

**MARCO DE TRABAJO DE GOBERNABILIDAD TIC EN LOS PROCESOS DE
MODERNIZACION ELECTORAL.**

HUGO ERNESTO MARTINEZ ARDILA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2009**

**MARCO DE TRABAJO DE GOBERNABILIDAD TIC EN LOS PROCESOS DE
MODERNIZACION ELECTORAL.**

**HUGO ERNESTO MARTINEZ ARDILA
INGENIERO ELECTRONICO**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial
para optar al título
Magíster en Ingeniería Área Ingeniería Electrónica

Director: RICARDO LLAMOSA VILLALBA, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2009**

RESUMEN

TÍTULO: Marco de Trabajo de Gobernabilidad TIC en los Procesos de Modernización Electoral*

AUTOR: Hugo Ernesto Martínez Ardila**

PALABRAS CLAVE: Gobernabilidad TIC, Madurez de Gobernabilidad TIC, Desempeño de Gobernabilidad TIC, Modelo de Sustitución, Voto Electrónico.

DESCRIPCION: La toma de decisiones asociadas a las Tecnologías de la Información y Comunicación –TIC- posee actualmente gran importancia, debido a la dependencia que sobre estas tecnologías tienen las organizaciones para su eficiente y efectivo funcionamiento. La Gobernabilidad TIC ofrece una serie de mecanismos relacionales, procesos y estructuras necesarias para que las TIC soporten y extiendan la vida útil de los negocios.

La organización TIC incluye todas las personas involucradas en la toma de decisiones asociadas a TIC's. La calidad de la organización TIC difiere entre empresas y compañías y depende fundamentalmente de aspectos clave como: la asignación de derechos y responsabilidades sobre el personal apropiado, la implementación de procesos formales, y la apropiada documentación de la información relevante. Esta eficiencia interna de la organización TIC es llamada Madurez de Gobernabilidad TIC. Es posible pensar sin embargo que las métricas de eficiencia interna de una organización TIC no son tan importantes, y asumir que lo que realmente importa es la efectividad externa de los servicios que la organización TIC entrega al negocio. Esta efectividad es llamada Desempeño de Gobernabilidad TIC. La habilidad de la gerencia TIC para tomar decisiones bien sustentadas en información interna de la organización TIC, podría incrementar las posibilidades de predicción del desempeño de gobernabilidad TIC.

Esta tesis contribuye con un marco de trabajo para la toma de decisiones de gobernabilidad TIC que incluye modelos de valoración para la madurez de gobernabilidad y el desempeño de gobernabilidad. El marco de trabajo también permite la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC a través de un modelo de sustitución y es aplicado al caso de estudio de la implementación del voto electrónico en Colombia

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Director: Ricardo LLamosa.

ABSTRACT

TITLE: ICT Governance Framework on the Processes of Electoral Modernization *

AUTHOR: Hugo Ernesto Martínez Ardila **

KEY WORDS: ICT Governance, ICT Governance Maturity, ICT Governance Performance, Surrogate Models, Electronic Voting

DESCRIPTION: Decision making related to Information and Communication Technologies – ICT- has great importance today due to the dependence on these technologies from organizations for their efficient and effective functioning. ICT Governance, offers a number of relational mechanisms, processes and structures needed for ICT to support and extend the life of business.

The ICT organization includes all people involved in making decisions related to ICT. The quality of the ICT organization differs among companies and depends primarily on key issues as: the allocation of rights and responsibilities for appropriate personnel, the implementation of formal processes, and the appropriate documentation of the relevant information. The internal efficiency of the organization is called the maturity of ICT Governance. It is possible however to think that the metrics of internal efficiency of an ICT organization are not as important, and assume that what really matters is the effectiveness of outsourcing services delivered to the business by the ICT organization. This effectiveness is called the Performance of ICT Governance. The ability of ICT management to make decisions based on internal information from the ICT organization could increase the chances of predicting the performance of ICT governance.

This thesis provides a framework for decision making of ICT governance including models for the maturity assessment and performance of governance. The framework also allows the prediction of the of ICT governance performance through a surrogate model and is applied to the case study of the implementation of electronic voting in Colombia.

* Degree Thesis

** Physical Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunication Engineering School. Industrial University of Santander. Director: Ricardo LLamosa.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, quienes siempre me apoyaron para alcanzar este objetivo, a mi esposa María Fernanda Díaz, y especialmente a mi hijo Hugo Santiago quien es la fuerza que motiva todas mis acciones:.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander y a todos los docentes de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por haberme permitido formarme como magíster y alcanzar otra de mis metas profesionales.

Al PhD. Ricardo Llamosa Villalba, director de tesis y Certificado en Gobernabilidad de Empresas TIC- CGEIT.

Al Proffesor Mike Álvarez, codirector del Proyecto de Tecnologías de Votación – VTP, Caltech/MIT.

A Carlos Villamizar, presidente ISACA, capitulo Colombia.

Al equipo de interventoria del Programa de Modernización Tecnológica –PMT-, en la Registraduria Nacional del Estado Civil - RNEC.

Al estudiante de doctorado Dirk Gorissen del Departamento de Tecnologías de la Información (INTEC) de la Universidad de Ghent en Bélgica, por su ayuda respecto a los modelos de sustitución.

