

Evaluación de la Gobernanza TIC por controles COBIT, utilizando técnicas de decisión multicriterio difusas e híbridas.

Óscar Martín Medrano

Director Dr. Ángel Cobo Ortega



Proyecto final del Master en Matemáticas y Computación , especialidad Minería de Datos y Sistemas Inteligentes, de la Facultad de ciencias de la Universidad de Cantabria

(2011-2013)

Octubre de 2013

Especial agradecimiento, por la ayuda recibida, del Departamento de Tecnología de la Información (ATI) de la Universidad de Vale do Rio Dos Sinos (Unisinos) de Brasil y a Rocío Rocha de la Universidad de Cantabria.

A Ángel por toda la paciencia en este tiempo.

Adriá y Mario por la ayuda a lo largo de todo el Master.

A la familia por su libertad de horario y todo lo demás.

“No es la posesión de la verdad, sino el éxito que llega luego de la búsqueda, donde el buscador se enriquece con ella.”

Max Planck

“En cada búsqueda apasionada, la búsqueda cuenta más que el objeto perseguido.”

Eric Hoffer

"Si he hecho descubrimientos invaluable ha sido más por tener paciencia que cualquier otro talento."

Isaac Newton

Entre las dificultades se esconde la oportunidad."

Albert Einstein

Resumen:

El presente trabajo fin de Master del de Matemáticas y Computación en su especialidad en Minería de datos y Sistemas inteligentes de la Universidad de Cantabria aplica conceptos estudiados a lo largo del programa para evaluar la Gobernanza de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); más concretamente se utiliza el proceso analítico jerárquico difuso (FAHP. Fuzzy, Analytical Hierarchy Process). Inicialmente se presentan los conceptos de la cuestión, tanto desde el punto de vista de la Gobernanza TIC como del proceso analítico jerárquico (AHP, Analytical Hierarchy Process), este último en su modo normal (Saaty 1980) y en la extensión difusa propuesta por D-Y Chang,(1992) .

Se genera un modelo a partir de la información contenida en el marco de trabajo COBIT[®] 4.1, en especial del mapeo de procesos a las áreas de enfoque de COBIT.

La segunda parte aplica el modelo generado anteriormente con los datos obtenidos en una encuesta a los responsables TIC de 77 empresas del Estado Rio Grande del Sur de Brasil.

Por último, se utilizan distintas técnicas de minería de datos sobre los datos de la encuesta para valorar estos en comparativa con los resultados obtenidos por el método difuso. Se buscar encontrar los campos esenciales y relaciones entre los procesos y dominios COBIT, para esto se utilizarán técnicas de selección de atributos, clustering y asociación.

Palabras clave:

Proceso Analítico Jerárquico, números difusos, técnicas híbridas de minería de datos, Selección de Atributos, Clustering, Asociación, Gobernanza TIC , COBIT,

Tabla de contenido

0	Introducción.....	1
1	Metodología.....	2
1.1	Gobernanza TIC.....	2
1.2	COBIT.....	3
1.2.1	Dominios.....	4
1.2.2	Modelo de Madurez.....	5
1.2.3	Mapeo de COBIT con Gobernanza TIC.....	7
1.3	Fundamentos Matemáticos del modelo.....	8
1.3.1	Conjuntos difusos.....	8
1.4	Proceso analítico jerárquico.....	10
1.4.1	Modelo.....	10
1.4.2	Ventajas AHP.....	12
1.4.3	Críticas al modelo:.....	12
1.5	FAHP.....	12
1.5.1	Cálculo de los pesos.....	13
1.6	Obtención del modelo.....	15
1.6.1	Definición de los objetivos.....	15
1.6.2	Construcción de la jerarquía.....	15
1.6.3	Comparaciones pareadas entre criterios.....	15
1.6.4	Análisis de consistencia.....	28
1.6.5	Cálculo de los pesos relativos para cada criterio.....	29
2	Caso de estudio.....	31
2.1	Presentación.....	31
2.2	Tabla de resultados.....	31
3	Análisis mediante técnicas híbridas de minería de datos.....	38
3.1	Técnicas de clustering para la valoración de las organizaciones.....	38
	Resultados obtenidos con algoritmo EM.....	39
3.2	Selección de atributos.....	40
3.3	Clustering con los resultados obtenidos de la selección de atributos.....	41
3.4	Asociación sobre los atributos seleccionados.....	46
	Conclusiones.....	48
	Trabajos futuros.....	48
	Bibliografía.....	49

0 Introducción

La Gobernanza o Gobierno de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, entendida como “*cualquier proceso, actividad o tarea llevada a cabo para dirigir y administrar todo lo relativo a las Tecnologías de la Información y la Comunicación en una organización*” se ha convertido en un elemento vertebrador de toda organización. Su vertebración con los objetivos de la organización hace necesario su continuo control y evaluación. Si bien para el control existen numerosas metodologías, marcos de trabajo y herramientas no ocurre lo mismo con la evaluación de su actividad, llegar a conocer si se están alcanzando los objetivos fijados no sólo de manera eficaz, sino de manera eficiente.

Un hándicap importante es que existen una gran cantidad de criterios que tener en consideración para poder valorar los procesos que se llevan a cabo, dentro de la organización, relativos a Gobernanza TIC. Así que esta necesidad a tener en cuenta nos lleva a la familia de técnicas en las que nos podemos apoyar para conseguir la correcta valoración, las técnicas de decisión multicriterio.

Por otro lado es clave la falta de herramientas capaces de obtener evaluaciones a partir de datos cualitativos en base a los procesos, actividades y tareas que componen la Gobernanza TIC desarrollada en la organización.

Aunque existen un buen número de técnicas multicriterio, programación por metas, programación multiobjetivo, en este caso debemos tener en cuenta que los datos que tenemos de entrada provienen de la estimación de profesionales de modo cualitativo no de medidas cuantitativas. Para este caso el Proceso Analítico Jerárquico (AHP- Analytical Hierarchy Process) es una técnica englobada en los métodos de decisión multicriterio que permite abordar la toma de decisiones complejas con múltiples objetivos incorporando criterios de decisión cualitativos y cuantitativos, esta característica la convierten en una técnica potente de evaluación de procesos sea cual sea el ámbito.

En este trabajo aprovechamos el marco de trabajo COBIT 4.1 para definir una herramienta de evaluación de la Gobernanza TIC mediante técnicas de decisión multicriterio difusas e híbridas. En este sentido la utilización de técnicas AHP y más concretamente en su extensión soft computing de números difusos provee un mecanismo adaptado a criterios cualitativos de decisión.

A partir del modelo obtenido, se evalúan los procesos COBIT de 77 empresas de la región Gran Rio do Sul de Brasil que aplican COBIT. Los resultados de las evaluaciones obtienen los resultados por cada área de enfoque. A partir de los niveles de importancia dados, a los procesos recogidos en la encuesta, utilizamos los datos relativos al nivel de importancia de los procesos de una de ellas para obtener un nuevo modelo en base a sus datos, en lugar de los niveles de importancia provenientes del mapeo de COBIT con la Gobernanza TIC. Este paso nos permitirá ver el grado de entendimiento de la metodología alcanzado por la compañía, a partir del punto en el que está obtenido con los niveles de importancia de COBIT y en el que cree estar por los resultados obtenidos con sus niveles de importancia.

La última parte del trabajo analiza los procesos que componen COBIT aplicando técnicas híbridas de minería de datos, más concretamente utilizaremos técnicas de clustering para ver la aproximación de los datos a los niveles de madurez de COBIT.

A partir de los datos obtenidos se aplican distintos algoritmos de selección de atributos para ver que procesos son los principales y si podemos simplificar el proceso global. A partir de los procesos obtenidos utilizamos de nuevo el algoritmo de clustering para ver si realmente se cumple que los atributos seleccionados son suficientes al obtener un modelo similar al anteriormente obtenido.

Por último aplicaremos a todos los procesos algoritmos de asociación intentando justificar la selección de atributos del punto anterior y buscando por otro lado encontrar alguna regla relativa al tamaño de las empresas.

En el trabajo se presentan distintas alternativas a los métodos utilizados en cada uno de los apartados que lo componen y en algún caso se desarrollan las variaciones del uso de otro método.

1 Metodología.

1.1 Gobernanza TIC.

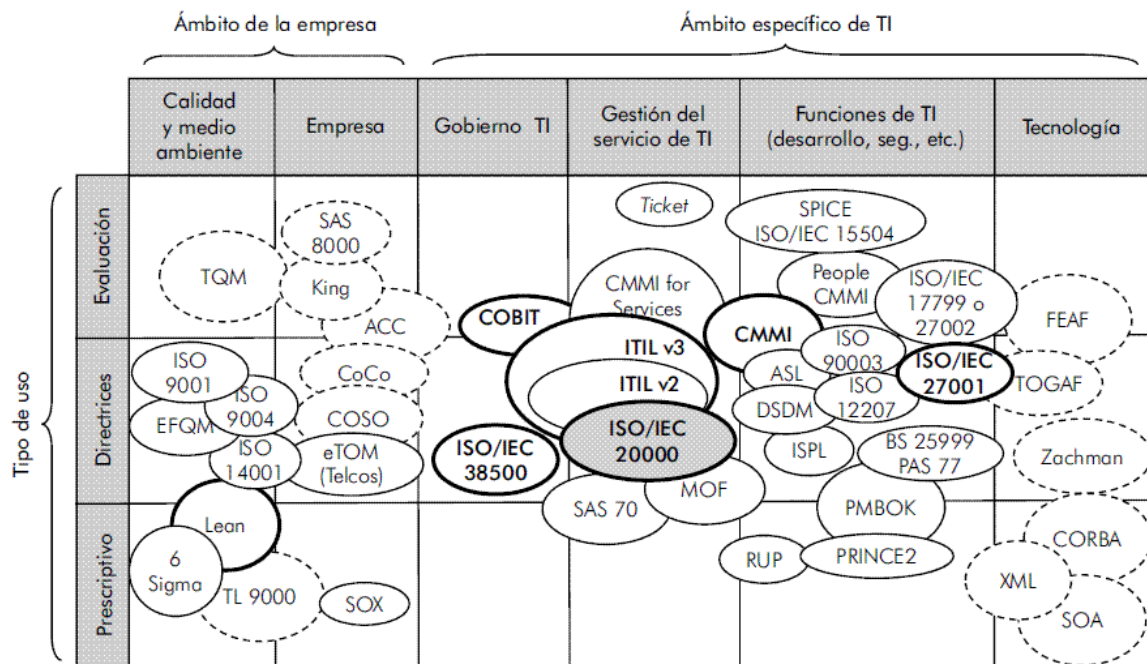
El diccionario de la Real Academia Española (RAE) define **Gobernanza** como:

“Arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía.”

Los objetivos de la Gobernanza TIC, destacan:

- Entender las cuestiones y la importancia estratégica de las TIC; permite que la organización mantenga sus operaciones e implemente las estrategias necesarias para sus proyectos y actividades futuras.
- Proveer las estructuras que unen los procesos TIC, los recursos TIC y la información con las estrategias y los objetivos de la empresa.
- Integrar e institucionalizar buenas (o mejores) prácticas de planificación y organización, adquisición e implementación, entrega de servicios y soporte, y monitorizar el rendimiento de TI para asegurar que la información de la empresa y las tecnologías relacionadas soportan sus objetivos del negocio.
- Conducir a la empresa a tomar total ventaja de su información logrando con esto maximizar sus beneficios, capitalizar sus oportunidades y obtener ventaja competitiva.

En el esquema siguiente encontramos distintas metodologías relacionadas con la Gobernanza TIC asociadas a su posición de influencia:



Fuente: Gartner y e.p.

Ilustración 1: Metodologías TIC.

Como se aprecia, existen pocas metodologías que permitan la evaluación de la Gobernanza TIC. En el gráfico se aprecia que la mayoría de las metodologías ofrecen directrices y se centran más en las funciones TIC, pero prácticamente no abordan la Gobernanza TIC lo que implica que hay que apoyarse en varias metodologías debido a la dependencia del resto de ramas de la Gobernanza, siendo la ISO/IEC 38500 y COBIT las únicas que están realmente centradas en la Gobernanza TIC. Nosotros aquí nos centraremos en COBIT pero existen mapeos a otras metodologías como Itil v3 o ISO 27001 .

1.2 COBIT

“**Los Objetivos de Control para la Información y las Tecnologías Relacionadas (COBIT)**” Es el modelo para el Gobierno de la TI desarrollado por la Information Systems Audit and Control Association (ISACA) y el IT Governance Institute (ITGI). Es una guía de mejores prácticas dirigida a la gestión de tecnología de la información y la comunicación (TIC) con el fin de velar por el buen funcionamiento de la Gobernanza y el cumplimiento de los objetivos que esta presenta. COBIT, tiene una serie de recursos que pueden servir de modelo de referencia para la gestión TIC, incluyendo un resumen ejecutivo, un framework, objetivos de control, mapas de auditoría, herramientas para su implementación y principalmente, una guía de técnicas de gestión.

Básicamente COBIT 4.1 se compone de 4 dominios, que se descomponen en 34 procesos que cubren 215 objetivos de control mediante 1547 prácticas de control.

COBIT enfatiza el cumplimiento normativo, ayuda a las organizaciones a incrementar el valor de TIC, apoya el alineamiento con el negocio y simplifica la implantación de la gobernanza TIC. Es un marco de gobernanza TIC que permite a gerentes acortar el hueco entre exigencias de control, aspectos técnicos y riesgos de negocio. COBIT permite el desarrollo claro de políticas y buenas prácticas para el control de TIC en todos los ámbitos de la organización.

Los beneficios que ofrece este modelo son:

- Obtener información de alta calidad para apoyar las decisiones del negocio.
- Lograr los objetivos estratégicos y darse cuenta de los beneficios del negocio a través del uso efectivo e innovador de las TIC.
- Lograr excelencia operativa a través de una aplicación fiable y eficiente de la tecnología.
- Mantener niveles aceptables de riesgos relacionados con las TIC.
- Optimizar los costos de los servicios de TI y tecnología.
- Apoyar el cumplimiento de las leyes, reglamentos, acuerdos contractuales y las políticas.

Las áreas de enfoque de gobierno de TIC describen los tópicos en los que la dirección ejecutiva requiere poner atención para gobernar las TIC en sus empresas. La dirección operacional usa procesos para organizar y administrar las actividades cotidianas de TIC. COBIT brinda un modelo de procesos genéricos que representa todos los procesos que normalmente se encuentran en las funciones de TI, ofreciendo un modelo de referencia común entendible para los gerentes operativos de TI y del negocio. Se establecen equivalencias entre los modelos de procesos COBIT y las áreas de enfoque del gobierno de TIC, sobre la que apoyamos este trabajo, si bien existen otros como la equivalencia de los procesos TIC con COSO, recursos TIC de COBIT y criterios de información COBIT), ofreciendo así un puente entre lo que los gerentes operativos deben realizar y lo que los ejecutivos desean gobernar.

Las áreas de enfoque de COBIT son:

Alineación estratégica, se enfoca en garantizar la alineación entre los planes de negocio y de TIC; en definir, mantener y validar la propuesta de valor de TI; y en alinear las operaciones TIC con las operaciones de la empresa.

Entrega de valor, se refiere a ejecutar la propuesta de valor a todo lo largo del ciclo de entrega, asegurando que TIC genere los beneficios prometidos en la estrategia, concentrándose en optimizar los costos y blindar el valor intrínseco de TIC.

Administración de recursos, trata de la inversión óptima, así como la administración adecuada de los recursos críticos de TIC; aplicaciones, información, infraestructura y personas. Los temas claves se refieren a la optimización conocimiento y de infraestructura.

Administración de riesgos, requiere conciencia de los riesgos por parte de los altos ejecutivos de la empresa, un claro entendimientos del apetito de riesgo que tiene la empresa, comprender los requerimientos de cumplimiento, transparencia de los riesgos, significativos para la empresa, y la inclusión de las responsabilidades de la administración de riesgos.

Medición del desempeño, rastrea y monitoriza la estrategia de la implementación, la terminación del proyecto, el uso de los procesos y la entrega del servicio, con el uso, por

ejemplo, de "balanced scorecards" que traducen la estrategia en acción para lograr las metas medibles más allá del registro convencional.

