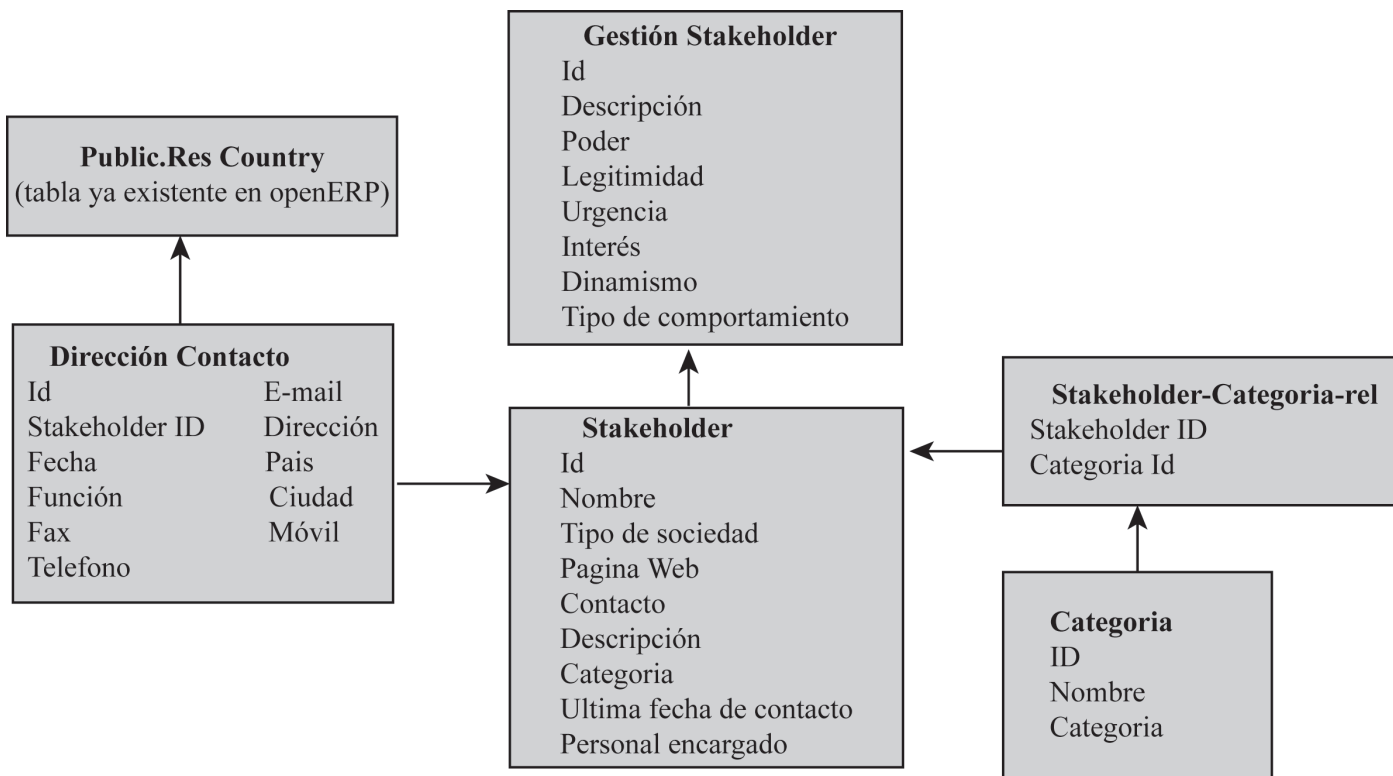
ANEXOS

Anexo 1. Cuadro multimetodología

	Identificación del problema	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
		¿Qué pasa?	¿Por qué está pasando?	¿Cómo podría la situación ser diferente?	
Mundo social	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico a empresas manufactureras de Bogotá con entrevistas semi-estructuradas. • Diseño del formulario de preguntas cualitativas para el diagnóstico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio cualitativo del diagnóstico y su relación con el problema. • Apreciación del mundo empresarial desde la teoría Visión Basada en Recursos Naturales. 	<p>Análisis cualitativo de las entrevistas a empresas sobre el porqué de la situación, respecto a la gestión de información ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y sintetizar los requerimientos de información para apoyar la GAP, mediante la comparación de lo recolectado. • Desarrollar y estructura el modelo conceptual de SI siguiendo la metodología MDA. • Programación del prototipo práctico de SI, como una parte del modelo conceptual. • Planteamiento de estrategias para una gestión de información que soporte un GAP en PYMES. 	<p>Desarrollar un modelo conceptual de sistema de información que apoye capacidades organizacionales para una gestión ambiental proactiva en PYMES.</p>