Al profesor Hans Bruun Nielsen, del Departamento de Informática y Modelamiento Matemático de la Universidad Tecnológica de Dinamarca- DTU-, por su ayuda en la utilización del toolbox de MATLAB DACE.

A las empresas de RCCS por su valiosa información.

Al equipo del proyecto del plan piloto del voto electrónico 2007: Carlos Pachón, Herly Herrera y Andrea Acevedo.

.

LISTA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	12
1.1	PROPOSITO DE LA INVESTIGACION.....	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo General.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
1.3	RESUMEN DE RESULTADOS.....	14
1.3.1	Marco de Trabajo para la Toma de Decisiones de Gobernabilidad TIC. ...	14
1.3.2	Valoración de Madurez y Desempeño de Gobernabilidad TIC	16
1.3.3	Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC.....	16
1.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1	Recolección De Datos.....	18
1.4.2	Análisis de Datos.	19
1.5	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	19
2	MARCO TEORICO	21
2.2	CONCEPTOS DE GOBERNABILIDAD TIC.....	21
2.3	ESTADO DEL ARTE	22
2.3.1	ITIL	23
2.3.2	Balanced Scorecard.....	23
2.3.3	SAM y Luftman	23
2.3.4	Weill y Ross.....	23
2.3.5	Dahlberg y Lahdelman.....	23
2.3.6	COBIT.....	24
2.4	VALORADOR DE MADUREZ.....	24
2.4.1	Requerimientos de un Valorador de Madurez.....	24
2.5	DESEMPEÑO DE GOBERNABILIDAD TIC.....	26
2.5.1	Weill y Ross.....	26
2.6	MODELOS DE SUSTITUCIÓN.....	28
2.6.1	Observaciones en el Espacio de Diseño.....	28
2.6.2	Proceso de Modelamiento	28
3	VALORACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN TIC.....	30
3.1	MADUREZ DE GOBERNABILIDAD TIC CON CMMI y COBIT.....	31
3.2.1	Diagnóstico de Valoración de las Áreas de Proceso de CMMI.....	33
3.2.2	Mapeo entre las Áreas de Proceso de CMMI y los Procesos COBIT	34
3.2	TRANSFORMACIÓN DE CMMI A COBIT	35
3.2.3	Métricas Internas.....	36
3.2.4	Adición de Métricas Internas.....	36
3.3	PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO DE GOBERNABILIDAD TIC	42
3.4	INTEGRACIÓN DE LAS PARTES	45
3.2.5	Flujo de Trabajo	46
4	CASO DE ESTUDIO: IMPLEMENTACIÓN DEL VOTO ELECTRÓNICO	50
4.1	GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	50
4.2	EL VOTO ELECTRÓNICO EN COLOMBIA.....	51
4.3	MARCO DE TRABAJO DE GOBERNABILIDAD TIC –RNEC-	53
4.3.1	Crear el modelo Actual de la Organización TIC	53
4.3.2	Identificar Escenarios de Cambio.....	57
5	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	64
5.1	RESULTADOS	64
5.2	CONCLUSIONES.....	65
6	REFERENCIAS	67
	ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Marco de Trabajo para la Toma de decisiones de Gobernabilidad TIC	14
Fig 2. Valoración de Madurez de la Organización TIC	16
Fig 3. Modelo de Sustitución de Aprendizaje Supervisado para la Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC	17
Fig 4. Marco de Trabajo para la Toma de Decisiones de Gobernabilidad TIC	45
Fig 5. Modelo de Predicción de Desempeño de Gobernabilidad TIC usando como variables los Dominios de COBIT PO y AI, los cuales tienen un alto impacto en la función objetivo	47
Fig 6. Error Cuadrático Medio de la Predicción para las Variables PO y AI	47
Fig 7. Modelo de Predicción de Desempeño de Gobernabilidad TIC usando como variables los Dominios de COBIT DS y ME, los cuales tienen un bajo impacto en la función objetivo	48
Fig 8. Error Cuadrático Medio de la Predicción para las Variables DS y ME	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Uso de los diferentes métodos para la recolección y análisis de datos	17
Tabla 2. Requerimientos de un Valorador de Madurez de Gobernabilidad TIC	25
Tabla 3. Objetivos de desempeño de gobernabilidad TIC de Weill y Ross.	27
Tabla 4. Adherencia de COBIT a los requerimientos de un Valorador de Madurez de Gobernabilidad TIC	31
Tabla 5. Áreas de Proceso CMMI valoradas	33
Tabla 6. Relación entre las áreas de proceso de CMMI y los procesos y dominios COBIT	34
Tabla 7. Taxonomía de Cohen para determinar la fuerza de la correlación	38
Tabla 8. Coeficiente de correlación entre las áreas de proceso CMMI y el desempeño de gobernabilidad TIC	38
Tabla 9. Coeficiente de correlación entre los procesos COBIT y el desempeño de gobernabilidad TIC	40
Tabla 10. Adherencia de la transformación de las áreas de proceso CMMI a los procesos COBIT como valorador de madurez de gobernabilidad TIC	41
Tabla 11. Taxonomía de modelos de sustitución basada en numero de variables ,K, y numero de muestras, n.	43
Tabla 12. Los dominios COBIT y su impacto en la función objetivo	44
Tabla 13. Nivel de Madurez RNEC en las áreas de proceso CMMI	54
Tabla 14. Nivel de Madurez RNEC en los Procesos COBIT	55
Tabla 15. Modelo de Escenario futuro de la RNEC con la implementación de procesos ITIL	57
Tabla 16. Modelo de Escenario futuro RNEC con la recomendación DAE-ONU	59
Tabla 17. Comparación del Desempeño entre el los resultados del método Weill y Ross, y la predicción del modelo	60
Tabla 18. Error cuadrático medio de la valoración en los procesos COBIT actuales contra los valores aprendidos por el modelo de sustitución	60
Tabla 19. Predicción de desempeño de gobernabilidad TIC de los dos escenarios establecidos	62
Tabla 20. Comparación de los errores cuadráticos medios de los valores de las variables en su estado actual y sus dos escenarios futuros.	62