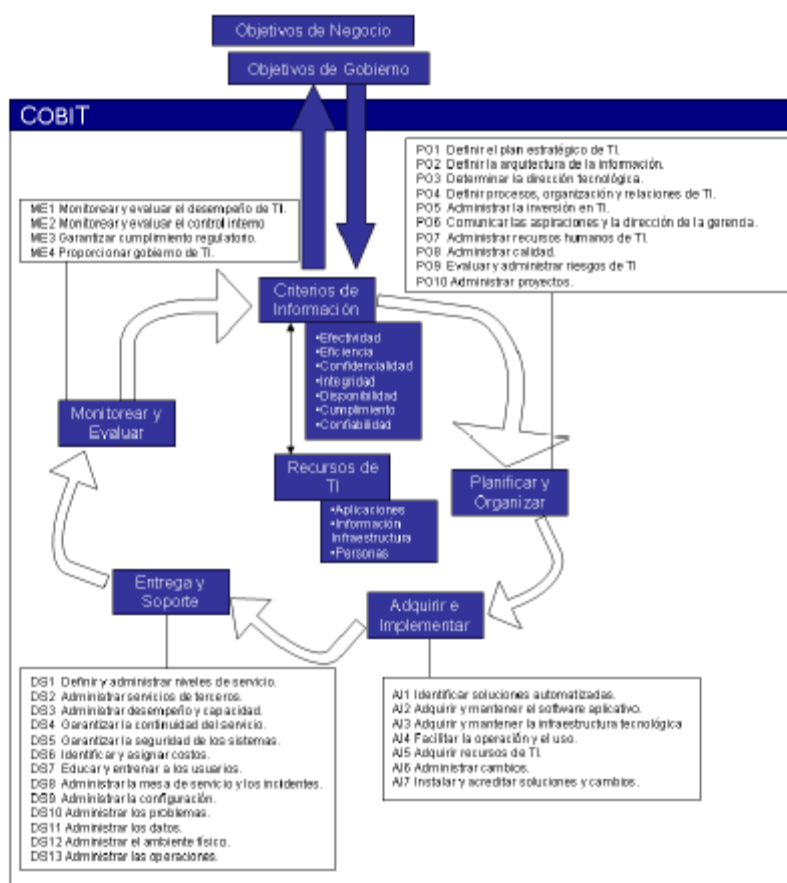


Ilustración 2: Marco de trabajo completo COBIT

1.2.1 Dominios

COBIT define las actividades de TI en un modelo genérico de procesos organizado en cuatro dominios. Estos dominios son Planear y Organizar, Adquirir e Implementar, Entregar y Dar Soporte y Monitorear y Evaluar. Los dominios se equiparan a las áreas tradicionales de TI de planear, construir, ejecutar y monitorear, propios del ciclo de DEMING.

Planear y Organizar (PO)

Este dominio cubre las estrategias y las tácticas, y tiene que ver con identificar la manera en que las TIC puede contribuir de la mejor manera al logro de los objetivos del negocio. Además, la realización de la visión estratégica requiere ser planeada, comunicada y administrada desde diferentes perspectivas. Finalmente, se debe implementar una estructura organizacional y una estructura tecnológica apropiada

- PO1 Definir un Plan Estratégico de TIC.
- PO2 Definir la Arquitectura de la Información.
- PO3 Determinar la Dirección Tecnológica .
- PO4 Definir los Procesos, Organización y Relaciones de TIC.
- PO5 Administrar la Inversión en TIC.
- PO6 Comunicar las Aspiraciones y la Dirección de la Gerencia
- PO7 Administrar Recursos Humanos de TIC.
- PO8 Administrar la Calidad.
- PO9 Evaluar y Administrar los Riesgos de TIC.
- PO10 Administrar Proyectos.

Adquirir e implementar (AI)

Para llevar a cabo la estrategia TIC, las soluciones de TIC necesitan ser identificadas, desarrolladas o adquiridas así como implementadas e integradas en los procesos del negocio. Además, el cambio y el mantenimiento de los sistemas existentes está cubierto por este dominio para garantizar que las soluciones sigan satisfaciendo los objetivos del negocio

- AI1 Identificar soluciones automatizadas.
- AI2 Adquirir y mantener el software aplicativo.
- AI3 Adquirir y mantener la infraestructura tecnológica
- AI4 Facilitar la operación y el uso.
- AI5 Adquirir recursos de TIC.
- AI6 Administrar cambios.
- AI7 Instalar y acreditar soluciones y cambios.

Entrega y dar soporte (DS)

Este dominio cubre la entrega en sí de los servicios requeridos, lo que incluye la prestación del servicio, la administración de la seguridad y de la continuidad, el soporte del servicio a los usuarios, la administración de los datos y de las instalaciones operativos.

- DS1 Definir y administrar los niveles de servicio.
- DS2 Administrar los servicios de terceros.
- DS3 Administrar el desempeño y la capacidad.
- DS4 Garantizar la continuidad del servicio.
- DS5 Garantizar la seguridad de los sistemas.
- DS6 Identificar y asignar costos.
- DS7 Educar y entrenar a los usuarios.
- DS8 Administrar la mesa de servicio y los incidentes.
- DS9 Administrar la configuración.
- DS10 Administrar los problemas.
- DS11 Administrar los datos.
- DS12 Administrar el ambiente físico .
- DS13 Administrar las operaciones .

Monitorizar y evaluar (ME)

Todos los procesos de TIC deben evaluarse de forma regular en el tiempo en cuanto a su calidad y cumplimiento de los requerimientos de control. Abarca la administración del desempeño, el monitoreo del control interno, el cumplimiento regulatorio y la aplicación del gobierno.

- ME1 Controlar y Evaluar el Desempeño de TIC.
- ME2 Controlar y Evaluar el Control Interno .
- ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio .
- ME4 Proporcionar Gobierno de TIC.

1.2.2. Modelo de Madurez

El modelo de madurez para la administración y el control de los procesos de TIC se basa en un método de evaluación de la organización, de tal forma que se pueda evaluar a sí misma desde un nivel de no-existente(o) hasta un nivel de optimizado(5). Este enfoque se deriva del modelo de madurez que el Software Engineering Institute definió para la madurez de la capacidad del desarrollo de software.

Cualquiera que sea el modelo, las escalas no deben ser demasiado granulares, ya que eso haría que el sistema fuera difícil de usar y sugeriría una precisión que no es justificable debido a que en general, el fin es identificar dónde se encuentran los problemas y cómo fijar prioridades para las mejoras.

Los niveles de madurez están diseñados como perfiles de procesos TIC que una empresa reconocería como descripciones de estados posibles actuales y futuros. No están diseñados para ser usados como un modelo limitante, donde no se puede pasar al siguiente nivel superior sin haber cumplido todas las condiciones del nivel inferior. Con los modelos de madurez de COBIT, a diferencia de la aproximación del CMM original de SEI, no hay intención de medir los niveles de forma precisa o probar a certificar que un nivel se ha conseguido con exactitud. Una evaluación de la madurez de COBIT resultará en un perfil donde las condiciones relevantes a diferentes niveles de madurez se han conseguido.

Así, por modelo de madurez se entiende el nivel de adaptación de una organización a la metodología, marco de trabajo o buenas prácticas que se estén aplicando. Además permite que la organización escoja el nivel al que desea llegar. La evaluación permitirá por lo tanto saber en que grado de madurez se encuentra la organización.

0 No Existente: Carencia completa de cualquier proceso reconocible. La empresa no ha reconocido siquiera que existe un problema a resolver.

1 Inicial: Existe evidencia de que la empresa ha reconocido que los problemas existen y requieren ser resueltos. Sin embargo; no existen procesos estándar en su lugar existen enfoques *ad-hoc* que tienden a ser aplicados de forma individual o caso por caso. El enfoque general hacia la administración es desorganizado.

2 Repetible: Se han desarrollado los procesos hasta el punto en que se siguen procedimientos similares en diferentes áreas que realizan la misma tarea. No hay entrenamiento o comunicación formal de los procedimientos estándar, y se deja la responsabilidad al individuo. Existe un alto grado de confianza en el conocimiento de los individuos y, por lo tanto, los errores son muy probables.

3 Definido: Los procedimientos se han estandarizado y documentado, y se han difundido a través de entrenamiento. Sin embargo, se deja que el individuo decida utilizar estos procesos, y es poco probable que se detecten desviaciones. Los procedimientos en sí no son sofisticados pero formalizan las prácticas existentes.

4 Administrado: Es posible monitorear y medir el cumplimiento de los procedimientos y tomar medidas cuando los procesos no estén trabajando de forma efectiva. Los procesos están bajo constante mejora y proporcionan buenas prácticas. Se usa la automatización y herramientas de una manera limitada o fragmentada.

5 Optimizado: Los procesos se han refinado hasta un nivel de mejor práctica, se basan en los resultados de mejoras continuas y en un modelo de madurez con otras empresas. TIC se usa de forma integrada para automatizar el flujo de trabajo, brindando herramientas para mejorar la calidad y la efectividad, haciendo que la empresa se adapte de manera rápida.

1.2.3 Mapeo de COBIT con Gobernanza TIC

La tabla que utilizamos como dato cualitativo a cuantificar para buscar el grado de madurez de un proceso es la siguiente y refleja el mapeo de procesos con las áreas focales del gobierno TIC. La tabla presenta por un lado los niveles de importancia de cada proceso así como su nivel de facilitador que presenta cada proceso para cada área de enfoque o focal (AF), ya sea primario (P), secundario (S) o no aplicable (); donde un grado primario de facilitación supondrá que el proceso tendrá una repercusión importante en el área de enfoque cuando se consiga, mientras que el secundario tendrá un impacto menor o no tan necesario como el primario.

Proceso	Nivel de Importancia	AF1	AF2	AF3	Af4	AF5
PO1 Definir un Plan Estratégico de TI	Alta	P		S	S	
PO2 Definir la Arquitectura de la Información	Baja	P	S	P	S	
PO3 Determinar la Dirección Tecnológica	Media	S	S	P	S	
PO4 Definir los Procesos, Organización y Relaciones de TI	Baja	S		P	P	
PO5 Administrar la Inversión en TI	Media	S	P	S		S
PO6 Comunicar las Aspiraciones y la Dirección de la Gerencia	Media	P			P	
PO7 Administrar Recursos Humanos de TI	Baja	P		P	S	S
PO8 Administrar la Calidad	Media	P	S		S	
PO9 Evaluar y Administrar los Riesgos de TI	Alta	P			P	
PO10 Administrar Proyectos	Alta	P	S	S	S	S
AI1 Identificar soluciones automatizadas.	Media	P	P	S	S	
AI2 Adquirir y mantener el software aplicativo.	Media	P	P		S	
AI3 Adquirir y mantener la infraestructura tecnológica	Baja			P		
AI4 Facilitar la operación y el uso.	Baja	S	P	S	S	
AI5 Adquirir recursos de TI.	Media		S	P		
AI6 Administrar cambios.	Alta		P	S		
AI7 Instalar y acreditar soluciones y cambios.	Media	S	P	S	S	S
DS1 Definir y administrar los niveles de servicio	Media	P	P	P		P
DS2 Administrar los servicios de terceros	Baja		P	S	P	S
DS3 Administrar el desempeño y la capacidad	Baja	S	S	P	S	S
DS4 Garantizar la continuidad del servicio	Media	S	P	S	P	S
DS5 Garantizar la seguridad de los sistemas	Alta				P	
DS6 Identificar y asignar costos	Baja		S	P		S
DS7 Educar y entrenar a los usuarios	Baja	S	P	S	S	
DS8 Administrar la mesa de servicio y los incidentes	Baja		P			S
DS9 Administrar la configuración	Media		P	P	S	
DS10 Administrar los problemas	Media		P		S	S
DS11 Administrar los datos	Alta		P	P	P	
DS12 Administrar el ambiente físico	Baja			S	P	
DS13 Administrar las operaciones	Baja			P		
ME1 Controlar y Evaluar el Desempeño de TI	Alta	S	S	S	S	P
ME2 Controlar y Evaluar el Control Interno	Media		P		P	
ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio	Alta	P			P	
ME4 Proporcionar Gobierno de TI	Alta	P	P	P	P	P

Tabla 1: Mapeo procesos COBIT con Gobernanza TIC

1.3 Fundamentos Matemáticos del modelo.

La primera parte del trabajo tiene como objetivo obtener el peso de los distintos procesos COBIT. Para este fin utilizaremos un modelo difuso de proceso analítico jerárquico (FAHP) con números triangulares difusos. Definiremos la estructura de objetivos, criterios y subcriterios a partir del mapeo que presenta COBIT de sus procesos a las áreas de enfoque de la Gobernanza TIC, esto es alineación estratégica, entrega de valor, administración de recursos, administración de riesgos y medición del desempeño y de la valoración que se realiza de los niveles de importancia de cada proceso.

En la segunda parte probaremos el modelo, utilizando la evaluación realizada por los encargados TIC de empresas de distintos sectores ubicados en la región de Rio Grande do Sul en Brasil, basada en los modelos de madurez que daban a su organización para cada proceso COBIT.

1.3.1 Conjuntos difusos.

En 1965 Zadeh de la universidad de Berkeley, introdujo la teoría de conjuntos difusos a partir del principio de incompatibilidad:

"Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes."(Zadeh,1965)

La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es mayoritariamente de tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellas. Permite, por lo tanto, trabajar a la vez con datos numéricos y términos lingüísticos.

Hay que destacar que los términos lingüísticos son inherentemente menos precisos que los datos numéricos pero en muchas ocasiones aportan una información más útil para el razonamiento humano. Así permiten reproducir los juicios del razonamiento de un modo más aproximado que la lógica clásica, ya que consiguen que una afirmación no sea sí o no únicamente, sino que permite utilizar rango de valores intermedios entre la absoluta certeza y la absoluta falsedad.

Los conjuntos difusos se determinan mediante funciones que definen el grado de certeza que hay en la pertenencia de un elemento x a un conjunto dado. Los números difusos son conjuntos difusos usados en relación con aplicaciones donde una representación explícita de la ambigüedad o incertidumbre encontradas en datos numéricos es deseable. En un sentido intuitivo, ellos son conjuntos difusos que representan el significado de declaraciones tales, como próximo a 3 o cercano a 5 y medio. En otras palabras, los números difusos toman en cuenta el aproximado, casi y no casi.

Los números difusos pueden tener diferentes formas, triangular, trapezoidal, gaussiana, campana generalizada: ejemplos a continuación, modelos de números exactos (crisp) y su equivalente difuso simétrico e intervalos de números y su equivalente, el modelo trapezoidal simétrico:

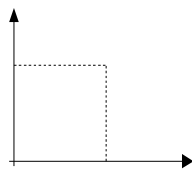


Ilustración 3: Número real ordinario

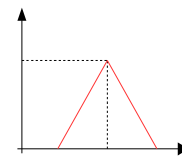


Ilustración 4: Equivalente, número difuso triangular simétrico

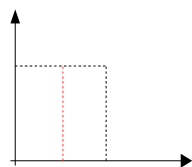


Ilustración 5: Intervalo Cerrado (crisp)

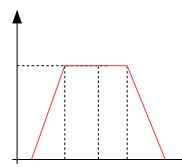


Ilustración 6: Equivalente número difuso trapezoidal simétrico

También sería número difuso, el siguiente expresado a trozos.

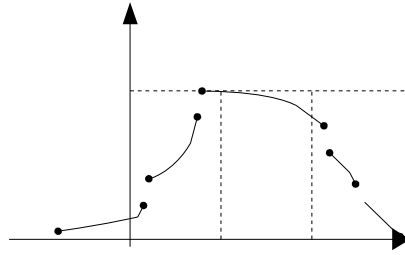


Ilustración 7: Número difuso a trozos

Aunque las formas triangulares y trapezoidales de las funciones de pertenencia mostradas en la ilustraciones 4 y 6 son muy utilizadas para representar números difusos, otras formas pueden ser preferibles en algunas aplicaciones. Más aún, las funciones de pertenencia de números difusos no son necesariamente simétricas como las representadas. Bastante típicas son las llamadas "forma de campana" de las funciones de pertenencia, ya sean de forma simétrica o asimétrica

1.3.2 Número difuso triangular.

Un número difuso triangular es un tipo especial de número difuso definido por tres números reales, expresados como (l, m, u) , donde l es el límite inferior, m punto en el cual se alcanza el valor máximo y u el límite superior. La función que lo determina es de la forma $M(l,m,u)$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & \text{si } l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & \text{si } m \leq x \leq u \\ 0 & \text{si } x < l \vee x > u \end{cases}$$

En el caso trapezoidal en cambio tendríamos:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < l \\ \frac{x-l}{m_1-l} & \text{si } l \leq x \leq m_1 \\ 1 & \text{si } m_1 \leq x \leq m_2 \\ \frac{u-x}{u-m_2} & \text{si } m_2 \leq x \leq u \\ 0 & \text{si } x < l \vee x > u \end{cases}$$

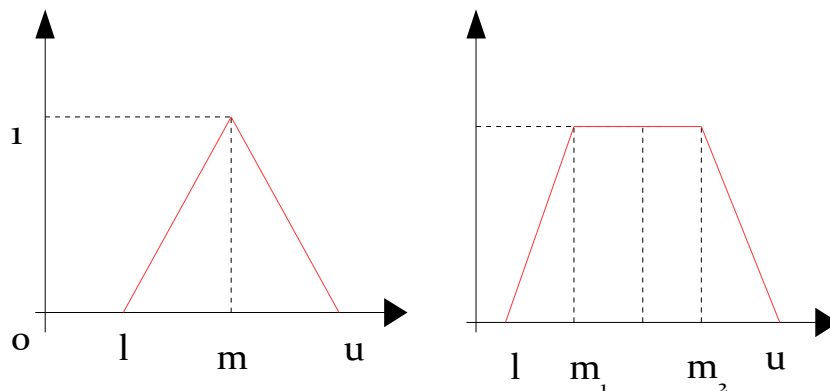


Ilustración 8: Números difusos triangular y trapezoidal

Vamos a recordar que si bien la suma, resta y multiplicación de números difusos por un número real devuelve un número difusos triangular, la multiplicación, el inverso y la división, entre otras operacion, no tienen por que tener como resultado un número difuso triangular.

Sean $A=(a_1,a_2,a_3)$ y $B=(b_1,b_2,b_3)$ dos números difusos triangulares, las operaciones aritméticas básicas son:

$A+B=(a_1+b_1,a_2+b_2,a_3+b_3)$ $A-B=a_1-b_3,a_2-b_2,a_3-b_1)$ $A*B=(a_1 b_1,a_2 b_2,a_3 b_3)$ $nA=(na_1,na_2,na_3)$ $-A=(-a_3,-a_2,-a_1)$ $1/A=(1/a_3,1/a_2,1/a_1)$
--

Tabla 2: Operaciones básicas números difusos triangulares.