Mundo personal	<p>Entrevistas abiertas uno a uno con expertos, para identificar paradigmas y puntos de vista respecto al problema específico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de conceptos y paradigmas de los autores. • Planteamiento de preguntas de investigación referentes al problema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas mentales de lo apreciado en la literatura. • Selección y descripción de los principales paradigmas. • Apreciación desde la teoría Visión Basada en Recursos Naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis cualitativo a las entrevistas a expertos. • Análisis de los paradigmas y diferencias conceptuales encontradas. • Análisis personal de mapas mentales. 		
Mundo material	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión literatura, artículos y libros. • Revisión de TICs usadas en gestión ambiental. • Revisión de la normatividad y documentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas mentales para describir el problema en la literatura. • Tabla resumen de TICs. 	<p>Análisis de los fenómenos o las herramientas apreciadas en el mundo material.</p>		

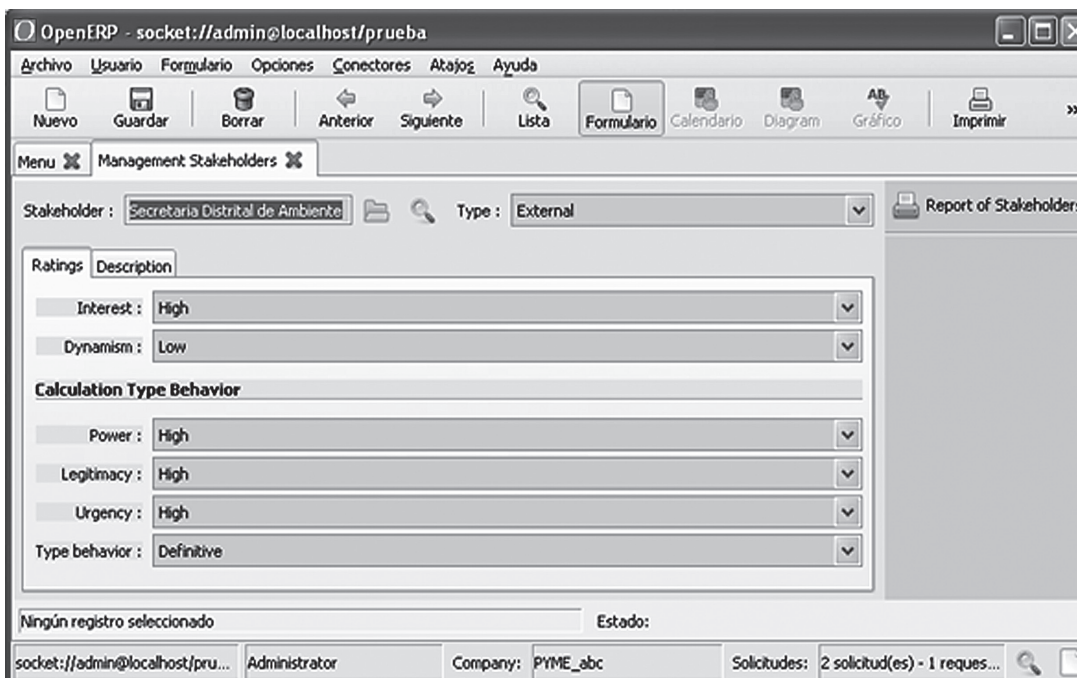
Fuente. Elaboración propia basada en Mingers (2006), Peña & Diaz (2010).

Anexo 2. Resumen de modelo entidad-relación sobre el aplicativo para la gestión de Stakeholders



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 3. Ejemplo de una vista en Open ERP de funcionalidades para la gestión de stakeholders.



Fuente. Elaboración propia.