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran dependencia por parte de empresas y organizaciones en las Tecnologías de Información y Comunicación, TIC's. El número de sistemas de información, comunicación y tecnologías relacionadas asociadas a TIC's ha crecido aceleradamente sobre las últimas décadas, de tal manera que se hace necesaria su integración de acuerdo a objetivos comunes que se han planteado para ofrecer soluciones a los problemas y requerimientos del entorno. Lo anterior trae como consecuencia una penetración de las TIC's en la mayoría de industrias con el firme propósito de sobrevivir en un mundo de cambios acelerados con una dinámica que soporta tanto las bases del negocio o objetivos de la organización como sus funciones administrativas. Por lo dicho anteriormente puede verse en la actualidad que las grandes empresas u organizaciones, sean ellas empresas eléctricas, plantas de fabricación de autos, bancos de inversiones, hospitales u organizaciones estatales emplean centenares de sistemas de información y comunicación como medio de alcanzar la eficiencia interna de sus procesos y flujos de trabajo.

Aunque las TIC son habilitadoras o impulsadoras del negocio y de los objetivos de la organización, así como también una función de soporte crítica, aún existen algunos problemas que deben resolverse. Primero, muchos de los sistemas poseen funcionalidad redundante como resultado de fusiones, adquisiciones, descentralización de organizaciones autónomas responsables de adquisiciones TIC y la falta de un nivel táctico o estratégico de gestión de portafolios TIC. Segundo, las legislaciones, como la Sarbanes Oxley en Estados Unidos [1], obliga a las empresas u organizaciones a cumplir con requerimientos en el uso, manejo y comunicación de la información. Tercero, el incremento de las amenazas de seguridad asociadas a la información y comunicación fuerza a las organizaciones a proteger los sistemas TIC de intrusiones y daños de tal manera que se salvaguarde la información que se considerada crítica, sin embargo, al mismo tiempo dicha información sus sistemas TIC asociados deben ser accesibles a los usuarios acreditados que la necesiten utilizar. Cuarto, las caídas no planeadas de sistemas que paralizan la ejecución de los procesos de la organización, ó la información corrupta, lleva a consecuencias catastróficas para la organización como la toma de decisiones erróneas, elevando los costos y por tanto generando retrabajo en procesos de contingencia y continuidad del negocio con el mecanismo de evitarlas al máximo. Quinto, los problemas asociados al personal como restricciones organizacionales o geográficas pueden limitar la comunicación necesaria para que las TIC's sean operadas y gestionadas efectivamente.

Es importante, por lo tanto, sustentar racionalmente la toma de decisiones relacionadas con TIC's y su alineación con los objetivos del negocio y de la organización, de modo que las probabilidades de error o falla sean disminuidas al máximo en un contexto con incertidumbres.

1.1 PROPOSITO DE LA INVESTIGACION

El propósito de la investigación presentada en esta tesis es el desarrollo de un marco de trabajo que provea soporte a la toma de decisiones de Gobernabilidad TIC usando la filosofía de Arquitectura Empresarial aplicando como caso de estudio la implementación del voto electrónico en Colombia. El marco de trabajo incluye la valoración de la madurez de la gobernabilidad TIC de la organización (madurez de los procesos internos de la organización TIC) y el desempeño de gobernabilidad TIC (desempeño de la organización desde el punto de vista del negocio). Además, el marco de trabajo permite la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC dadas previas valoraciones aprendidas en otras organizaciones o empresas de acuerdo a la relación existente en cada una de ellas entre la madurez de gobernabilidad TIC y el desempeño de gobernabilidad TIC.

En resumen, el propósito de la investigación presentada en esta tesis es desarrollar un marco de trabajo para soportar la toma de decisiones, permitiendo:

1. Valorar la madurez de gobernabilidad TIC y el desempeño de gobernabilidad TIC
2. Predecir del desempeño de gobernabilidad TIC..

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un marco de trabajo de Gobernabilidad TIC que soporte la toma de decisiones de manera racional y sustentada, en las organizaciones que usan Tecnologías de la Información y Comunicación.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar una metodología de valoración del nivel de madurez y desempeño de Gobernabilidad TIC de los procesos asociados a TIC en las organizaciones.
2. Diseñar un modelo de sustitución para la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC de las organizaciones a través del aprendizaje supervisado.
3. Aplicar 1 y 2 al caso de estudio de la implementación del voto electrónico en Colombia.