Para los números difusos trapezoidales, con $A=(a_1,a_2,a_3,a_4)$ y $B=(b_1,b_2,b_3,b_4)$:

$A+B=(a_1+b_1,a_2+b_2,a_3+b_3,a_4+b_4)$ $A-B=a_1-b_4,a_2-b_3,a_3-b_2,a_4-b_1)$ $A*B=(a_1 b_1,a_2 b_2,a_3 b_3,a_4 b_4)$ $nA=(na_1,na_2,na_3,na_4)$ $-A=(-a_4,-a_3,-a_2,-a_1)$ $1/A=(1/a_4,1/a_3,1/a_2,1/a_1)$
--

Tabla 3: Operaciones básicas números difusos trapezoidales.

1.4. Proceso analítico jerárquico.

1.4.1 Modelo.

El proceso analítico jerárquico es un método discreto desarrollado por Thomas Saaty de la Universidad de Pittsburg en la década de los 80 del siglo pasado, (Saaty 1980) . Es una herramienta de análisis que permite resolver problemas complejos que involucran múltiples objetivos incorporando criterios de decisión cualitativos y cuantitativos.

Como características sobre otros modelos están que permite convertir en objetivos matemáticos procesos inevitablemente subjetivos, en donde se manifiesten preferencias personales o grupales en la toma de decisión. Por lo tanto lleva asociado el realizar un juicio sobre cada uno de los objetivos y establecer niveles de preferencia para cada una de las alternativas del problema. El resultado es una clasificación con prioridades, que indica la preferencia general para cada una de las alternativas de decisión. En general suele utilizarse en problemas que requieren evaluar y medir criterios muy diferentes.

La ventaja principal que presenta con otras técnicas es la capacidad de trabajar con múltiples criterios los cuales pueden ser cuantitativos o cualitativos.

Las etapas en el desarrollo de un estudio utilizando técnicas AHP son:

- 1.- Definir el problema y establecer claramente los objetivos y las alternativas que presenta el problema.
- 2.- "Deconstruir" el problema en una estructura jerárquica con elementos de decisión. En un alto nivel se encontrarán los objetivos generales, a partir de ellos encontramos los criterios divididos en objetivos y subobjetivos hasta alcanzar el nivel de las alternativas de decisión

- 3.- Realizar las comparaciones pareadas entre los elementos de decisión, creando matrices de comparación en función de la importancia relativa que se da a cada factor de los niveles jerárquicos.
- 4.- Comprobar la consistencia de las matrices para garantizar que los juicios realizados por los especialistas son coherentes.
- 5.- A partir de las matrices obtenidas estimar los pesos relativos de cada elementos de decisión en relación con el objetivo general
- 6.- Evaluar las alternativas en base a los pesos de los elementos de descisión obtenidos .

La jerarquía AHP más simple tienen 3 niveles (conjunto de alternativas, conjunto de atributos y objetivo). Hay que destacar que cada elemento de un nivel tiene influencia sobre los elementos del nivel superior.

Ahp utiliza una escala numérica de 9 para establecer las prioridades da cada par de criterios que se conoce como escala de Saaty:

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Las 2 actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada Importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente una actividad sobre la otra.
5	Importancia Fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra.
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra: su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso por las partes entre valores adyacentes.
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del método.

Tabla 4: Escala de Saaty para AHP. Saaty, (1980)

Para cada nivel de la jerarquía el decisor debe establecer las prioridades mediante comparación entre pares y, así, determinar los pesos relativos de los criterios. Los números de la escala representan la proporción en la que uno de los elementos que se consideran en la comparación pareada domina al otro respecto a una propiedad o criterio que tienen en común.

Por el principio de comparación recíproca el elemento menor tiene el valor recíproco o inverso respecto al mayor, es decir, si x es el número de veces que un elemento domina a otro, entonces este último es x^{-1} veces dominado por el primero, de tal modo que $x^{-1} \cdot x = x \cdot x^{-1} = 1$. Con esta operación obtenemos la matriz de cada elemento de la jerarquía. Existen diversos métodos para calcular los pesos de cada criterio a partir de las matrices definidas.

Uno de los más comunes, pero computacionalmente complicado es el cálculo de los autovectores (eigenvector) asociados al autovalor máximo (maximum eigenvalue) de la matriz de comparaciones pareadas. Este valor se aproxima al grado de la matriz y se utiliza también para calcular el índice de consistencia (CI) y el ratio de consistencia (CR), que permite controlar la coherencia y consistencia de los juicios realizado por los expertos mediante:

$$\text{Ratio de Consistencia} = \frac{\text{Índice de Consistencia}}{\text{Índice Aleatorio}} \quad (1)$$

Se considera un valor aceptable cuando el ratio de consistencia el menor de 0,1 donde el índice de consistencia que mide la consistencia de la matriz de comparaciones pareadas.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

El índice aleatorio mide la consistencia de una matriz de aleatoria. El índice aleatorio propuesto es el propio de Saaty, se puede encontrar en la literatura cuantioso trabajo al respecto, el proceso consiste en generar un número elevado de matrices de forma aleatoria y calcular su índice de consistencia.

Grado	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice aleatorio	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48,	1,56	,157	1,58

Tabla 5 : Índice aleatorio propuesto por Saaty, (Saaty, 1980)

Por último veamos los llamados Axiomas de AHP

Axioma nº 1: Juicios recíprocos. Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que

$$a_{ij}=1/a_{ji}$$

Axioma nº 2.- Homogeneidad de los elementos. Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud de jerarquía.

Axioma nº3: Estructura jerárquica. Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

Axioma nº 4.- Orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

Con todo la anterior la matriz resultante para un nivel de comparación sería:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

1.4.2 Ventajas AHP

Las ventajas que ofrece AHP son facilidad de utilizar múltiples criterios, la posibilidad de utilizar variables lingüísticas, el alto conocimiento que se alcanza del problema por la estimación de los valores de comparación. Como contrapartida se paga un alto coste computacional.

AHP ha sido ampliamente utilizado en distintos proyectos, relacionados con las TIC encontramos trabajos relativos a la gestión de proyectos (Al-Subhi Al-Harbi,1999), Evaluación del servicio TIC (Wan, 2011), selección de herramientas de gestión del conocimiento (Grimaldi y Rippa, 2011), gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de sistemas empotrados (Rodríguez, 2009) y al control modelos de evaluación de los controles TIC sobre la gestión de riesgos (Huang, 2011).

1.4.3. Críticas al modelo:

A pesar de su popularidad el método AHP es a menudo criticado por su poca capacidad para gestionar la incertidumbre e imprecisión asociada a los juicios realizados por los decisores con sus valoraciones numéricas. Existen distintas evoluciones al método, como el Proceso analítico en red ANP, Analytic Network Process), o la utilización de métodos difusos como FAHP o números por intervalos como los vistos en la ilustración 5 a partir de los que se construye el método Interval analytical hierarchy process, (Xia, 2012).

1.5 FAHP

En nuestro caso la alternativa, o extensión, elegida es utilizar la teoría de conjuntos difusos para cambiar las valoraciones numéricas de juicios exactos, crisp numbers, por números difusos, que incorporan la vaguedad del pensamiento humano, permitiendo que sean variables lingüísticas. Así tenemos lo jerarquía analítica difusa de procesos, extensión de AHP.

Utilizaremos números difusos trianGulares, aunque ya hemos visto la posibilidad de utilizar otro tipo como gaussianos o trapezoidales. En esta ocasión a la hora de comparar dos elementos, el valor exacto a_{ij} que obtuvimos anteriormente se convierte en una aproximación mediante un ratio difuso, representado por un número difuso triangular. Por lo demás la construcción de un modelo jerárquico FAHP es exactamente igual al original AHP. Los números difusos requeridos para formar la matriz de decisión pueden ser determinados directamente de acuerdo con el decisor o derivarse de una escala verbal definida. Así la tabla 5 ahora se convierte en la siguiente tabla. Como en el caso general de Ahp serán necesarias $n(n-1)/2$ comparaciones .

La matriz de comparaciones queda construida:

$$\tilde{A} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{1} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

donde $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$; $\tilde{1} = (1,1,2)$ y para el recíproco $\tilde{a}_{ji} = \frac{1}{[\tilde{a}_{ij}]}$

La conversión entre números enteros AHP y los números difusos utilizados en el modelo difuso se recoge en la tabla siguiente:

Intensidad	AHP	FAHP número difuso
De igual importancia	1	(1,1,2)
Moderada Importancia	3	(2,3,4)
Importancia Fuerte	5	(4,5;6)
Muy fuerte o demostrada	7	(6,7,8)
Extrema	9	(8,9,9)
Valores intermedios	2,4,6,8	(1,2,3),(3,4,5) (5,6,7)(7,8,9)

Tabla 6: Equivalencia números difusos FAHP con equivalente numérico en AHP

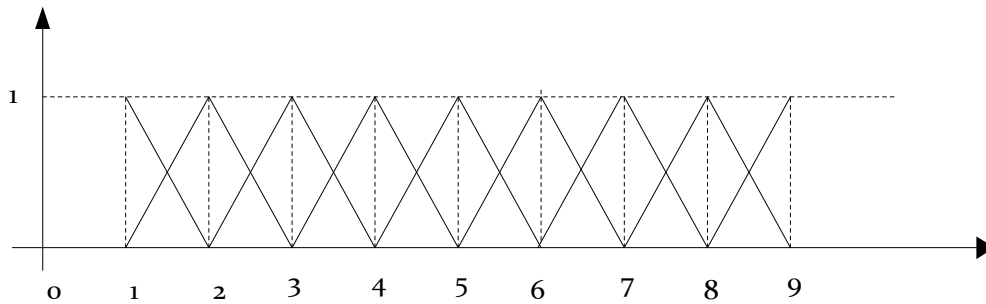


Ilustración 9: Números difusos equivalentes

1.5.1 Cálculo de los pesos

Se encuentran en la literatura distintos métodos para calcular los pesos de los elementos de decisión, uno de los más populares que encontramos en el Fuzzy Extent Analysis de Da-yong Chang de la Universidad de Beijing en 1992. Brevemente se detalla el procedimiento:

1º.- Calcular el valor normalizado de la suma de filas mediante operaciones aritméticas difusas

$$\tilde{S} = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} * \left(\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{kj} \right)^{-1}$$

2º.- Calcular el grado de posibilidad de $\tilde{S}_i \succcurlyeq \tilde{S}_j$, definido como

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \text{superior}_{y \geq x} [\min(\tilde{S}_j(x), \tilde{S}_i(y))]$$

siendo x e y los valores de los procesos o dominios implicados en cada criterio. Esta expresión es equivalente a:

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } m_i \geq m_j \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)} & \text{si } l_j \geq u_i \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

donde $\tilde{S}_i = (l_i, m_i, u_i) \dots y \dots \tilde{S}_j = (l_j, m_j, u_j)$

Utilizando estas expresiones el grado de posibilidad de \tilde{S} de ser mayor que todos los numeros difusos convexos \tilde{S}_j , se computa :

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n) = \min_k V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_k)$$

3º Obtener el vector de prioridad normalizada de la matriz difusa de comparación, definido como:

$$w_i = \frac{V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n)}{\sum_{k=1}^n V(\tilde{S}_k \geq \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n)} ; i = 1, 2, \dots, n$$

En este método el vector final de pesos W, es un vector no difuso por lo que se puede utilizar para evaluar las alternativas basado en los pesos de los elementos de decisión de cada nivel jerárquico. Las prioridades locales representan los pesos relativos de los criterios dentro del grupo con respecto a los padres de la jerarquía. Por otro lado las prioridades globales se obtienen de multiplicar las prioridades locales por los prioridades globales de sus padres.

El método de Chang (1992) no es el único método existente, existen numerosas líneas en la priorización difusa como Boender de Grann, & Lootsma, (1989), basado en la modificación difusa del método de los mínimos cuadrados logarítmicos, Cheng, (1996), Van laarhoven & Pedrycz, el Método del mínimo cuadrado difuso de Xu, (2000). Método basado en la modificación a difuso del mínimo cuadrático logarítmico de Boender, (1989), el método de codificación directa de exacto a difuso de Cstutora y Buckley, (2001), modelo que propone números difusos en lugar de vectores de números exactos como hacemos con Chang, la programación preferente difusa de Mikhailov, 2003, (Group Fuzzy Preference Programming, GFPP) o por último la programación logarítmica de 2 etapas de Wanf et al. (2005).

La aplicación de FAHP al sector TIC está teniendo una gran expansión como puede comprobarse en el ya referido Rodriguez (2012) para el desarrollo de sistemas empotrados, valoración de calidad de webs dedicadas a gobierno electrónico, Markaki et al., (2010) o webs dedicadas al comercio electrónico Liu et al. (2010)

Anteriormente hemos citado como alternativa a los números difusos los intervalos, dando lugar al proceso analítico jerárquico por intervalos (IAHP) con numerosos ejemplos como la comparativa de bancos Taziani, (2009), o la eficacia acústica de submarinos Xia et al. (2012)

1.6 Obtención del modelo

En este apartado utilizamos la base teórica presentada hasta el momento para obtener el modelo de evaluación de la Gobernanza TIC, mapeada en sus áreas de enfoque o focales sobre los 34 procesos que forman COBIT, como ya hemos comentado, nos apoyamos en el el proceso analítico jerárquico en su extensión difusa para transformar las estimaciones cualitativas en cuantitativas.

El procedimiento que vamos a llevar a cabo se resume en las etapas siguientes:

- 1 Definición de los objetivos.
2. Construir la estructura jerárquica e identificación de los criterios.
3. Realizar las comparaciones pareadas entre criterios y subcriterios
4. Comprobar la consistencia de las comparaciones.
- 5 Calcular los pesos.

1.6.1 Definición de los objetivos

El modelo desarrollado busca un doble objetivo, Por un lado, evaluar el nivel de prestación de la Gobernanza TIC mediante el uso de los niveles de madurez de COBIT para posteriormente utilizar esta herramienta para identificar los aspectos más críticos en el modelo de Gobernanza a mejorar para optimizar el desempeño de la gobernanza TIC en cada una de las 5 áreas focales.

1.6.2 Construcción de la jerarquía.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se seleccionan los 34 procesos de COBIT asociados a cada área de enfoque, para el primer nivel de la jerarquía de criterios consideramos los dominios principales D_i ($i=1,2,3,4$) definidos por COBIT que forman el primer nivel de jerarquía.

D1: Planificar y Organizar.

D2: Adquirir e implementar

D3: Entregar y dar soporte.

D4: Monitorizar y evaluar.

Los procesos forman el segundo nivel de jerarquía con la notación presentada en el punto 1.2.1.

1.6.3 Comparaciones pareadas entre criterios.

En la formulación de COBIT encontramos la definición de niveles de significación para cada proceso, así como niveles de prioridad asociados a cada proceso y área de enfoque. Con esta información, construimos las matrices de comparaciones pareadas entre áreas y entre los procesos asociados con el mismo dominio. Así el proceso se describe:

Utilizamos el nivel de significación que define COBIT para cada proceso para definir la función

$$I(P_1(i, j)) = \begin{cases} 1 & \text{si la importancia para COBIT es BAJA} \\ 2 & \text{si la importancia para COBIT es MEDIA} \\ 3 & \text{si la importancia para COBIT es ALTA} \end{cases}$$

Además como apreciamos en la tabla 1 COBIT asocia a cada proceso de un área de enfoque un grado de prioridad primaria o secundaria. Según esta tabla se define:

$$Pr_{i,j,k} = \begin{cases} 1 & \text{si proceso } P_{i,j} \text{ es primario en el área } k \\ 0,5 & \text{si proceso } P_{i,j} \text{ es secundario en el área } k \\ 0 & \text{con cualquier otro caso} \end{cases}$$

En primer lugar se definen las comparaciones pareadas entre los dominios con respecto a cada area focal. La representación de la comparación de dos dominios D_a y D_b utilizando la escala de comparación difusa que hemos definido en la tabla 6 , asignando números difusos triangulares a los diferentes niveles de preferencia con respecto al área focal seleccionado.

El cálculo del nivel de importancia se realiza mediante la siguiente operación:

$$ratio(D_a, D_b) = \frac{\sum_{j=1}^{n_a} I(P_{a,j}) PR_{a,j,p}}{\sum_{j=1}^{n_b} I(P_{b,j}) PR_{b,j,p}}$$

El ratio de comparación del Dominio a con el Dominio b se realiza por el cociente entre la suma de productos de los niveles de significación (I) de cada proceso por su grado de prioridad (PR).

$$Pre_{Domains}(D_a, D_b) = \begin{cases} ceil(ratio(D_a, D_b)) & si\ ratio(D_a, D_b) \geq 1 \\ \frac{1}{ceil(\frac{1}{ratio(D_a, D_b)})} & si\ ratio(D_a, D_b) < 1 \end{cases}$$

y

$$Pref_{Proc}(P_{a,i}, P_{b,j}) = \begin{cases} 1 & si\ I(P_{a,i}) PR_{a,i,p} = I(P_{a,j}) \\ 9 & si\ I(P_{a,j,p}) = 0 \\ 1/9 & si\ I(P_{a,j,p}) = 0 \\ ceil\left(\frac{I(P_{a,i}) PR_{a,i,p}}{I(P_{a,j}) PR_{a,j,p}}\right) & si\ (I(P_{a,i}) PR_{a,i,p}) > (I(P_{a,j}) PR_{a,j,p}) \\ 1/ceil\left(\frac{I(P_{a,j}) PR_{a,j,p}}{I(P_{a,i}) PR_{a,i,p}}\right) & si\ (I(P_{a,i}) PR_{a,i,p}) < (I(P_{a,j}) PR_{a,j,p}) \end{cases}$$

Aquí se obtienen los elementos de la tabla de comparación de los dominios y de los procesos. Donde Ceil es la función que devuelve el siguiente número entero con respecto al número real que se ha pasado como argumento a la función. Después de este proceso se realiza la transformación de números exactos (crisp numbers) a números difusos según la tabla 6.