1.3 RESUMEN DE RESULTADOS

El resultado de la investigación presentada en esta tesis es un marco de trabajo para la toma de decisiones de Gobernabilidad TIC. El marco de trabajo se basa en las mejores practicas de los modelos Control Objectives for Information and related Technology (COBIT) [2], y el método de valoración para el desempeño de gobernabilidad TIC de Weill y Ross [3]. Sin embargo el marco de trabajo proyecta la disciplina de gobernabilidad TIC en dos puntos importantes. Primero, combina la gobernabilidad TIC con un enfoque de arquitectura empresarial basado en áreas de proceso que son diagnosticadas. Segundo, provee información estadística acerca de la eficiencia interna de la organización TIC y la efectividad o efecto percibido por los interesados (stakeholders). Finalmente, el marco de trabajo incorpora un elemento de predicción del desempeño de gobernabilidad TIC dada la madurez de gobernabilidad TIC, lo cual lo hace adecuado para el soporte en la toma de decisiones relacionadas con asuntos TIC. A continuación se realiza una descripción breve de los resultados.

1.3.1 Marco de Trabajo para la Toma de Decisiones de Gobernabilidad TIC. Dado que una organización TIC desea tomar una decisión basada en su situación actual (el modelo de como es), a través de la evaluación de un número posible de escenarios de cambio, al escenario futuro (el modelo que será), debe tomar los siguientes pasos:

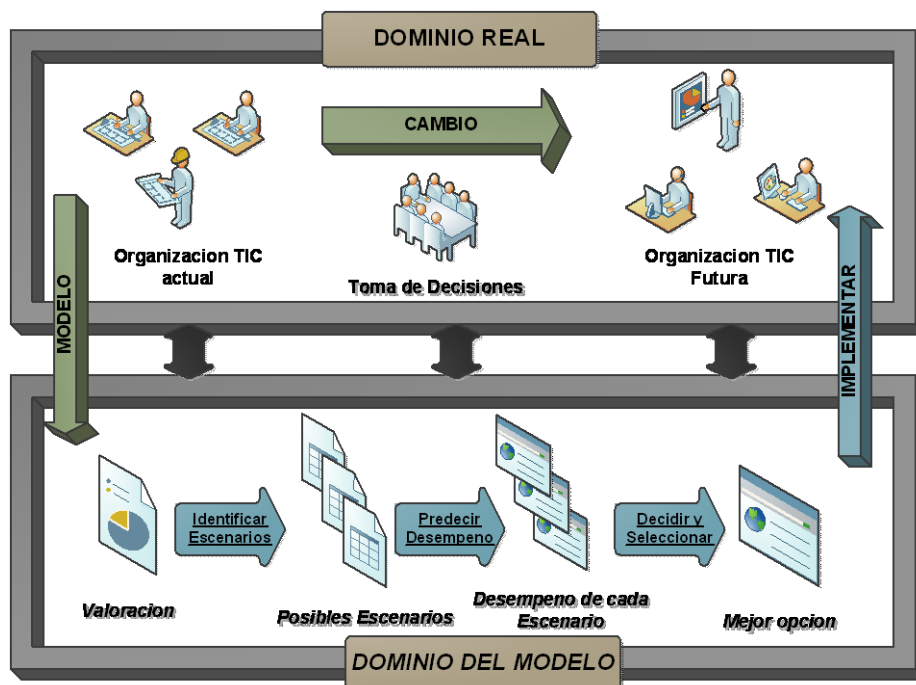


Fig. 1 Marco de Trabajo para la Toma de decisiones de Gobernabilidad TIC

- **Crear un Modelo Actual de la Organización TIC.** El primer paso está relacionado con una valoración de la situación actual de la organización TIC que en esta tesis se adhiere a un modelo predefinido, COBIT, a través del marco de trabajo de Humprey] [4] de madurez de capacidad. Y por otro lado se valora el desempeño de la organización TIC, que en esta tesis está basado en el trabajo de Weill y Ross sobre desempeño de gobernabilidad TIC. Fig. 1.
- **Identificar Escenarios de Cambio.** El segundo paso es establecer un número posible de futuros escenarios de la organización TIC que ha sido valorada, según el paso anterior. Para la identificación de estos escenarios estos escenarios se tiene en cuenta la dirección estratégica que sigue la organización, sus objetivos estratégicos, metas y posiblemente estudios de necesidad y conveniencia. Fig. 1.
- **Predecir el Desempeño de Gobernabilidad TIC.** En el tercer paso se realiza la predicción basado en metamodelos (o modelos de sustitución) con el fin de prever el desempeño de gobernabilidad TIC del modelo actual y de los escenarios de cambio. Fig 1. El marco de trabajo de predicción está basado en la experiencia de casos de estudio previos en otras organizaciones TIC.
- **Decidir en el Escenario Futuro.** El resultado del paso anterior es el desempeño de gobernabilidad TIC de cada escenario analizado. Esto provee una estimación general del “beneficio” de cada escenario para la toma de la decisión. En pocas palabras el escenario con el más alto valor agregado es la elección más racional. Fig 1.
- **Implementar el Escenario Futuro.** Los cuatro pasos anteriores describen un ejercicio similar a la planeación estratégica. Si se quieren alcanzar los beneficios de la predicción realizada para la nueva organización TIC, el escenario futuro tiene que ser implementado. Sin embargo este paso del marco de trabajo está por fuera del alcance de esta investigación. Fig 1.

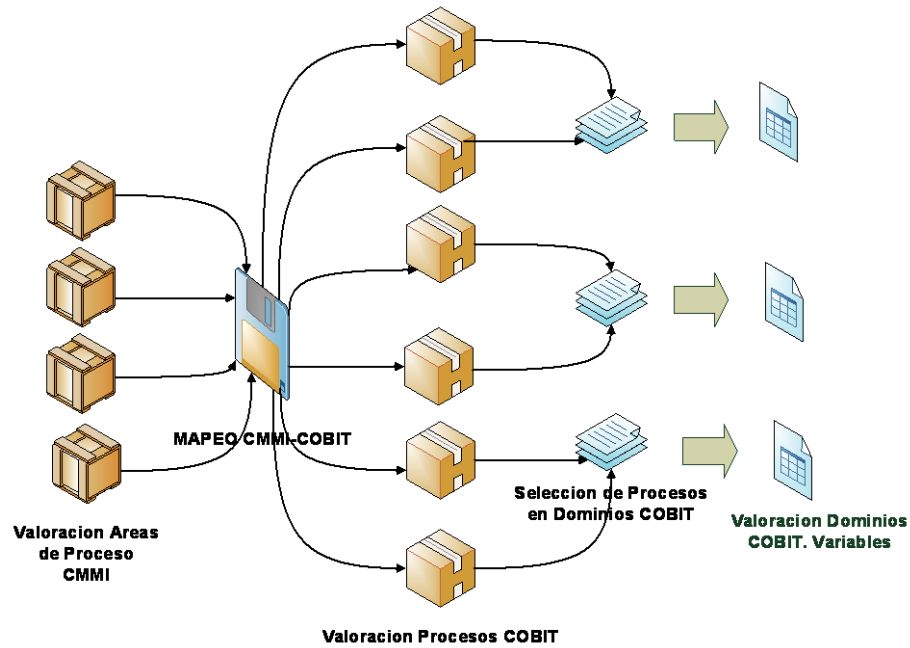


Fig. 2 Valoración de Madurez de la Organización TIC

1.3.2 Valoración de Madurez y Desempeño de Gobernabilidad TIC.

La madurez de gobernabilidad TIC es valorada a través de las áreas de proceso de CMMi. La agregación de diferentes atributos en una simple puntuación de madurez para la organización es por tanto realizada a través de las áreas de proceso de CMMi hacia los procesos de COBIT. Fig. 2. De igual manera el cálculo de los niveles de madurez de los dominios COBIT es realizado a través de los procesos asociados a ellos mismos. Fig 2. El desempeño de gobernabilidad TIC es valorado a través de análisis de atributos en modelos de gobernabilidad TIC y su agregación en un solo puntaje se hace teniendo en cuenta el método sugerido por Weill y Ross [3].

1.3.3 Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC.

Esta investigación establece un marco de trabajo para realizar la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC. Dada cierta información acerca de la madurez de gobernabilidad TIC y los datos hipotéticos de escenarios de cambio, se pueden realizar predicciones del desempeño de gobernabilidad TIC a través de un modelo de sustitución o metamodelo. Fig. 3

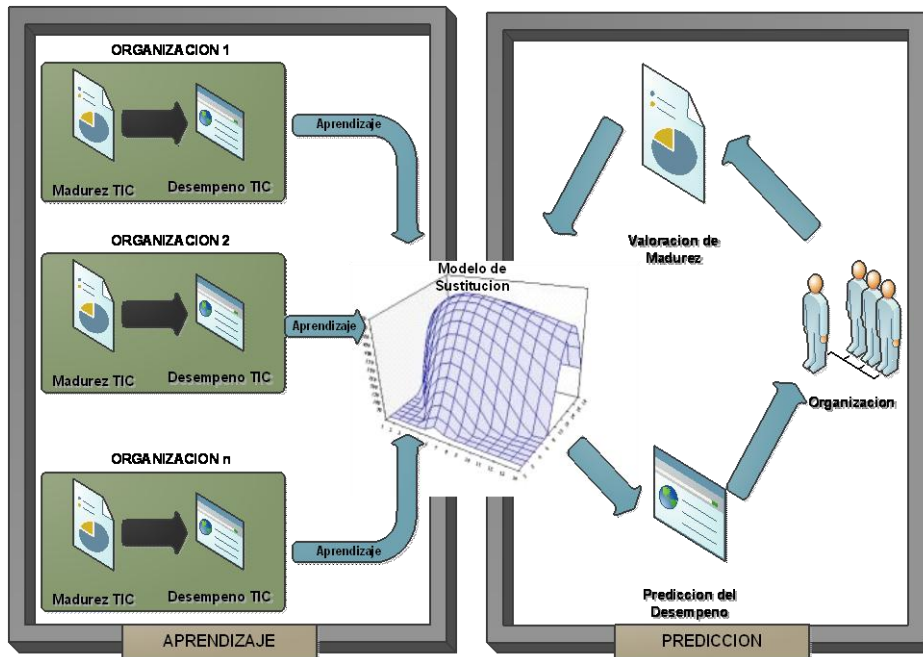


Fig. 3 Modelo de Sustitución de Aprendizaje Supervisado para la Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC

1.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta sección cubre los aspectos metodológicos que han guiado la recolección y análisis de datos en el presente trabajo. La Tabla 1 presenta a nivel general los diferentes métodos usados.