Para realizar las operaciones arriba indicadas de manera práctica se han utilizado dos clases Java que básicamente realizan las siguientes tareas:

FuzzyNumber.java: que permite crear distintos números difusos con distintos constructores y realizar las operaciones básicas suma, diferencia, producto, opuesto, inverso, en nuestro caso las incluidas en la tabla 2 y comparación de números inversos.

PairwiseComparisonMatrix.java: Que permite convertir a números difusos un número entero, calcular el peso de los criterios y otras operaciones básicas de lectura y escritura.

Así a partir de la segunda clase obteníamos las matrices difusas que presentamos, en primer lugar para las áreas focales y después para cada uno de los dominios de cada una de las áreas de enfoque que se aplican a la Gobernanza TIC en COBIT.

Alineación estratégica

	PO	AI	DS	ME
PO	{1,1,2}	{3,4,5}	{4,5,6}	{2,3,4}
AI	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}
DS	{1/6,1/5,1/4}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}
ME	{1/4,1/3,1/2}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}

Entrega de valor

	PO	AI	DS	ME
PO	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
AI	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}

DS	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,1,2}	{2,3,4}
ME	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}

Administración de recursos

	PO	AI	DS	ME
PO	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}
AI	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}
DS	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{2,3,4}
ME	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}

Administración de riesgos

	PO	AI	DS	ME
PO	{1,1,2}	{3,4,5}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}
AI	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{1/4,1/3,1/2}
DS	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{1,2,3}
ME	{1/3,1/2,1}	{2,3,4}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}

Medición del desempeño

	PO	AI	DS	ME
PO	{1,1,2}	{2,3,4}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
AI	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1/7,1/6,1/5}	{1/7,1/6,1/5}
DS	{1,2,3}	{5,6,7}	{1,1,2}	{1,1,2}
ME	{1,2,3}	{5,6,7}	{1,1,2}	{1,1,2}

Una vez que las comparaciones a primer nivel de jerarquía se realizan, se repite el proceso con los diferentes subcriterios, es decir con los distintos procesos asociados a los dominios de cada área focal. De nuevo acudimos a la tabla de valores difusos que se corresponden. Por lo tanto ahora ya podemos obtener las matrices de comparaciones a pares para cada dominio específico.

Así para el área de enfoque Alineamiento Estratégico (AE), que recordemos facilita el entendimiento del consejo directivo y de los ejecutivos sobre temas estratégicos de TI tales como el rol de TI, características propias y capacidades de la tecnología, tendremos:

	PO1	PO2 ₁	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10
PO1	{1,1,2}	{2,3,4}	{2,3,4}	{5,6,7}	{2,3,4}	{1,2,3}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}
PO2	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1/4,1/3,1/2}
PO3	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1/4,1/3,1/2}
PO4	{1/7,1/6,1/5}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/5,1/4,1/3}	{1/3,1/2,1}	{1/5,1/4,1/3}	{1/7,1/6,1/5}	{1/7,1/6,1/5}
PO5	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1/4,1/3,1/2}
PO6	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
PO7	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{1/4,1/3,1/2}
PO8	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
PO9	{1,1,2}	{2,3,4}	{2,3,4}	{5,6,7}	{2,3,4}	{1,2,3}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}
PO10	{1,1,2}	{2,3,4}	{2,3,4}	{5,6,7}	{2,3,4}	{1,2,3}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 7: Dominio 1 de alineamiento estratégico: Planear y Organizar (PO)

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7
AI1	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}
AI2	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}
AI3	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI4	{1/5,1/4,1/3}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
AI5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI6	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI7	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 8: Dominio 2 de alineamiento estratégico: Adquirir e Implementar (AI)

	ME1	ME2	ME3	ME4
ME1	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
ME2	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
ME3	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}
ME4	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 9: Dominio 4 de alineamiento estratégico: Monitorear y Evaluar (ME)

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DS12	DS13
DS1	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS2	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS3	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS4	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS5	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS6	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS7	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS8	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS9	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS10	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS11	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS12	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS13	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 10: Dominio 3 de alineamiento estratégico: Entregar y dar soporte (DS)

Entrega de valor (EV), que supone administrar los programas de inversión habilitados con TIC, para asegurar que ofrezcan el mayor valor posible y así apoyar la estrategia y los objetivos empresariales.

	PO1	PO2 ₁	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10
PO1	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO2	{8,9,9}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}
PO3	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO4	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO5	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}
PO6	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO7	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO8	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO9	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO10	{8,9,9}	{2,3,4}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 11: Dominio 1 de entrega de valor: Planear y Organizar (PO)

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7
AI1	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}
AI2	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}
AI3	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
AI4	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
AI5	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
AI6	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{2,3,4}	{2,3,4}	{1,1,2}	{1,2,3}
AI7	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}

Tabla 12: Dominio 2 de entrega de valor: Adquirir e Implementar (AI)

	ME1	ME2	ME3	ME4
ME1	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
ME2	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
ME3	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
ME4	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 13: Dominio 4 de entrega de valor: Monitorear y Evaluar (ME)

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DS12	DS13
DS1	{1,1,2}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS2	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS3	{1/5,1/4,1/3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/5,1/4,1/3}	{1/5,1/4,1/3}	{1/7,1/6,1/5}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS4	{1,1,2}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS6	{1/5,1/4,1/3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/5,1/4,1/3}	{1/5,1/4,1/3}	{1/7,1/6,1/5}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS7	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS8	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS9	{1,1,2}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS10	{1,1,2}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{8,9,9}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS11	{1,2,3}	{2,3,4}	{5,6,7}	{1,2,3}	{8,9,9}	{5,6,7}	{2,3,4}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS12	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS13	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 14: Dominio 3 de Entrega de Valor: Entregar y dar soporte (DS)

Área de enfoque de la administración de recursos (ARe), que revisa la inversión, uso y asignación de los activos TIC por medio de evaluaciones periódicas de las iniciativas y operaciones TIC para asegurar recursos y alineamientos apropiados con los objetivos estratégicos y los imperativos de negocio actuales y futuros.

	PO1	PO2 ₁	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10
PO1	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}
PO2	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO3	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}
PO4	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO5	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO6	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO7	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO8	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO9	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO10	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 15: Dominio 1 de la administración de recursos: Planear y Organizar (PO)

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7
AI1	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}
AI2	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
AI3	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}
AI4	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
AI5	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1,2,3}
AI6	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{2,3,4}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1,2,3}
AI7	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}

Tabla 16: Dominio 2 de la administración de recursos: Adquirir e Implementar (AI)

	ME1	ME2	ME3	ME4
ME1	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
ME2	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
ME3	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
ME4	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 17: Dominio 4 de la administración de recursos: Monitorear y Evaluar (ME)

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DS12	DS13
DS1	{1,1,2}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{3,4,5}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{3,4,5}	{1,2,3}
DS2	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1/7,1/6,1/5}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}
DS3	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}	{1,2,3}	{1,1,2}
DS4	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}	{1,2,3}	{1,1,2}
DS5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
DS6	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}	{1,2,3}	{1,1,2}
DS7	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1/7,1/6,1/5}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}
DS8	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
DS9	{1,1,2}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{3,4,5}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{3,4,5}	{1,2,3}
DS10	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
DS11	{1,2,3}	{5,6,7}	{2,3,4}	{2,3,4}	{8,9,9}	{2,3,4}	{5,6,7}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{5,6,7}	{2,3,4}
DS12	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{8,9,9}	{1/7,1/6,1/5}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}
DS13	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}	{1,2,3}	{1,1,2}

Tabla 18: Dominio 3 de la administración de recursos: Entregar y dar soporte (DS)

Área de enfoque de administración de riesgos (ARi) que recordemos trabaja con el consejo directivo para definir el nivel de riesgo TIC aceptable por la empresa y obtener garantías razonables que las prácticas de administración de riesgos de TIC son apropiadas para asegurar que el riesgo actual TIC no excede el riesgo aceptable de dirección. Introduce las responsabilidades de administración de riesgos en la organización, asegurando el negocio y las TIC.

	PO1	PO2 ₁	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10
PO1	{1,1,2}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}
PO2	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/7,1/6,1/5}	{1/4,1/3,1/2}
PO3	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
PO4	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
PO5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}
PO6	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{3,4,5}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}
PO7	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/7,1/6,1/5}	{1/4,1/3,1/2}
PO8	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1/3,1/2,1}
PO9	{1,2,3}	{5,6,7}	{2,3,4}	{2,3,4}	{8,9,9}	{1,2,3}	{5,6,7}	{2,3,4}	{1,1,2}	{1,2,3}
PO10	{1,1,2}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{2,3,4}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}

Tabla 19: Dominio 1 de la administración de riesgos: Planear y Organizar (PO)

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7
AI1	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}
AI2	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}
AI3	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI4	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
AI5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI6	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI7	{1,1,2}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 20: Dominio 2 de la administración de riesgos: Adquirir e Implementar (AI)

	ME1	ME2	ME3	ME4
ME1	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
ME2	{1,2,3}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}
ME3	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}
ME4	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 21: Dominio 4 de la administración de riesgos: Monitorear y Evaluar (ME)

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DS12	DS13
DS1	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}
DS2	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{8,9,9}
DS3	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{1/7,1/6,1/5}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/7,1/6,1/5}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}
DS4	{8,9,9}	{1,2,3}	{3,4,5}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{8,9,9}
DS5	{8,9,9}	{2,3,4}	{5,6,7}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{5,6,7}	{8,9,9}	{2,3,4}	{2,3,4}	{1,1,2}	{2,3,4}	{8,9,9}
DS6	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}
DS7	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1,1,2}	{1/5,1/4,1/3}	{1/7,1/6,1/5}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{1/3,1/2,1}	{1/7,1/6,1/5}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}
DS8	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}
DS9	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{8,9,9}
DS10	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{8,9,9}
DS11	{8,9,9}	{2,3,4}	{5,6,7}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{5,6,7}	{8,9,9}	{2,3,4}	{2,3,4}	{1,1,2}	{2,3,4}	{8,9,9}
DS12	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,2,3}	{1/3,1/2,1}	{1/4,1/3,1/2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/4,1/3,1/2}	{1,1,2}	{8,9,9}
DS13	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}

Tabla 22: Dominio 3 de la administración de riesgos: Entregar y dar soporte (DS)

Como último área de enfoque está la medición del desempeño (MD) que confirma que los objetivos de TI confirmados se consiguen o exceden y que el progreso hacia las metas TIC cumple las expectativas. Donde los objetivos confirmados no se han alcanzado o el progreso no es el esperado revisa las acciones correctivas de gerencia.

	PO1	PO2 ₁	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10
PO1	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO2	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO3	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO4	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO5	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}
PO6	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO7	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1/4,1/3,1/2}
PO8	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO9	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
PO10	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{2,3,4}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 23: Dominio 1 de la medición del desempeño: Planear y Organizar (PO)

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7
AI1	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI2	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI3	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI4	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI5	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI6	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
AI7	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 24: Dominio 2 de la medición del desempeño: Adquirir e Implementar (AI)

	ME1	ME2	ME3	ME4
ME1	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}
ME2	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
ME3	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}
ME4	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{1,1,2}

Tabla 25: Dominio 4 de la medición del desempeño: Monitorear y Evaluar (ME)

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DS12	DS13
DS1	{1,1,2}	{3,4,5}	{3,4,5}	{1,2,3}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{3,4,5}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS2	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS3	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS4	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS5	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS6	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS7	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS8	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1/3,1/2,1}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS9	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS10	{1/3,1/2,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,1,2}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,2,3}	{8,9,9}	{1,1,2}	{8,9,9}	{8,9,9}	{8,9,9}
DS11	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS12	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}
DS13	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1/9,1/9,1/8}	{1,1,2}	{1,1,2}	{1,1,2}

Tabla 26: Dominio 3 de la medición del desempeño: Entregar y dar soporte (DS)

1.6.4 Análisis de consistencia

Como hemos visto el ratio de consistencia, **ecuación 1**, nos permite controlar la coherencia y consistencia de los juicios realizado por los expertos, por lo tanto la utilizamos para medir la consistencia de los valores utilizados. En este caso utilizaremos el programa Mathematica y lo realizaremos con los valores exactos (crisp) y suponemos que a partir de esta consistencia, el equivalente difuso es consistente también. A continuación el código para el área de enfoque alineamiento estratégico.

```
(* STRATEGIC ALIGNMENT *)
mStAl={{1,4,5,3},{1/4,1,2,1/2},{1/5,1/2,1,1/2},{1/3,2,2,1}}
Eigenvalues[N[mStAl]]

d1StAl={{1,3,3,6,3,2,3,2,1,1},{0.3333,1,1,2,1,0.5,1,0.5,0.3333,0.3333},{0.3333,1,1,2,1,0.5,1,0.5,0.3333,0.3333},{0.16666,0.5,0.5,1,0.5,0.25,0.5,0.25,0.16666,0.16666},{0.3333,1,1,2,1,0.5,1,0.5,0.3333,0.3333},{0.5,2,2,4,2,1,2,1,0.5,0.5},{0.3333,1,1,2,1,0.5,1,0.5,0.3333,0.3333},{0.5,2,2,4,2,1,2,1,0.5,0.5},{1,3,3,6,3,2,3,2,1,1},{1,3,3,6,3,2,3,2,1,1}}
Eigenvalues[N[d1StAl]]
d2StAl={{1,1,9,4,9,9,2},{1,1,9,4,9,9,2},{0.1111,0.1111,1,0.1111,1,1,0.1111},{0.25,0.25,9,1,9,9,0.5},{0.1111,0.1111,1,0.1111,1,1,0.1111},{0.1111,0.1111,1,0.1111,1,1,0.1111},{0.5,0.5,9,2,9,9,1}}
Eigenvalues[N[d2StAl]]
d3StAl={{1,9,4,2,9,9,4,9,9,9,9,9,9,9,9,9},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1},{0.25,9,1,0.5,9,9,1,9,9,9,9,9,9,9,9,9},{0.5,9,2,1,9,9,2,9,9,9,9,9,9,9,9,9},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1},{0.25,9,1,0.5,9,9,1,9,9,9,9,9,9,9,9,9},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1},{0.1111,1,0.1111,0.1111,1,1,0.1111,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1}}
Eigenvalues[N[d3StAl]]
d4StAl={{1,9,0.5,0.5},{0.1111,1,0.1111,0.1111},{2,9,1,1},{2,9,1,1}}
Eigenvalues[N[d4StAl]]
```

Alineación estratégica	λ_{MAX}	n	CI	RC	
	4,056590	4	0,9	0,020959	
D1	10,024900	10	1,49	0,001857	
D2	7,334600	7	1,32	0,042247	
D3	13,305000	13	1,56	0,016293	
D4	4,060650	4	0,9	0,022463	
Entrega de valor	λ_{MAX}	n	CI	RC	
	4,071010	4	0,9	0,026300	
	D1	10,349600	10	1,49	0,026070
	D2	7,152590	7	1,32	0,019266
	D3	13,679800	13	1,56	0,036314
D4	4,121320	4	0,9	0,044933	
Gestión de Recursos	λ_{MAX}	n	CI	RC	
	4,071010	4	0,9	0,026300	
	D1	10,243800	10	1,49	0,018180
	D2	7,207450	7	1,32	0,026193
	D3	13,689900	13	1,56	0,036854
D4	4,060650	4	0,9	0,022463	
Gestión de riesgos	λ_{MAX}	n	CI	RC	
	4,081270	4	0,9	0,030100	
	D1	10,370300	10	1,49	0,027614
	D2	7,089530	7	1,32	0,011304
	D3	13,823900	13	1,5	0,044012
D4	4,060650	4	0,9	0,022463	

Medida desempeño	λ_{MAX}	n	CI	RC
	4,000000	4	0,9	0,000000
D1	10,160100	10	1,49	0,011939
D2	7,000000	7	1,32	0,000000
D3	13,463400	13	1,56	0,024754
D4	4,000000	4	0,9	0,000000

Tabla 27: Resultados obtenidos del análisis de consistencia

En la tabla se comprueba que todos los valores de la columna de ratio de consistencia RC son inferiores al 10%, por lo tanto la tabla muestra que los datos origen son consistentes y por lo tanto los datos que utilizamos de COBIT cumplen con los requisitos para aplicar el modelo.