		Capitulo 1	Capitulo 2	Capitulo 3	Capitulo 4
Recolección de Datos	<i>Diagnósticos</i>	X	X	X	X
	<i>Encuestas</i>	X	X	X	X
	<i>Validación de Expertos</i>		X		X
Análisis de Datos	<i>Correlación de Pearson</i>	X		X	X
	<i>Modelo de Sustitución (Metamodelo)</i>	X	X	X	X

Tabla 21 Uso de los diferentes métodos para la recolección y análisis de datos

1.4.1 Recolección De Datos. Tres diferentes métodos fueron utilizados para la recolección de datos en esta investigación: diagnósticos, encuestas y validación de expertos. La recolección de datos fue guiada por las teorías de Yin sobre *investigación en casos de estudio* con el propósito de asegurar validez y confiabilidad [5].

- **Diagnósticos.** Se realizaron diagnósticos basados en entrevistas semi-estructuradas con el fin de obtener los datos necesarios para medir la madurez de las organizaciones TIC. Estos diagnósticos fueron realizados por consultores de la Red Colombiana de Calidad del Software (RCCS), guiados por cuestionarios estándar basados en el modelo de madurez de Humprey asociados a las áreas de proceso de CMMi con el fin de establecer en cada participante las métricas basadas en una estructura de arquitectura empresarial. Una vez ejecutado lo anterior se realizó un mapeo de las áreas de proceso de CMMi con los procesos COBIT de cada empresa, con el fin de obtener el nivel de madurez desde el punto de vista de Gobernabilidad TIC. El flujo de trabajo de la valoración esta sustentada en una metodología estandarizada que pertenece a RCCS, lo cual incrementa la confiabilidad del estudio [5]. Del mismo modo dicha distribución fue llevada a cabo en diferentes personas de la estructura organizacional de las empresas con el fin de construir validez [5].
- **Encuestas.** Las encuestas fueron realizadas a los “sponsor” de las empresas, las cuales están asociadas al Desempeño de la Gobernabilidad TIC utilizando el método de Weill and Ross. Se utilizaron encuestas en estos casos, debido a la dificultad de reunir en persona a los directivos de las empresas. Debido a lo anterior la encuesta estructurada fue enviada a los indicados a través de correo electrónico, quienes respondieron del mismo modo.
- **Validación de Expertos.** Los datos fueron recolectados a través del diagnostico y encuesta, y analizados de acuerdo a como se describe en la siguiente sección. Sin embargo los resultados tuvieron que ser verificados y validados [5]. Esto fue hecho de la siguiente manera: el diagnóstico fue validado por expertos a través de la dirección de integrantes de RCCS (CIDLIS-UIS, Procesix, EAFIT, Parquesoft), el CIDLIS-UIS tiene experiencia en Modelos de Madurez de Capacidad y es certificado Nivel 2 por el SEI (Software Engineering Institute) , Procesix es certificador CMMi y “SEI Partner”, EAFIT y Parquesoft son entidades con gran experiencia en organizaciones TIC y gestión tecnológica; la encuesta de desempeño de Gobernabilidad TIC fue validada a través de expertos relacionados con Gobernabilidad TIC y que se encuentran asociados a ISACA (Information System Audit and Control Association) e ITGI (IT Governance Institute), esto incluyendo la dirección y coordinación del CIDLIS quienes son certificados internacionamente en CGEIT (Certified in the Governance of Enterprise IT) y COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology).

1.4.2 Análisis de Datos. Los datos recolectados fueron analizados utilizando diferentes métodos, Tabla 1. El coeficiente de correlación de Pearson fue utilizado para determinar la fuerza de las correlaciones entre los niveles de madurez de gobernabilidad TIC y el desempeño de gobernabilidad TIC de las organizaciones. Un metamodelo o modelo de sustitución con aprendizaje supervisado fue utilizado para realizar la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC.

- **Correlación de Pearson.** En el uso general de la estadística, la correlación se refiere al grado de independencia de dos o mas variables. Existen varias formas de análisis de correlación como la correlación de punto biserial, correlación de Spearman, correlación de Kendall y la correlación de Pearson mas conocida como correlación bivariable [6] [7]. En esta investigación se utilizo la correlación de Pearson. Sin embargo para realizar la correlación se utilizo primero la prueba de Lilliefors [8] con el fin de determinar si los datos recolectados se adhieren aproximadamente a una distribución normal. El coeficiente de correlación de Pearson fue usado para describir la relación entre la madurez de gobernabilidad TIC y el desempeño de gobernabilidad TIC y de igual manera para determinar el impacto en la función objetivo de cada una de las variables con el fin de obtener valoraciones mas precisas a través de su ponderación.
- **Modelo de Sustitución.** Se utilizo un modelo de sustitución con el fin de realizar la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC. El modelo de sustitución es en términos generales una caja negra con entradas y salidas, después de aprender de algunos casos (muestras), el modelo es capaz de realizar la mejor aproximación de una salida de acuerdo a unas entradas establecidas. El método utilizado fue el de Kriging empleando funciones con base Gaussiana. Este método fue escogido de acuerdo a la taxonomía establecida por Alexander Forrester, Andrés Sober y Andy Keane de la Universidad de Southhamptom [9] en el Reino Unido. Para la realización del modelo se utilizo la herramienta DACE, "Design and Análisis of Computer Experiments", la cual es una toolbox de MATLAB desarrollada por la Universidad Tecnológica de Dinamarca.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Este documento contiene 6 capítulos y 4 anexos.

El capítulo 1 contiene la introducción al documento, el propósito de la investigación, objetivos del proyecto, resumen de resultados y diseño de la investigación.

El capítulo 2 contiene el marco teórico que incluye los conceptos de gobernabilidad TIC, el estado del arte, los conceptos de valorador de madurez y desempeño de gobernabilidad TIC y una descripción de los modelos de sustitución

El capítulo 3 expone la valoración de la organización TIC asociada a la madurez de gobernabilidad TIC con CMMI y COBIT, un análisis de la transformación de CMMI a COBIT, la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC y finalmente la integración de las partes que muestra el marco de trabajo resultante.

El capítulo 4 expone el caso de estudio de la implementación del voto electrónico en Colombia, se describen generalidades y antecedentes, historia del voto electrónico en Colombia y la aplicación del marco de trabajo resultante al caso de estudio específico.

En el capítulo 5 se muestran los resultados y conclusiones

En el capítulo 6 se muestran las referencias.

El anexo 1 comprende la valoración de las áreas de procesos de CMMI de las empresas

El anexo 2 comprende la valoración de los procesos COBIT y sus dominios.

En el anexo 3 comprende la valoración de los procesos y dominios COBIT a través de la ponderación.

En el anexo 4 comprende la valoración de desempeño de gobernabilidad TIC a través del método de Weill y Ross.

2 MARCO TEORICO

En el desarrollo de un marco de trabajo para la toma de decisiones de gobernabilidad TIC, dos disciplinas principales de investigación fueron cubiertas: Madurez de Gobernabilidad TIC y Desempeño de Gobernabilidad TIC..

2.2 CONCEPTOS DE GOBERNABILIDAD TIC

Las TIC al proveer un amplio rango de servicios a las organizaciones y sus clientes han llegado a ser un medio de alcanzar excelencia organizacional o empresarial. Sin embargo, debido a los cambios acelerados en los entornos organizacionales y empresariales se generan requerimientos sobre las TIC's para que provean flexibilidad en el negocio, uso efectivo para el crecimiento, eficiencia en el costo y soporte para la utilización efectiva de activos del negocio. Lo anterior origina la existencia de una gran necesidad de Gobernabilidad TIC pero enfocada no solamente a la gestión de los problemas relacionados con TIC, sino que, al mismo tiempo direcciona la organización o empresa y provea el soporte necesario a la misma. La gobernabilidad TIC esta directamente relacionada con la toma de decisiones, y aunque este es un factor común se pueden sin embargo encontrar algunas pequeñas diferencias en las definiciones referenciadas en la literatura [3] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16]. De acuerdo a la literatura estudiada para esta tesis sobre Gobernabilidad TIC, la siguiente definición será el punto de referencia a seguir con el fin de dar unicidad al lenguaje utilizado en la investigación:

Gobernabilidad TIC es la preparación, realización e implementación de las decisiones relacionadas con TIC respecto a metas, procesos, personas y tecnología en un nivel táctico o estratégico.

De igual manera es importante definir el concepto de Organización TIC:

La Organización TIC es el conjunto de personas involucradas en la toma de decisiones relacionadas con TIC.

La calidad de las organizaciones TIC encuentra diferencias entre las diferentes organizaciones o empresas y depende generalmente de los siguientes fundamentos:

- ¿Los derechos y responsabilidades están asignados a las personas adecuadas?.

- ¿Existen procesos formales para que las tareas importantes sean implementadas?
- ¿Existe documentación apropiada?

Los fundamentos anteriores son la triada que define la eficiencia organizacional TIC interna y su métrica es llamada Madurez de Gobernabilidad TIC.

Sin embargo es posible argumentar que las métricas de eficiencia interna de la Organización TIC tienen solo un interés moderado y que lo realmente importante es la efectividad externa de los servicios que la Organización TIC entrega al negocio u objetivo.

La efectividad de los servicios que la Organización TIC provee es llamada Desempeño de Gobernabilidad TIC.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores es razonable creer que las empresas u organizaciones con una Madurez de Gobernabilidad TIC positiva también se benefician de un Desempeño de Gobernabilidad TIC positivo. Sin embargo este argumento es intuitivo y debe ser verificado y validado.