1.6.5 Cálculo de los pesos relativos para cada criterio

Una vez calculados las comparaciones a pares, la metodología FAHP nos permite calcular los pesos para cada criterio. Como hemos comentado utilizamos la metodología de D-Y Chang,(1992) para calcular los pesos. Así la tabla final que obtenemos es:

Dominio Proceso	Alineación estratégica		Entrega de valor		Gestión de recursos		Gestión de riesgos		Medida desempeño	
	Local	Global	Local	Global	Local	Global	Local	Global	Local	Global
Planear y Organizar		0,63620		0,1194		0,2823		0,34160		0,1946
PO1 Definir un Plan Estratégico de TI	0,18190	0,11572	0	0,00000	0,164	0,04630	0,153	0,05226	0	0,00000
PO2 Definir la Arquitectura de la Información	0,06190	0,03938	0,1599	0,01909	0,1245	0,03515	0,0136	0,00465	0	0,00000
PO3 Determinar la Dirección Tecnológica	0,05480	0,03486	0,1891	0,02258	0,1869	0,05276	0,0887	0,03030	0	0,00000
PO4 Definir los Procesos, Organización y Relaciones de TI	0,00000	0,00000	0	0,00000	0,1238	0,03495	0,0811	0,02770	0	0,00000
PO5 Administrar la Inversión en TI	0,04670	0,02971	0,243	0,02901	0,1206	0,03405	0	0,00000	0,3307	0,06435
PO6 Comunicar las Aspiraciones y la Dirección de la Gerencia	0,12800	0,08143	0	0,00000	0	0,00000	0,1906	0,06511	0	0,00000
PO7 Administrar Recursos Humanos de TI	0,03750	0,02386	0	0,00000	0,1172	0,03309	0,0003	0,00010	0,3085	0,06003
PO8 Administrar la Calidad	0,12540	0,07978	0,1866	0,02228	0	0,00000	0,0729	0,02490	0	0,00000
PO9 Evaluar y Administrar los Riesgos de TI	0,18190	0,11572	0	0,00000	0	0,00000	0,2509	0,08571	0	0,00000
PO10 Administrar Proyectos	0,18190	0,11572	0,2214	0,02644	0,163	0,04601	0,149	0,05090	0,3607	0,07019
Adquirir e implementa.		0,11310		0,285		0,22890		0,02320	0	0,00000
AI1 Identificar soluciones automatizadas	0,29730	0,03362	0,181	0,05159	0,1564	0,03580	0,261	0,00606		
AI2 Adquirir y mantener software aplicativo	0,29730	0,03362	0,1768	0,05039	0	0,00000	0,261	0,00606		
AI3 Adquirir y mantener infraestructura tecnológica	0,00000	0,00000	0	0,00000	0,1505	0,03445	0	0,00000		
AI4 Facilitar la operación y el uso	0,17860	0,02020	0,117	0,03335	0,0936	0,02143	0,2169	0,00503		
AI5 Adquirir recursos de TI	0,00000	0,00000	0,1069	0,03047	0,2418	0,05535	0	0,00000		
AI6. Administrar cambios	0,00000	0,00000	0,2464	0,07022	0,2139	0,04896	0	0,00000		
AI7.-Instalar y acreditar soluciones y cambios	0,22690	0,02566	0,172	0,04902	0,1438	0,03292	0,261	0,00606		
Entregar y dar soporte		0,00000		0,3879	0,00000	0,3479		0,38640		0,4027
DS1 Definir y administrar los niveles de servicio			0,1306	0,05066	0,1768	0,06151	0	0,00000	0,2233	0,08992
DS2 Administrar los servicios de terceros			0,0822	0,03189	0,0269	0,00936	0,0928	0,03586	0,1206	0,04857
DS3 Administrar el desempeño y la capacidad			0,0422	0,01637	0,0939	0,03267	0,0464	0,01793	0,117	0,04712
DS4 Garantizar la continuidad del servicio			0,1295	0,05023	0,0886	0,03082	0,1508	0,05827	0,1595	0,06423
DS5 Garantizar la seguridad de los sistemas			0	0,00000	0	0,00000	0,2059	0,07956	0	0,00000
DS6 Identificar y asignar costos			0,0388	0,01505	0,0829	0,02884	0	0,00000	0,1131	0,04555
DS7 Educar y entrenar a los usuarios			0,0792	0,03072	0,0182	0,00633	0,0398	0,01538	0	0,00000
DS8 Administrar la mesa de servicio y los incidentes			0,076	0,02948	0	0,00000	0	0,00000	0,109	0,04389
DS9 Administrar la configuración			0,1283	0,04977	0,1746	0,06074	0,0831	0,03211	0	0,00000
DS10 Administrar los problemas			0,1271	0,04930	0	0,00000	0,0956	0,03694	0,1575	0,06343
DS11 Administrar los datos			0,166	0,06439	0,2525	0,08784	0,2059	0,07956	0	0,00000
DS12 Administrar el ambiente físico			0	0,00000	0,0088	0,00306	0,0797	0,03080	0	0,00000
DS13 Administrar las operaciones			0	0,00000	0,0768	0,02672	0	0,00000	0	0,00000
Monitorear y Evaluar		0,2507		0,20770	0,06463	0,1409		0,24880		0,4027
ME1 Monitorear y Evaluar el Desempeño de TI	0,2747	0,06887	0,2701	0,05610	0,4587	0,06463	0,1758	0,04374	0,5	0,20135
ME2 Monitorear y Evaluar el Control Interno	0	0,00000	0,3369	0,06997	0	0,00000	0,2365	0,05884	0	0,00000
ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio	0,3627	0,09093	0	0,00000	0	0,00000	0,2938	0,07310	0	0,00000
ME4 Proporcionar Gobierno de TI	0,3627	0,09093	0,393	0,08163		0,5413	0,07627	0,2938	0,07310	0,5

Tabla 28: Pesos obtenidos

2. Caso de estudio.

2.1 Presentación

Para probar el modelo se utilizan los datos obtenidos en una encuesta realizada por los alumnos del programa de maestría de la Universidad de Vale do Rio dos Sinos en la región brasileña de Rio Grande do Sul, en el contexto de una asignatura impartida por el Dr. Adolfo Alberto Vanti y relacionada con el Gobierno de las Tecnologías de la información. El programa está englobado en las enseñanzas del departamento del Área de Tecnologías de la Información.

La misma consistió en recabar la opinión de los encargados del área de informática sobre la situación del modelo COBIT en su organización. Se les pidió más concretamente que valorarán para cada proceso el nivel de madurez alcanzado y el nivel de importancia que la organización considera para cada proceso. Un ejemplo de resultados es el siguiente:

Tipo	Grande	IPO ₉	Alto	MDS ₁	4	IDS ₉	Bajo
MPO ₁	4	MPO ₁₀	5	IDS ₁	Media	MDS ₁₀	4
IPO ₁	Media	IPO ₁₀	Alto	MDS ₂	5	IDS ₁₀	Media
NPO ₂	4	MAI ₁	5	IDS ₂	Media	MDS ₁₁	4
IPO ₂	Media	IAI ₁	Alto	MDS ₃	4	IDS ₁₁	Bajo
MPO ₃	5	MAI ₂	4	IDS ₃	Media	MDS ₁₂	3
IPO ₃	Media	IAI ₂	Media	MDS ₄	5	IDS ₁₂	Bajo
MPO ₄	3	MAI ₃	5	IDS ₄	Alto	MDS ₁₃	4
IPO ₄	Media	IAI ₃	Alto	MDS ₅	5	IDS ₁₃	Media
MPO ₅	4	MAI ₄	3	IDS ₅	Alto	MMO ₁	4
IPO ₅	Media	IAI ₄	Bajo	MDS ₆	4	IMO ₁	Bajo
MPO ₆	4	MAI ₅	4	IDS ₆	Media	MMO ₂	3
IPO ₆	Alto	IAI ₅	Media	MDS ₇	3	IMO ₂	Bajo
MPO ₇	4	MAI ₆	3	IDS ₇	Bajo	MMO ₃	3
IPO ₇	Media	IAI ₆	Bajo	MDS ₈	4	IMO ₃	Bajo
MPO ₈	5	MAI ₇	4	IDS ₈	Bajo	MMO ₄	4
IPO ₈	Alto	IAI ₇	Media	MDS ₉	3	IMO ₄	Media
MPO ₉	5						

Tabla 29: Ejemplo registro de encuesta

El primer campo de la encuesta refleja el tamaño de la empresa, en este caso grande al tratarse de una empresa multinacional, los campos que empiezan por M indican el nivel de madurez del proceso de 0 a 5 y los que empiezan por I indican el nivel de importancia bajo, medio o alto.

2.2 Tabla de resultados

A partir de los pesos obtenidos en la tabla 28 se realiza la evaluación de las 77 empresas de la región de Gran Rio do Soul de Brasil que realizaron la encuesta y se obtienen los siguientes valores obtenidos para cada una de las áreas de enfoque y su promedio:

Id	Tamaño	Alineamiento estratégico	Entrega de valor	Gestión recursos	Gestión Riesgos	Medición desempeño	Promedio
1	Pequeña	1,43198	2,28794	2,18173	2,09508	2,15804	2,030954
2	Grande	4,27031	4,19335	4,24911	4,26986	4,11868	4,220262
3	Media	3,44520	3,29923	3,22552	3,30304	3,14736	3,28407

4	Micro	1,10994	1,43029	1,51294	1,64414	1,10392	1,360246
5	Grande	4,27472	4,19093	4,15258	4,10700	4,63109	4,271264
6	Grande	1,22760	2,35093	1,77654	1,67369	2,37412	1,880576
7	Grande	4,26873	3,95092	4,03374	4,12862	4,18291	4,112984
8	Media	3,81651	4,04561	4,00713	4,08422	3,78584	3,947862
9	Grande	4,54623	4,30979	4,16454	4,58333	4,54128	4,429034
10	Pequeña	0,89062	1,09704	1,30744	1,42446	0,84023	1,111958
11	Media	3,72420	3,95457	3,90753	3,75067	3,64736	3,796866
12	Pequeña	1,82837	1,70077	1,38928	1,62957	1,96458	1,702514
13	Media	3,26674	3,12539	3,21793	3,30039	3,55973	3,294036
14	Media	2,40343	2,25132	2,31950	2,29302	2,69062	2,391578
15	Micro	0,55589	0,64045	0,69853	0,84127	0,33311	0,61385
16	Pequeña	1,39869	0,93620	1,00415	0,99427	1,14021	1,094704
17	Media	2,77273	3,17486	3,00885	3,25648	3,03145	3,048874
18	Grande	3,96720	4,22431	4,16272	4,41511	4,45647	4,245162
19	Grande	3,34696	3,85643	3,84599	3,73687	2,97764	3,552778
20	Micro	0,81604	1,22605	1,21794	1,01402	0,96407	1,047624
21	Grande	4,01159	4,05310	3,92578	4,29788	4,42030	4,14173
22	Media	1,28610	2,43267	2,22608	2,12446	2,19086	2,052034
23	Pequeña	2,47247	3,39653	3,22166	3,01010	3,56645	3,133442
24	Media	1,20566	1,71608	1,39448	1,47082	1,68765	1,494938
25	Pequeña	0,32312	0,49632	0,44081	0,41107	0,23683	0,38163
26	Micro	0,74499	0,61176	0,50612	0,72026	0,47006	0,610638
27	Grande	3,57202	4,06464	4,06631	3,72783	3,98890	3,88394
28	Grande	3,57202	3,83182	3,93060	3,42810	3,68341	3,68919
29	Pequeña	2,05263	2,13537	1,87471	2,14567	1,75473	1,992622
30	Media	3,25170	3,28728	3,24382	3,28397	3,33923	3,2812
31	Media	3,16943	2,65801	2,75170	2,84275	2,33148	2,750674
32	Media	2,25714	2,66328	2,35073	2,00664	2,67854	2,391266
33	Media	3,44525	3,53431	3,49596	3,65661	3,29141	3,484708
34	Pequeña	0,77390	1,30587	1,15701	1,10243	1,65361	1,198564
35	Grande	4,68529	4,89035	4,81742	4,77668	4,86968	4,807884
36	Grande	3,02982	3,06982	3,10461	3,31621	2,99068	3,102228
37	Media	2,52822	2,64807	2,80063	3,00466	2,12984	2,622284
38	Grande	4,01822	4,39829	4,38403	4,44563	4,37122	4,323478
39		0,68973	1,01707	0,82830	1,12828	0,96572	0,92582
40	Grande	3,48564	3,75908	3,75714	3,86032	3,80269	3,732974
41	Pequeña	1,95752	1,65240	1,80105	1,87439	1,22655	1,702382
42	Media	2,46611	2,68269	2,50419	2,51275	2,44359	2,521866
43	Pequeña	1,45335	1,27467	1,20410	1,81661	0,93427	1,3366
44	Pequeña	2,00007	2,03186	2,00936	2,03587	2,04853	2,025138
45	Media	1,94145	2,41021	2,45012	2,48275	2,49815	2,356536

46	Media	4,35956	4,70521	4,49023	4,64483	4,90724	4,621414
47	Grande	4,25533	3,98970	3,97910	4,46484	4,61007	4,259808
48	Media	2,68777	2,77785	2,85714	2,97877	2,12111	2,684528
49	Media	2,09443	2,16569	2,28752	2,40457	1,67331	2,125104
50	Media	0,22195	0,62240	0,48255	0,25284	0,30094	0,376136
51	Pequeña	0,45419	0,43223	0,34282	0,46573	0,29289	0,397572
52	Media	1,61044	1,53635	1,57312	1,52920	1,66733	1,583288
53	Micro	2,65425	2,92726	2,90795	3,12677	2,67112	2,85747
54	Grande	2,32426	1,70105	1,48084	2,50485	2,16048	2,034296
55	Pequeña	1,82591	1,92751	1,86962	1,87313	1,69146	1,837526
56	Media	1,77840	2,36513	2,31582	2,05381	2,26130	2,154892
57	Media	2,81022	2,91996	2,96959	2,76883	2,49259	2,792238
58	Micro	2,58439	2,01974	1,71114	2,23654	1,76106	2,062574
59	Micro	3,02021	2,91289	2,46422	2,90287	3,29813	2,919664
60	Media	2,87401	3,19254	3,29448	2,95334	3,29794	3,122462
61	Micro	3,08992	3,09404	2,64288	3,03582	3,49981	3,072494
62	Media	3,70128	3,16132	3,18724	3,17668	3,19287	3,283878
63	Media	2,03389	1,36621	1,54467	1,88054	1,54223	1,673508
64	Pequeña	0,64971	0,43501	0,44254	0,58951	0,29289	0,481932
65	Media	0,52482	1,53224	2,00944	1,03370	1,75450	1,37094
66	Media	3,25235	2,78950	3,02750	3,25455	2,95116	3,055012
67	Media	1,35440	1,69894	1,26939	1,81205	1,56522	1,54
68	Grande	4,67738	4,36277	4,41021	4,55149	4,53854	4,508078
69	Pequeña	0,66111	1,09170	1,03807	1,28546	1,11882	1,039032
70	Micro	0,93003	1,11016	1,15639	0,76806	0,84073	0,961074s
71	Grande	4,11555	4,17196	3,79726	4,18791	4,09271	4,073078
72	Grande	4,17640	4,39031	4,41556	4,34354	4,42727	4,350616
73	Grande	4,45458	4,27371	4,24310	4,32857	4,43379	4,34675
74	Pequeña	0,62803	0,63480	0,68867	0,54683	0,15415	0,530496
75	Micro	0,25722	0,45520	0,39249	0,52307	0,37427	0,40045
76	Media	2,14955	1,74188	1,96984	2,11655	1,92965	1,981494
77	Pequeña	2,57683	2,83599	2,65237	2,85654	2,36679	2,657704
	Promedio	2,44862	2,566352	2,51356	2,590644	2,513057	2,526447

Tabla 30 : Modelos de madurez empresas encuestadas

Las columnas se corresponden con los cálculos obtenidos para cada proceso en su área de enfoque correspondiente multiplicado por el nivel de madurez de los procesos definidos por los especialistas encuestados.

Esta tabla la vamos a volver a utilizar más adelante porque nos va a permitir hacer la comparaciones oportunas con los clusters obtenidos con el algoritmo EM utilizando la herramienta Weka con la intención de aproximarnos a los datos obtenidos aquí.

2.3 Grado de entendimiento o aprovechamiento de una empresa

Un problema que afrontan las empresas cuando aplican una metodología, es poder evaluar su entendimiento, ver si realmente tienen una imagen adecuada de los que están aplicando. A partir de los datos obtenidos de la encuesta, utilizamos ahora los niveles de importancia que dan los entrevistados a cada proceso. Generaremos de nuevo los pesos de cada proceso a partir de estos datos como lo hicimos con el modelo COBIT, realizaremos el análisis de consistencia que se obtiene de estos pesos y por último generaremos la tabla resultante de cruzar los nuevos pesos con los niveles de madurez indicados.

Los datos referencia de la empresa a estudiar son:

7	Grande	4,26873	3,95092	4,03374	4,12862	4,18291	4,112984
---	--------	---------	---------	---------	---------	---------	----------

Hay que indicar que los resultados son los de la empresa cuyos niveles de madurez y nivel de importancia reflejamos en la tabla 29.

En la siguiente tabla se presentan los pesos obtenidos y adelantamos para el siguiente paso el nivel de importancia que da el encargado del proyecto en la empresa a cada proceso ya reflejado también en la tabla 29.

En las páginas siguientes se muestra la tabla de consistencia obtenida, la comparativa de los valores obtenidos de un modo, utilizando niveles de importancia COBIT, y de otro, utilizando los niveles de importancia propios de la organización.

Dominio	Nivel importancia	Alineación estratégica		Entrega de valor		Gestión de recursos		Gestión de riesgos		Medida desempeño	
		Local	Global	Local	Global	Local	Global	Local	Global	Local	Global
Planear y Organizar			0,868		0,173	0	0,3405	0	0,4863	0	0,2628
PO1 Definir un Plan Estratégico de TI	Medio	0,101	0,087668	0	0	0,1179	0,04014495	0,0783	0,03807729	0	0
PO2 Definir la Arquitectura de la Información	Medio	0,0988	0,0857584	0,18	0,03114	0,1574	0,0535947	0,0733	0,03564579	0	0
PO3 Determinar la Dirección Tecnológica	Medio	0,0543	0,0471324	0,1777	0,0307421	0,1574	0,0535947	0,0677	0,03292251	0	0
PO4 Definir los Procesos, Organización y	Medio	0,0477	0,0414036	0	0	0,1574	0,0535947	0,1375	0,06686625	0	0
PO5 Administrar la Inversión en TI	Medio	0,04	0,03472	0,2281	0,0394613	0,1156	0,0393618	0	0	0,3238	0,08509464
PO6 Comunicar las Aspiraciones y la Dirección	Alto	0,1405	0,121954	0	0	0	0	0,1706	0,08296278	0	0
PO7 Administrar Recursos Humanos de TI	Medio	0,0963	0,0835884	0	0	0,1574	0,0535947	0,0614	0,02985882	0,3226	0,08477928
PO8 Administrar la Calidad	Alto	0,1405	0,121954	0,2075	0,0358975	0	0	0,1214	0,05903682	0	0
PO9 Evaluar y Administrar los Riesgos de TI	Alto	0,1405	0,121954	0	0	0	0	0,1706	0,08296278	0	0
PO10 Administrar Proyectos	Alto	0,1405	0,121954	0,2066	0,0357418	0,1369	0,04661445	0,1191	0,05791833	0,3537	0,09295236
Adquirir e implementa.			0,132		0,3287	0	0,2361	0	0	0	0
AI1 Identificar soluciones automatizadas	Alto	0,3718	0,0490776	0,2664	0,08756568	0,2083	0,04917963	0	0	0,2973	0
AI2 Adquirir y mantener software aplicativo	Medio	0,2855	0,037686	0,1969	0,06472103	0	0	0	0	0,2973	0
AI3 Adquirir y mantener infraestructura	Medio	0	0	0	0	0,3933	0,09285813	0	0	0	0
AI4 Facilitar la operación y el uso	Bajo	0,1414	0,0186648	0,1257	0,04131759	0,0023	0,00054303	0	0	0,1786	0
AI5 Adquirir recursos de TI	Medio	0	0	0,1153	0,03789911	0,2809	0,06632049	0	0	0	0
AI6. Administrar cambios	Bajo	0	0	0,1032	0,03392184	0	0	0	0	0	0
AI7.-Instalar y acreditar soluciones y cambios	Medio	0,2013	0,0265716	0,1925	0,06327475	0,1152	0,02719872	0	0	0,2269	0
Entregar y dar soporte			0		0,4983		0,4234		0,3946		0,6765
DS1 Definir y administrar los niveles de servicio	Medio	0	0	0,1258	0,06268614	0,1302	0,05512668	0	0	0,1779	0,12034935
DS2 Administrar los servicios de terceros	Medio	0	0	0,1244	0,06198852	0,0878	0,03717452	0,152	0,0599792	0,1378	0,0932217
DS3 Administrar el desempeño y la capacidad	Medio	0	0	0,0849	0,04230567	0,1302	0,05512668	0,0932	0,03677672	0,1364	0,0922746
DS4 Garantizar la continuidad del servicio	Alto	0	0	0,1663	0,08286729	0,1111	0,04703974	0,2077	0,08195842	0,1659	0,11223135
DS5 Garantizar la seguridad de los sistemas	Alto	0	0	0	0	0	0	0,2077	0,08195842	0	0
DS6 Identificar y asignar costos	Medio	0	0	0,0819	0,04081077	0,1302	0,05512668	0	0	0,1349	0,09125985
DS7 Educar y entrenar a los usuarios	Bajo	0	0	0,0788	0,03926604	0,0567	0,02400678	0,0462	0,01823052	0	0
DS8 Administrar la mesa de servicio y los	Bajo	0	0	0,0754	0,03757182	0	0	0	0	0,1138	0,0769857
DS9 Administrar la configuración	Bajo	0	0	0,0717	0,03572811	0,0861	0,03645474	0,0395	0,0155867	0	0
DS10 Administrar los problemas	Medio	0	0	0,123	0,0612909	0	0	0,0891	0,03515886	0,1334	0,0902451
DS11 Administrar los datos	Bajo	0	0	0,0677	0,03373491	0,0843	0,03569262	0,0847	0,03342262	0	0
DS12 Administrar el ambiente físico	Bajo	0	0	0	0	0,0532	0,02252488	0,0799	0,03152854	0	0
DS13 Administrar las operaciones	Medio	0	0	0	0	0,1302	0,05512668	0	0	0	0
Monitorear y Evaluar			0		0		0		0,1191	0	0,0607
ME1 Monitorear y Evaluar el Desempeño de TI	Bajo	0	0	0	0	0,3711	0	0,2747	0,03271677	0,4587	0,02784309
ME2 Monitorear y Evaluar el Control Interno	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio	Bajo	0	0	0	0	0	0	0,3627	0,04319757	0	0
ME4 Proporcionar Gobierno de TI	Medio	0	0	0	0	0,6289	0	0,3627	0,04319757	0,5413	0,03285691

Tabla 31: Pesos a partir niveles de importancia empresa tipo

El análisis de consistencia resultante a partir de los datos de la organización en estudio:

Alineación sestratégico	λ_{MAX}	n	CI	RC organización	RC COBIT
		4,065780	4	0,9	0,024363
D1	10,029800	10	1,49	0,002222	0,001857
D2	7,501730	7	1,32	0,063350	0,042247
D3	13,292300	13	1,56	0,015614	0,016293
D4	4,185520	4	0,9	0,068711	0,022463
Entrega de valor	λ_{MAX}	n	CI	RC organización	RC COBIT
		4,014520	4	0,9	0,005378
D1	10,215500	10	1,49	0,016070	0,026070
D2	7,168140	7	1,32	0,021230	0,019266
D3	13,324800	13	1,56	0,017350	0,036314
D4	4,185520	4	0,9	0,068711	0,044933
Gestión de recursos	λ_{MAX}	n	CI	RC organización	RC COBIT
		4,065780	4	0,9	0,024363
D1	10,243800	10	1,49	0,018180	0,018180
D2	7,413700	7	1,32	0,052235	0,026193
D3	13,591800	13	1,56	0,031613	0,036854
D4	4,249230	4	0,9	0,092307	0,022463
Gestión de riesgos	λ_{MAX}	n	CI	RC organización	RC COBIT
		4,081270	4	0,9	0,030100
D1	10,279400	10	1,49	0,020835	0,027614
D2	7,198860	7	1,32	0,025109	0,011304
D3	13,823900	13	1,5	0,044012	0,044012
D4	4,000000	4	0,9	0,000000	0,022463
Medida desempeño	λ_{MAX}	n	CI	RC organización	RC COBIT
		4,051810	4	0,9	0,019189
D1	10,069000	10	1,49	0,005145	0,011939
D2	7,000000	7	1,32	0,000000	0,000000
D3	13,358900	13	1,56	0,019172	0,024754
D4	4,060650	4	0,9	0,022463	0,000000

Tabla 32: Ratios de consistencia con niveles de importancia de empresa tipo

En el cual se aprecia que presenta un nivel correcto de coherencia los datos indicados por los especialistas de la empresa, al estar el ratio siempre por debajo del 10%. Aunque se aprecia que los niveles de importancia propios de COBIT son por norma general más consistentes que los obtenidos con los datos de la organización. Aunque podemos encontrar por el ejemplo el dominio de monitorización y evaluación de la gestión de riesgos tiene más coherencia en los datos de la empresa que en los propios de COBIT, teniendo la misma puntuación el área focal, por lo tanto se nota que la gestión de riesgos es un punto muy fuerte de esta empresa. Por el contrario el mismo dominio en la gestión de recursos está al límite de la coherencia, mostrando un área de mejora o proceso poco desarrollado.

Con esto podemos establecer que los datos obtenidos, no siendo tan ajustados como podemos esperar en los datos obtenidos en el modo general si serán lo bastante buenos, lo que refleja que la empresa tiene una buena aproximación a COBIT y por lo tanto una potente herramienta de evaluación.

Al cruzar los valores obtenidos con los obtenidos con los niveles de importancia incluidos en COBIT obtenemos la siguiente tabla:

	Con niveles de importancia de COBIT	Con niveles de importancia de la empresa
Alineamiento Estratégico	4,2687344	4,4023508
Entrega de valor	3,95092363	4,18430079
Gestión de recursos	4,0337365	4,18933704
Gestión de riesgos	4,12861912	4,28118002
Medida del desempeño	4,18291065	4,29878113
Media:	4,11298486	4,271189956

Tabla 33: Valores por nivel de importancia y por área de enfoque.

Se observa que la imagen esperada con la obtenida realmente es un poco inferior, pero conserva el nivel de las evaluaciones globales por lo que está claro que la imagen es correcta y por lo tanto el trabajo desarrollado es importante.

3. Análisis mediante técnicas híbridas de minería de datos

Hasta ahora nos hemos apoyados en técnicas de proceso analítico jerárquico para extraer conocimiento sobre los datos obtenidos en la encuesta, a partir de ahora utilizaremos técnicas “básicas” de minería de datos para realizar la valoración de los resultados obtenidos.

Primero se aplica el algoritmo EM a la valoración de todos los procesos, obteniendo la aproximación de las organizaciones a los bins a partir de los niveles de madurez de cada proceso. Se realizan dos casos, con 5 bins y sin parametrización de número de bins. El número de bin elegido es la aproximación a los niveles de madurez de COBIT, despreciando el 0.

Una vez obtenidos los clusters aplicamos distintos algoritmos de selección de atributos para comprobar los atributos fundamentales y volvemos a aplicar el algoritmo de clustering sobre los atributos seleccionados.

Por último aplicamos el algoritmo a priori de asociación sobre los procesos para buscar normas de ocurrencia en los procesos que desaparecen con la selección de atributos por un lado que afecten a la dependencia o no de los dominios en la selección de atributos.

Para todos este procedimiento hemos utilizado la herramienta Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) del departamento de Machine Learning de la Universidad de Waikato en Nueva Zelanda.

3.1 Técnicas de clustering para la valoración de las organizaciones.

A partir de los datos de la encuesta realizada a las 77 empresas vamos a aplicar el algoritmo EM con la herramienta Weka. El algoritmo EM (Expectation- Maximization) asigna a cada instancia una distribución de probabilidad de pertenencia al cluster. El algoritmo puede decidir cuántos clusters crear basado en validación cruzada, o se le puede especificar a priori cuántos debe generar. Utiliza el método Gaussiano finito de mezclas, asumiendo que todos los atributos son variables aleatorias independientes. Es bastante más elaborado que k-medias al requerir muchas más operaciones.

El problema es que no sabemos de qué distribución viene cada dato y no conocemos los parámetros de las distribuciones. El algoritmo EM (*Expectation Maximization*) empieza adivinando los parámetros de las distribuciones y los usa para calcular las probabilidades de que cada objeto pertenezca a un cluster y usa esas probabilidades para volver a estimar los parámetros de las probabilidades, hasta converger (se puede empezar adivinando las probabilidades de que un objeto pertenezca a una clase).

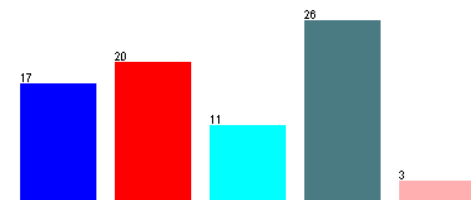
El cálculo de las probabilidades de las clases o los valores esperados de las clases es la parte de *expectation*.

El paso de calcular los valores de los parámetros de las distribuciones, es *maximization*, maximiza la verosimilitud de las distribuciones dados los datos.

Resultados obtenidos con algoritmo EM

Al tener 6 estados de madurez en COBIT, prescindimos del estado 0, no existente, al no estar realmente contemplado en la encuesta y seleccionamos 5 clusters (0-4), para aproximar la solución al modelo de niveles de madurez de COBIT. Weka devuelve los siguientes resultados.

- 0 17 (22%)
- 1 20 (26%)
- 2 11 (14%)
- 3 26 (34%)
- 4 3 (4%)



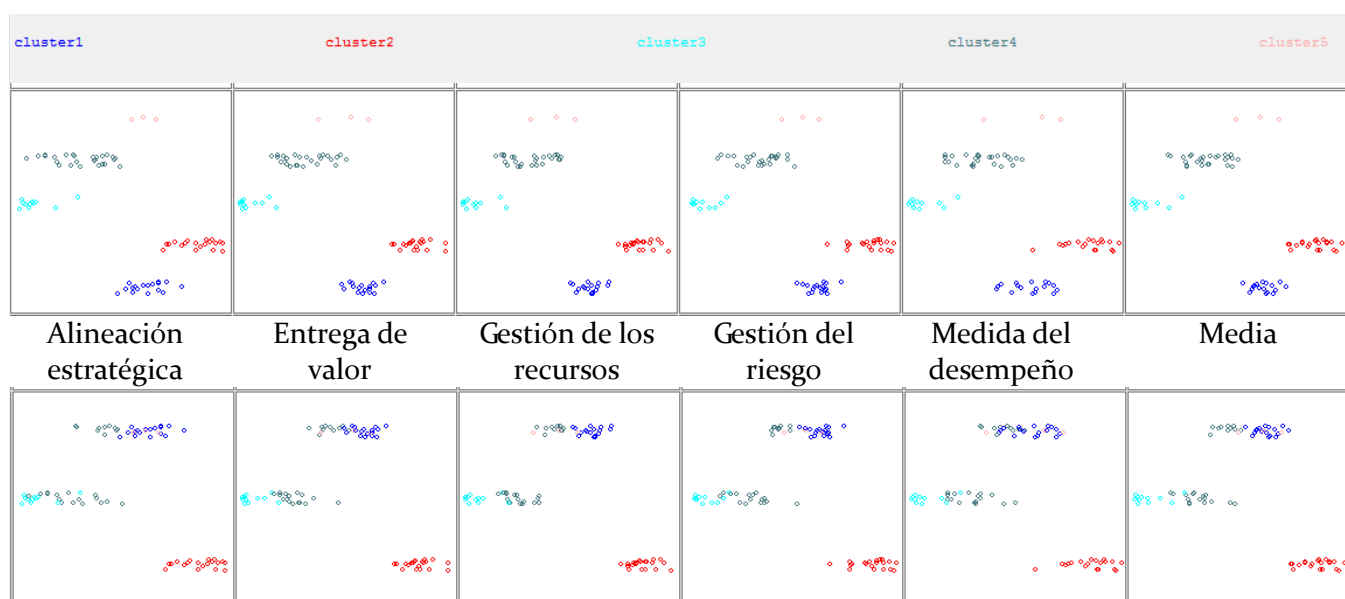
Log likelihood: -47.28982

Cluster	0	1	2	3	4
Proceso	17 (22%)	20(26%)	11 (14%)	26 (34%)	3 (4%)
PO1	3	3,7001	0,7273	1,8418	0,3333
PO2	3,0586	3,8	0,7273	1,34	0,6667
PO3	3,1115	4,3499	0,9091	1,5753	4,3333
PO4	2,9945	4,0499	0,8182	1,3051	1
PO5	3,2868	4,4001	0,9091	2,3861	4,6667
PO6	2,5322	3,75	0	1,2242	4
PO7	1,5963	3,6001	0,0909	0,7609	0
PO8	2,8189	3,9501	1,1818	1,3051	4,6667
PO9	2,9887	4,2001	0,6364	1,3475	3,3333
PO10	3,1114	4,25	0,5455	1,4209	3,3333
AI1	3,5209	4,3999	1,7273	1,7298	2,6667
AI2	3,3509	3,6501	0,8182	2,1893	4,6667
AI3	3,053	4,0999	0,9091	1,7684	3,3333
AI4	2,2928	3,9499	0,3636	1,3823	0
AI5	3,4681	4,2999	0,8182	2,1893	0
AI6	2,9945	3,8999	0,4545	1,807	4,6667
AI7	3,1057	4,25	0,4545	1,6563	0
DS1	2,8832	3,95	0,3636	1,9577	3,3333
DS2	3,4095	4,5501	1,0909	2,3437	4,6667
DS3	3,1697	4,0002	0,4545	1,7684	3
DS4	3,7547	4,6001	1,2727	2,7721	1,3333
DS5	4,1114	4,6	1	3,0386	1
DS6	2,9415	4,1001	0,5455	2,0735	2,6667
DS7	2,0587	3,8	0,2727	2,1158	1
DS8	2,8248	4,45	0,5455	1,5716	2
DS9	3,5208	4,15	0,6364	1,614	0
DS10	2,5852	4,3499	0,3636	1,9614	2,3333
DS11	3,1644	4,1999	0,5455	1,8493	2,6667
DS12	2,7076	3,9501	0,4545	1,726	4
DS13	3,1756	4,35	0,6364	2,0735	2,6667
MO1	2,5905	4,4002	0,0909	1,6102	2,3333
MO2	2,7604	4,4001	0,8182	1,3823	3,6667
MO3	3,4095	4,35	0,6364	2,0735	3,6667
MO4	2,9414	4,1502	0,5455	1,533	3,6667

Tabla 34: Resultados algoritmo EM

El modelo obtenido muestra 5 clusters con valores homogéneos para los 4 primeros clusters; los dos primeros para los valores del tercio superior, teniendo valores de madurez gerenciados y optimizados. El tercero y el cuarto para los valores menores, para el tercero madurez Inicial, y el cuarto para lo valores medios repetible y definido. El último cluster recoge aquellas empresas atípicas con niveles medio-alto, madurez administrado en el dominio de monitorear y evaluar, muy extremos en el dominio planificar y organizar y en el de adquirir o implementar, con madurez inicial, administrado u optimizados. El dominio entregar y dar soporte presenta valores totalmente heterogéneos, sin ninguna pauta observable.

Al observar, en los gráficos que se presentan a continuación, los datos asociados a la evaluación obtenida por cada área de enfoque vemos que se corresponden aproximadamente con los resultados obtenidos por los procesos. Así los dos primeros clusters se corresponden claramente con los valores más altos, mientras que los cluster 3 y 4 se corresponden con los niveles iniciado y repetible de madurez. Donde se aprecia mayor cambio es en el cluster 5 que era bastante heterodoxo, aquí podemos ver que tiende a valores un poco por encima de la media, situados en los niveles definido y administrado.



En la segunda Ilustración se presentan el resultado de los cluster generados desde el modelo EM dejando al algoritmo que seleccione el número de clusters. Así en este caso se aprecia claramente que el cluster 1 incluye los niveles de madurez más avanzados, el cluster 2 a los niveles iniciales y el cluster 3 a los niveles intermedios, los colores se corresponden con los del cluster de 5 bins para apreciar como une el cluster 1 y el cluster 5 y parte del 4, la otra parte del 3 se une con el cluster 2.

3.2 Selección de atributos

Aplicamos a los procesos distintos algoritmos de selección de atributos buscando los procesos comunes a ellos para posteriormente ver como quedaría el modelo utilizando únicamente los procesos comunes.

BestFirst	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,31,32,34 : 23
SubsetSizeForwardSelection	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,31,32,34 : 23
Genetic Search	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26, 30, 31,32,34 : 22
GreedyStepWise	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,31,32,34 : 23
LinearForwardSelection	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,31,32,34 : 23

RankSearch	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,31,32,34 : 23
ScatterSearchV1*	2,3,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,22,23,24,26, 30,31,32,34 : 22
Atributos comunes:	2,3,5,6,7,8,9,10, 11,15,16,17, 18,19,23,24,26,30, 31,32,34

Tabla 35: Resultados algoritmos selección de atributos

Se obtiene que el resultado se aproxima a los resultados obtenidos por los métodos Genetic Search y ScatterSearch. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos con los procesos que quedan seleccionados y los desechados.

Procesos seleccionados	Procesos que quedan fuera
PO2 Definir la Arquitectura de la Información	PO1 Definir un Plan Estratégico de TI
PO3 Determinar la Dirección Tecnológica	PO4 Definir Procesos, Organización y Relaciones de TI
PO5 Administrar la Inversión en TI	
PO6 Comunicar Aspiraciones y la Dirección de la Gerencia	
PO7 Administrar Recursos Humanos de TI	
PO8 Administrar la Calidad	
PO9 Evaluar y Administrar los Riesgos de TI	
PO10 Administrar Proyectos	
AI1 Identificar soluciones automatizadas.	AI2 Adquirir y mantener el software aplicativo.
AI5 Adquirir recursos de TI.	AI3 Adquirir y mantener la infraestructura tecnológica
AI6 Administrar cambios.	AI4 Facilitar la operación y el uso.
AI7 Instalar y acreditar soluciones y cambios.	
DS1 Definir y administrar los niveles de servicio	DS3 Administrar el desempeño y la capacidad
DS2 Administrar los servicios de terceros	DS4 Garantizar la continuidad del servicio
DS6 Identificar y asignar costos	DS5 Garantizar la seguridad de los sistemas
DS7 Educar y entrenar a los usuarios	DS8 Administrar la mesa de servicio y los incidentes
DS9 Administrar la configuración	DS10 Administrar los problemas
DS13 Administrar las operaciones	DS11 Administrar los datos
ME1 Controlar y Evaluar el Desempeño de TI	DS12 Administrar el ambiente físico
ME2 Controlar y Evaluar el Control Interno	ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio
ME4 Proporcionar Gobierno de TI	

Tabla 36: Procesos de COBIT a partir de los algoritmos empleados

3.3 Clustering con los resultados obtenidos de la selección de atributos

Se vuelve a lanzar el algoritmo EM pero con los procesos seleccionados en la tabla 35 e indicando que el número inicial de bins sea 5 como hicimos anteriormente. Obtenemos los siguientes resultados

Log likelihood: -29.07105

	Cluster 0	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
	17 (0,22)	21 (0,27)	12 (0,16)	24 (0,31)	3 (0,04)
PO2	3,0584	3,7627	0,8281	1,2583	0,6667
PO3	3,0054	4,3324	0,8581	1,6185	4,3333
PO5	3,179	4,3824	0,925	2,4647	4,6667
PO6	2,4722	3,7612	0,0964	1,1705	4
PO7	1,7591	3,4334	0,1714	0,6711	0

PO8	2,8813	3,8128	1,1495	1,3023	4,6667
PO9	2,8288	4,1911	0,6859	1,3695	3,3333
PO10	3,0031	4,2387	0,4928	1,4697	3,3333
AI1	3,359	4,427	1,6424	1,7634	2,6667
AI5	3,4143	4,2849	0,8504	2,2111	0
AI6	2,887	3,9036	0,5743	1,8054	4,6667
AI7	2,8907	4,2841	0,4326	1,7502	0
DS1	2,8837	3,9046	0,4177	1,9706	3,3333
DS2	3,3549	4,5244	1,0002	2,4276	4,6667
DS6	2,8833	4,0956	0,5964	2,0891	2,6667
DS7	2,0611	3,7151	0,2687	2,2127	1
DS9	3,3583	4,1889	0,7753	1,5772	0
DS13	3,1189	4,3338	0,6786	2,089	2,6667
ME1	2,4719	4,4294	0,1714	1,5932	2,3333
ME2	2,7072	4,3358	0,8429	1,3747	3,6667
ME4	2,9963	4,0516	0,5147	1,544	3,6667

Tabla 37: Resultado algoritmo EM sobre procesos elegidos por algoritmos de selección de atributos

Los resultados son prácticamente iguales, con algún traspaso entre los clústeres pero no afectan al total por lo tanto podemos concluir que los resultados de selección de atributos son correctos.

Ahora vamos a volver a aplicar el algoritmo EM, pero en esta ocasión sin indicar el número de bins, tanto para todos los procesos como para únicamente los procesos seleccionados en la tabla 35.

Para el primer caso con selección del número de bins por parte del propio algoritmo y todos los procesos:

0 20 (26%)

1 27 (35%)

2 30 (39%)

Log likelihood: -50.72875

De nuevo, dejando que sea el algoritmo el que seleccione el número de bins, pero únicamente los procesos seleccionados:

0 21 (27%)

1 28 (36%)

2 28 (36%)

Log likelihood: -31.28479

En la tabla siguiente se recopila toda la información obtenida hasta este punto, para cada empresa se incluyen los resultados obtenidos por el modelo FAHP y se presentan los resultados obtenidos por clustering.

R-1 parametrización de 5 bins y todos los atributos.

R-2 parametrización de 5 bins y atributos seleccionados por técnicas de selección de atributos.

R-3 selección de bins por el propio algoritmo y todos los atributos.

R-4 selección de bins por el propio algoritmo y atributos seleccionados por técnicas de selección de atributos..

En rojo aparecen los resultados que varían entre los resultados con los mismos números de bins, por lo tanto entre la columna R-1 y R-2 y .R-3 y R-4. En los dos casos tanto con todos los procesos como con la selección de atributos obtenida, vemos que los resultados son similares.

Id	Tamaño	Alineami. Estratégico	Entrega y Soporte	Gestión Recursos	Gestión Riesgos	Medición desempeño	Media	R-1	R-2	R-3	R-4
1	Pequeña	1,43198	2,28794	2,18173	2,09508	2,15804	2,030954	4	4	3	3
2	Grande	4,27031	4,19335	4,24911	4,26986	4,11868	4,220262	2	2	1	1
3	Media	3,44520	3,29923	3,22552	3,30304	3,14736	3,28407	1	2	3	1
4	Micro	1,10994	1,43029	1,51294	1,64414	1,10392	1,360246	4	4	2	2
5	Grande	4,27472	4,19093	4,15258	4,10700	4,63109	4,271264	2	2	1	1
6	Grande	1,22760	2,35093	1,77654	1,67369	2,37412	1,880576	4	4	2	2
7	Grande	4,26873	3,95092	4,03374	4,12862	4,18291	4,112984	2	2	1	1
8	Media	3,81651	4,04561	4,00713	4,08422	3,78584	3,947862	2	2	1	1
9	Grande	4,54623	4,30979	4,16454	4,58333	4,54128	4,429034	2	2	1	1
10	Pequeña	0,89062	1,09704	1,30744	1,42446	0,84023	1,111958	4	4	2	2
11	Media	3,72420	3,95457	3,90753	3,75067	3,64736	3,796866	2	2	1	1
12	Pequeña	1,82837	1,70077	1,38928	1,62957	1,96458	1,702514	4	4	2	2
13	Media	3,26674	3,12539	3,21793	3,30039	3,55973	3,294036	1	1	3	3
14	Media	2,40343	2,25132	2,31950	2,29302	2,69062	2,391578	4	1	3	3
15	Micro	0,55589	0,64045	0,69853	0,84127	0,33311	0,61385	3	3	2	2
16	Pequeña	1,39869	0,93620	1,00415	0,99427	1,14021	1,094704	3	3	2	2
17	Media	2,77273	3,17486	3,00885	3,25648	3,03145	3,048874	1	1	3	3
18	Grande	3,96720	4,22431	4,16272	4,41511	4,45647	4,245162	2	2	1	1
19	Grande	3,34696	3,85643	3,84599	3,73687	2,97764	3,552778	2	2	1	1
20	Micro	0,81604	1,22605	1,21794	1,01402	0,96407	1,047624	4	4	2	2
21	Grande	4,01159	4,05310	3,92578	4,29788	4,42030	4,14173	2	2	1	1
22	Media	1,28610	2,43267	2,22608	2,12446	2,19086	2,052034	4	4	3	3
23	Pequeña	2,47247	3,39653	3,22166	3,01010	3,56645	3,133442	1	1	3	3
24	Media	1,20566	1,71608	1,39448	1,47082	1,68765	1,494938	4	4	2	2
25	Pequeña	0,32312	0,49632	0,44081	0,41107	0,23683	0,38163	3	3	2	2
26	Micro	0,74499	0,61176	0,50612	0,72026	0,47006	0,610638	3	3	2	2
27	Grande	3,57202	4,06464	4,06631	3,72783	3,98890	3,88394	2	2	1	1
28	Grande	3,57202	3,83182	3,93060	3,42810	3,68341	3,68919	2	2	1	1
29	Pequeña	2,05263	2,13537	1,87471	2,14567	1,75473	1,992622	4	4	3	3
30	Media	3,25170	3,28728	3,24382	3,28397	3,33923	3,2812	1	1	3	3
31	Media	3,16943	2,65801	2,75170	2,84275	2,33148	2,750674	1	1	3	3
32	Media	2,25714	2,66328	2,35073	2,00664	2,67854	2,391266	4	4	3	3
33	Media	3,44525	3,53431	3,49596	3,65661	3,29141	3,484708	1	1	3	3
34	Pequeña	0,77390	1,30587	1,15701	1,10243	1,65361	1,198564	4	4	2	2
35	Grande	4,68529	4,89035	4,81742	4,77668	4,86968	4,807884	2	2	1	1
36	Grande	3,02982	3,06982	3,10461	3,31621	2,99068	3,102228	1	1	3	3
37	Media	2,52822	2,64807	2,80063	3,00466	2,12984	2,622284	1	1	3	3
38	Grande	4,01822	4,39829	4,38403	4,44563	4,37122	4,323478	2	2	1	1
39	Pequeña	0,68973	1,01707	0,82830	1,12828	0,96572	0,92582	3	3	2	2
40	Grande	3,48564	3,75908	3,75714	3,86032	3,80269	3,732974	2	2	1	1
41	Pequeña	1,95752	1,65240	1,80105	1,87439	1,22655	1,702382	4	4	2	2
42	Media	2,46611	2,68269	2,50419	2,51275	2,44359	2,521866	1	1	3	3
43	Pequeña	1,45335	1,27467	1,20410	1,81661	0,93427	1,3366	4	4	2	2
44	Pequeña	2,00007	2,03186	2,00936	2,03587	2,04853	2,025138	4	4	3	3
45	Media	1,94145	2,41021	2,45012	2,48275	2,49815	2,356536	4	4	3	3
46	Media	4,35956	4,70521	4,49023	4,64483	4,90724	4,621414	2	2	1	1
47	Grande	4,25533	3,98970	3,97910	4,46484	4,61007	4,259808	2	2	1	1

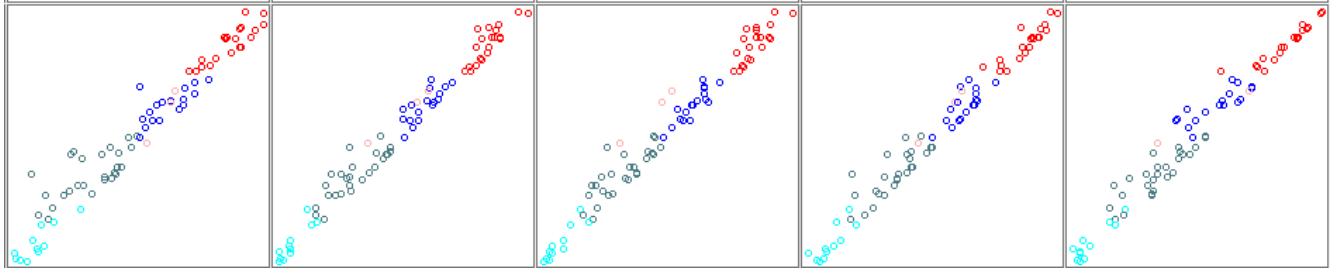
48	Media	2,68777	2,77785	2,85714	2,97877	2,12111	2,684528	1	1	3	3
49	Media	2,09443	2,16569	2,28752	2,40457	1,67331	2,125104	4	4	3	2
50	Media	0,22195	0,62240	0,48255	0,25284	0,30094	0,376136	3	3	2	2
51	Pequeña	0,45419	0,43223	0,34282	0,46573	0,29289	0,397572	3	3	2	2
52	Media	1,61044	1,53635	1,57312	1,52920	1,66733	1,583288	4	4	2	2
53	Micro	2,65425	2,92726	2,90795	3,12677	2,67112	2,85747	1	1	3	3
54	Grande	2,32426	1,70105	1,48084	2,50485	2,16048	2,034296	4	4	2	2
55	Pequeña	1,82591	1,92751	1,86962	1,87313	1,69146	1,837526	4	4	2	2
56	Media	1,77840	2,36513	2,31582	2,05381	2,26130	2,154892	4	4	3	3
57	Media	2,81022	2,91996	2,96959	2,76883	2,49259	2,792238	1	1	3	3
58	Micro	2,58439	2,01974	1,71114	2,23654	1,76106	2,062574	5	5	3	3
59	Micro	3,02021	2,91289	2,46422	2,90287	3,29813	2,919664	5	5	3	3
60	Media	2,87401	3,19254	3,29448	2,95334	3,29794	3,122462	1	1	3	3
61	Micro	3,08992	3,09404	2,64288	3,03582	3,49981	3,072494	5	5	3	3
62	Media	3,70128	3,16132	3,18724	3,17668	3,19287	3,283878	1	1	3	3
63	Media	2,03389	1,36621	1,54467	1,88054	1,54223	1,673508	4	4	2	2
64	Pequeña	0,64971	0,43501	0,44254	0,58951	0,29289	0,481932	3	3	2	2
65	Media	0,52482	1,53224	2,00944	1,03370	1,75450	1,37094	4	4	2	2
66	Media	3,25235	2,78950	3,02750	3,25455	2,95116	3,055012	1	1	3	3
67	Media	1,35440	1,69894	1,26939	1,81205	1,56522	1,54	4	4	2	2
68	Grande	4,67738	4,36277	4,41021	4,55149	4,53854	4,508078	2	2	1	1
69	Pequeña	0,66111	1,09170	1,03807	1,28546	1,11882	1,039032	4	3	2	2
70	Micro	0,93003	1,11016	1,15639	0,76806	0,84073	0,961074	3	3	2	2
71	Grande	4,11555	4,17196	3,79726	4,18791	4,09271	4,073078	2	2	1	1
72	Grande	4,17640	4,39031	4,41556	4,34354	4,42727	4,350616	2	2	1	1
73	Grande	4,45458	4,27371	4,24310	4,32857	4,43379	4,34675	2	2	1	1
74	Pequeña	0,62803	0,63480	0,68867	0,54683	0,15415	0,530496	3	3	2	2
75	Micro	0,25722	0,45520	0,39249	0,52307	0,37427	0,40045	3	3	2	2
76	Media	2,14955	1,74188	1,96984	2,11655	1,92965	1,981494	4	4	3	3
77	Pequeña	2,57683	2,83599	2,65237	2,85654	2,36679	2,657704	1	1	3	3

Tabla 38: Tabla resumen resultados

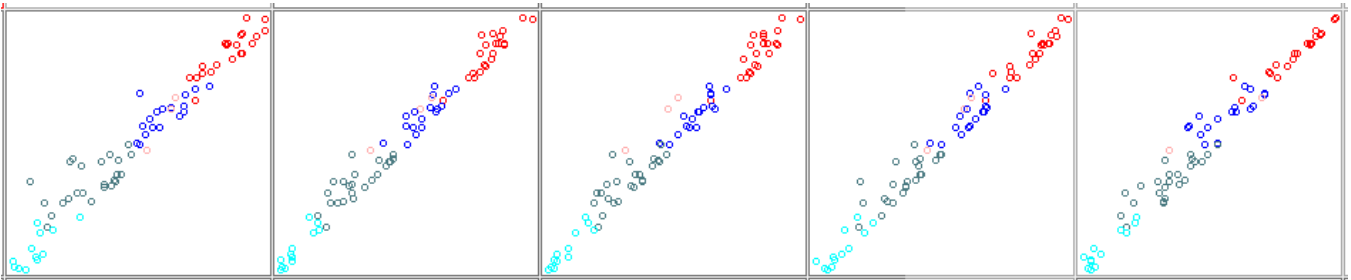
En la página siguiente podemos corroborar en la representación gráfica la poca variación que se presenta al eliminar los procesos indicados por la selección de atributos.

```
cluster1 cluster2 cluster3 cluster4 cluster5
```

R-1 Parametrizado a 5 clusters y todos los procesos

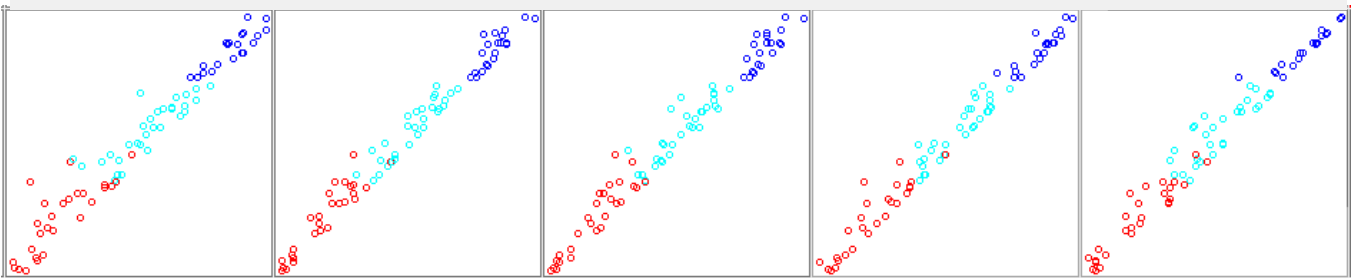


R-2 Parametrizado a 5 clusters y únicamente los procesos comunes a todos los algoritmos de selección de atributos.

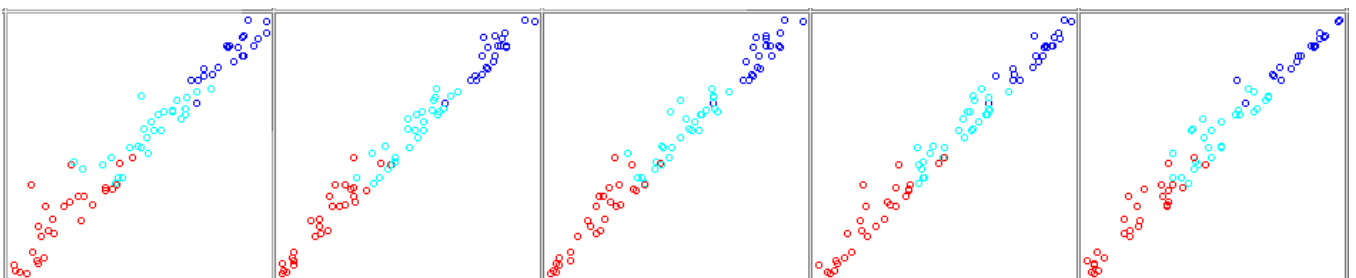


Resultados del algoritmo EM sin determinación del número de bins, que dan como resultado 3 clusters

```
cluster1 cluster2 cluster3
```



R-3 sin determinación del número de bins y todos los atributos.



R-4 Sin parametrización inicial de bins y únicamente los procesos comunes a todos los algoritmos de selección de atributos.

Se aprecia que la aproximación que realiza la selección de atributos es realmente buena ya que no presentan importantes diferencias en los gráficos, por lo tanto como intuimos en el caso de la selección de atributos los procesos que hemos eliminado realmente están recogidos en otros procesos. Más adelante estudiaremos si esto lo realiza de un modo dependiente del resto del dominio o de la globalidad del proyecto. La selección de 3 clústeres puede significar que en sí los niveles de madurez podrían simplificarse en 3 ya que es el número al que tienden a agruparse las organizaciones.

3.4 Asociación sobre los atributos seleccionados

La asociación nos va a permitir estudiar la coocurrencia de características, vamos a utilizar el algoritmo “A priori” cuyo algoritmo general es, (Morales, 2012):

```
Apriori()
L1 = find-frequent-1-itemsets(D)
for (k = 2; Lk-1 ≠ NULL; k++)
    % generate-&-prune candidate k-itemsets
    Ck = AprioriGen(Lk-1)
    forall transactions t ∈ D
        Ct = subset(Ck, t)
        forall candidates c ∈ Ct
            c.count ++
    Lk = {c ∈ Ck | c.count ≥ minsup}
Return ∪k Lk
```

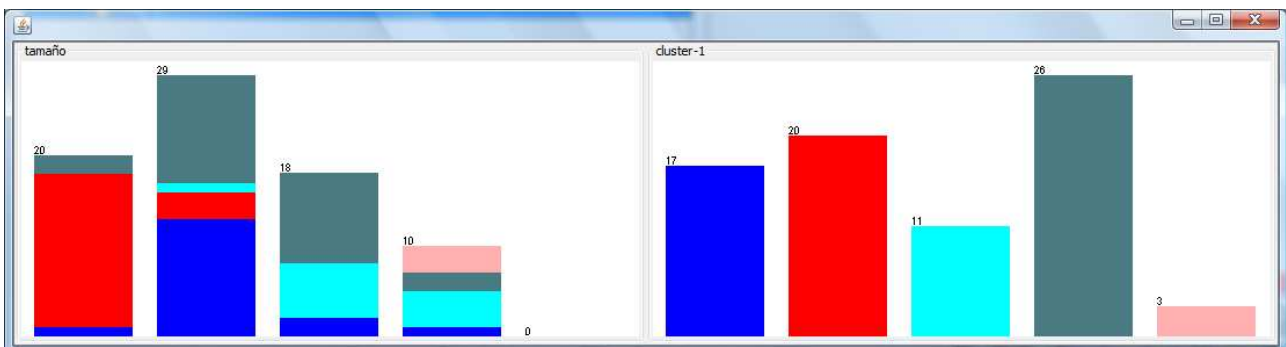
1. Genera todos los items sets con un elemento. Usa estos para generar los de dos elementos, y así sucesivamente.

Se toman todos los posibles pares que cumplen con las medidas mínimas de soporte. Esto permite ir eliminando posibles combinaciones ya que no todas se tienen que considerar.

2. Genera las reglas revisando que cumplan con el criterio mínimo de confianza.

Los algoritmos clásicos, y sobre todo el Apriori producen, en general, reglas bastante exactas, pero fallan a la hora de generar reglas con interés elevado y, además, la longitud de las reglas que producen dificulta su comprensibilidad. Además, cuando el conjunto de partida es elevado (lo cual puede suceder cuando el usuario desea extraer información global acerca del sistema, sin aplicar ningún tipo de restricción sobre dicho conjunto), los generan un conjunto tan enorme de reglas que hace impide su aprovechamiento posterior.

Utilizamos un ejemplo para presentar el algoritmo, vamos a comparar el tamaño de las empresas con el cluster que le asociamos con el algoritmo EM



Al visualizarlo se intuye que las empresas grandes, más a la izquierda del primer cluster aparecerá una regla asociada al cluster 2, en rojo. Las empresas de tamaño medio aparecerán asociadas al cluster 1, en azul y las Pequeñas al cluster 4 en gris.

Aplicando el algoritmo Apriori, con valores por defecto, confianza 0,5 y soporte mínimo 0,1 (8 instancias).

Apriori

=====

Minimum support: 0.1 (8 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.5

Number of cycles performed: 18

Generated sets of large itemsets:

Size of set of large itemsets L(1): 8

Size of set of large itemsets L(2): 4

Best rules found:

1. R-1=cluster2 20 ==> tamaño=Grande 17 conf:(0.85)
2. tamaño=Grande 20 ==> R -1=cluster2 17 conf:(0.85)
3. R -1=cluster1 17 ==> tamaño=Media 13 conf:(0.76)
4. tamaño=Pequeña 18 ==> R-1=cluster4 10 conf:(0.56)

El contar con tan pocos ejemplos frena mucho la potencia de la técnica para buscar asociaciones, vamos a centrarnos en buscar en los procesos que que hemos prescindido anteriormente que grado de independencia tienen los dominios, si realmente podemos prescindir por el trabajo realizado de cada dominio o no existen sinergias de otros que nos permiten la simplificación.

Como propone el algoritmo Em simplificamos los clústeres a 3 agrupando los niveles de madurez No iniciado e Iniciado, Repetible y Definido y por otro lado Gerenciado y Optimizado.

Aplicando Apriori los datos no permiten mostrar la independencia de los dominios salvo el 4 de medición del desempeño que arroja los siguientes datos para su atributo MO3: ME3 Garantizar el Cumplimiento Regulatorio. Buscamos con un soporte mínimo del 15% y confianza mínima del .5

Minimum support: 0.15 (12 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.5

Number of cycles performed: 17

Generated sets of large itemsets:

Size of set of large itemsets L(1): 8

Size of set of large itemsets L(2): 6

Size of set of large itemsets L(3): 2

Best rules found:

1. MO1=(NM4 y NM5)' MO2=(NM4 y NM5)' 17 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 17 conf:(1)
2. MO1=(NM4 y NM5)' MO2=(NM4 y NM5)' MO4=(NM4 y NM5)' 13 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 13 conf:(1)
3. MO2=(NM4 y NM5)' 23 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 22 conf:(0.96)
4. MO2=(NM4 y NM5)' MO4=(NM4 y NM5)' 17 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 16 conf:(0.94)
5. MO1=(NM4 y NM5)' MO4=(NM4 y NM5)' 15 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 13 conf:(0.87)
6. MO2=(NM0 y NM1)' MO4=(NM0 y NM1)' 19 ==> MO3=(NM0 y NM1)' 16 conf:(0.84)
7. MO1=(NM0 y NM1)' MO2=(NM0 y NM1)' MO4=(NM0 y NM1)' 17 ==> MO3=(NM0 y NM1)' 14 conf:(0.82)
8. MO4=(NM4 y NM5)' 25 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 20 conf:(0.8)
9. MO1=(NM4 y NM5)' 24 ==> MO3=(NM4 y NM5)' 19 conf:(0.79)
10. MO1=(NM0 y NM1)' MO4=(NM0 y NM1)' 20 ==> MO3=(NM0 y NM1)' 15 conf:(0.75)
11. MO2=(NM0 y NM1)' 27 ==> MO3=(NM0 y NM1)' 19 conf:(0.7)
12. MO1=(NM0 y NM1)' MO2=(NM0 y NM1)' 24 ==> MO3=(NM0 y NM1)' 16 conf:(0.67)
13. MO2=(NM2 y NM3)' 27 ==> MO3=(NM2 y NM3)' 17 conf:(0.63)

14. $MO_4 = (NM_0 \text{ y } NM_1)'_{27} \implies MO_3 = (NM_0 \text{ y } NM_1)'_{17}$ conf:(0.63)

15. $MO_1 = (NM_0 \text{ y } NM_1)'_{32} \implies MO_3 = (NM_0 \text{ y } NM_1)'_{17}$ conf:(0.53)

16. $MO_4 = (NM_2 \text{ y } NM_3)'_{25} \implies MO_3 = (NM_4 \text{ y } NM_5)'_{13}$ conf:(0.52)

Donde como puede apreciarse en rojo, los distintos valores asociados al proceso se encuentran cubiertos por otros atributos propios del dominio, así se puede concluir que el dominio de monitorización y evaluación presenta cierta independencia sobre el resto de dominios, característica que no se refleja en el resto de dominios.

Conclusiones

Como hemos podido apreciar el método difuso del proceso analítico jerárquico permite obtener una herramienta de evaluación apropiada para los controles de la Gobernanza TIC. En una primera parte hemos comprobado que el modelo que propone COBIT es un modelo correcto al estar sus valores de consistencia dentro de los márgenes permitidos.

En un segundo paso hemos obtenido los vectores que nos han permitido valorar el resultado de la encuesta realizada a los encargados de informática de 77 empresas de la región brasileña de Rio Grande do Sul. Extrayendo una empresa ejemplo hemos comprobado que la imagen que tenía del trabajo que está llevando a cabo de control es adecuada.

Hemos valorado los resultados mediante el algoritmo EM de clustering, de este podemos extraer que los niveles de madurez que propone COBIT se podrían simplificar a 3 ya que son las agrupaciones que propone el algoritmo o por lo menos podríamos valorar los niveles 2 y 4, repetible y administrado como niveles intermedios.

Destacan los resultados obtenidos con la selección de atributos, ya que al aplicarla y cruzar los resultados en el algoritmo EM, se obtiene una buena aproximación, por lo tanto el resultado obtenido es eficaz en la práctica.

Por último la selección aplicada sobre los dominios para buscar una posible independencia de los mismos no queda reflejada salvo para la monitorización y evaluación.

Trabajos futuros

A lo largo del trabajo han surgido distintos aspectos interesantes como:

Aprovechando el mapeo de Cobit a Itil e iso 27002, TOGAF realizar evaluaciones con los resultados obtenidos.

Repetir para el resto de empresas la generación de la matriz de pesos a partir de los niveles de importancia de cada empresa. Realizar un estudio de la situación real con la que creen tener por los valores obtenidos por esta matriz de pesos.

A partir de la selección de procesos realizar un análisis del texto realizando un nivel de importancia asociado a las acciones (analizar, adquirir, definir, instalar...).

Modelo delphi a la encuesta o incluso delphi difusa: Al partir de empleados expertos en la materia se podría aplicar el método Delphi, para ajustar mejor la evaluación.

Algoritmos de generación de números aleatorios para cálculos del índice aleatorio.

A partir de la selección de atributos obtener la matriz de pesos con los procesos seleccionados y obtener la evaluación de las empresas.

Realizar la parte difusa FAHP con un modelo por intervalos IAHP.

Bibliografía

Al-Subhi Al-Harbi , 1999. Application of the AHP in project management, Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi, International Journal of Project Management 19 (2001) 19 27

Cobit 4.1 en español.

Cobit: Aligning CobiT® 4.1, ITIL® V3 and ISO/IEC 27002 for Business Benefit.

D-Y Chang., 1992, *Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications*, a-Yong Chang. *Volume 1*, World Scientific, Singapore, 1992, p. 352.

D-Y Chang, 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, Da-Yong Chang *Beijing Materials College, Beijing 101149, China*

Grimaldi y Rippa, 2011. An AHP-Based Framework for Selecting Knowledge Management Tools to Sustain Innovation Process, Michele Grimaldi and Pierluigi Rippa, Knowledge and Process Management Volume 18 Number 1 pp 45-55 (2011)

Huang 2011. Building the evaluation model of the IT general control for CPAs under enterprise risk management. Shi-Ming Huang a,1, Wei-Hsi Hung b,2, David C. Yen c,, I-Cheng Chang a,3, Dino Jiang a,3 Decision Support Systems 50 (2011) 692-701

Liu et al. , 2010 A Fuzzy AHP approach to evaluating e-commerce websites Yi-wen Liu*, Young-jik Kwon, Byeong-do Kang, Fifth International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications

Mikhailov, 2003: Deriving group priorities in the fuzzy analytic Hierarchy. Ludmil Mikhailov, ISAHP 2003, Bali, Indonesia, August 7-9, 2003.

Morales, 2012. Apuntes aprendizaje computacional, Eduardo Morales del Insituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. 2012

Rodríguez, 2009. Evaluación de riesgo mediante AHP y sistemas difusos en proyectos de desarrollo de sistemas empotrados. Antonio Rodríguez Suárez .Tesis doctoral 2009.

Saaty, 1980. T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

Taziani, 2009. Ranking Bank Branches with Interval Data by IAHP. T. Rezaei Taziani. Int. Journal of Math. Analysis, Vol. 3, 2009, no. 20, 971 - 983

Wan 2011. Evaluation on Information Technology Service Management Process with AHP Jiangping Wan^{1,2}, Hui Zhang¹, Dan Wan¹. *Technology and Investment*, 2011, 2, 38-46

Xia et al., 2012. Evaluation of Underwater Acoustic Warfare Operational Effectiveness for Surface Ship Based on IAHP

Zadeh, 1965. Fuzzy Sets Information and control, 8, 338 - 353

Zhijun Xia, Xinhua Zhang, Wentao Fan, Linzhou Xu. Dept. of Information and Communication Engineering, Dalian Navy Academy, Dalian 116018, China. Journal of Information & Computational Science 9: 1 (2012) 247-255