2.3 ESTADO DEL ARTE

El campo del diseño organizacional TIC, y sus variadas formas, ha sido investigado por varias décadas con el fin de permitir una toma de decisiones eficiente [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23], tomando como base que los mismos principios generales de la teoría organizacional pueden ser aplicados a la toma de decisiones TIC. Es por ello que la gobernabilidad TIC esta relacionada con las estructuras, procesos y mecanismos relacionales involucrados en la toma de decisiones TIC, pero resaltando la dirección y soporte a la organización. La disciplina se inicio a mediados de los 90's cuando Henderson, Venkatraman y Loh usaron por primera vez el termino Gobernabilidad TIC para describir las relaciones asociadas en el alcance de la alineación estratégica entre el negocio, empresa u organización y las TIC [10] [24]. Desde entonces muchos autores han contribuido a la teorización y entendimiento de gobernabilidad TIC, incluyendo [12] [13] [14] [15] [3] [16] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [50] [51] [52] [53] [54] [55]. A continuación se mencionan marcos de trabajo que soportan la toma de decisiones de gobernabilidad TIC, sus ventajas y desventajas:

2.3.1 ITIL. “IT Infrastructure Library”, ITIL [56], soporta la implementación de procesos relacionados a la entrega y soporte TIC y también detalla el establecimiento y mantenimiento de acuerdos de nivel de servicio y de acuerdos de nivel de operación. ITIL recibe un gran soporte de todos sus practicantes alrededor del mundo, pero el marco por si mismo ha dado tradicionalmente poco soporte a lo aspectos estratégicos relacionados con TIC, y aunque este aspecto se ha mejorado en las publicaciones ITIL v3 recientes [54], aun no cubre todo el alcance de la gobernabilidad TIC y en especial la toma de decisiones realizadas por la dirección TIC de las organizaciones [25].

2.3.2 Balanced Scorecard. El uso de “Balanced Scorecards” se ha promovido de una manera exitosa como un enfoque de gobernabilidad TIC [57]. Sin embargo, por si mismo no provee soporte sobre cual decisión debería ser tema de estudio y análisis, ya que solo describe un marco de trabajo para una selección racional y priorización de diferentes alternativas y acciones tomando como verdaderos los objetivos estratégicos de la organización.

2.3.3 SAM y Luftman. En la muy mencionada disciplina de alineación estratégica TIC, Hendersen y Venkatraman en su “Strategic Alignment Model”, SAM, se discute la importancia de gobernabilidad TIC como un vehículo para las TIC y su alineación al negocio [10]. Sin embargo SAM es un enfoque conceptual puro lo cual es reconocido por sus propios autores [10]. Por otro lado, el marco de trabajo de Luftman, el cual es parcialmente basado en SAM, ofrece una guía más pragmática de alcanzar la alineación estratégica entre el negocio, empresa u organización y TIC, y ha sido además aplicado a 500 casos de estudio [31]. Aunque Luftman ofrece “reglas de oro” útiles [58] [59], el enfoque sugerido “top-down” para la valoración de la alineación negocio-TIC ha sido criticado por su falta de validez [58].

2.3.4 Weill y Ross. Al inicio de la década del año 2000, investigadores del MIT Weill y Ross llevaron a cabo un gran conjunto de casos de estudio sobre el desempeño de gobernabilidad TIC de organizaciones líderes desde el punto de vista financiero. Su investigación en mas de 250 empresas y el resultado de la misma fue publicado en un libro [16] que tal vez es el trabajo mas ampliamente citado en la disciplina de gobernabilidad TIC actualmente. Aunque el trabajo de Weill y Ross es simple y ha sido criticado, la definición de desempeño de gobernabilidad TIC es directa, fácil de usar y bien reconocida, lo cual hace que sea ampliamente usada por investigadores y practicantes para propósitos de “benchmarking” [25] [28] [29] [60] [61].

2.3.5 Dahlberg y Lahdelman. Otro enfoque es el presentado por Dahlberg y Lahdelma, quienes han sintetizado la literatura de gobernabilidad TIC en su búsqueda de un marco de trabajo mas amplio de la entrega de valor al negocio por parte de TIC's. Su marco de trabajo ha sido usado para valorar la correlación entre el grado de “outsourcing TIC” y la madurez de gobernabilidad TIC. Este marco de trabajo, sin embargo, no tiene un fundamento de

operacionalización fuerte, teniendo en cuenta que su mayor debilidad es que la gobernabilidad TIC no se descompone en partes medibles objetivamente [62].

2.3.6 COBIT. “Control Objectives for Information and related Technology”, COBIT [86], es el marco de trabajo mas conocido para valorar la madurez de gobernabilidad TIC [25] [26] [29] [30] [63]. Este fue creado por el “IT Governance Institute”, ITGI [64], en 1998 y contiene un modelo de madurez para gobernabilidad TIC que sigue los mismos principios que el modelo de madurez del “Software Engineering Institute”, SEI [65]. Aunque COBIT es muy conocido, ha sido criticado por sus practicantes debido a su extensión y por tanto a su costo de aplicación en la práctica. Además, la falta de intersubjetividad en el modelo de COBIT para la valoración de madurez también ha sido criticada, por ejemplo diferentes valoraciones de COBIT para la misma organización TIC no siempre dan el mismo nivel de madurez. Por otro lado, una reciente adición a COBIT es el marco de trabajo “Val IT” [66], el cual toma la gobernabilidad TIC a un nivel mas alto de abstracción ofreciendo dirección general en como gestionar TIC desde el punto de vista del negocio. En esta tesis se utilizará este marco de trabajo y se presenta una solución a los problemas de intersubjetividad que presenta.

2.4 VALORADOR DE MADUREZ

Actualmente algunos métodos ayudan al soporte de la existencia de la Gobernabilidad TIC. Weill y Ross han desarrollado un marco de trabajo de gobernabilidad TIC basado en algunas preguntas que pueden ser usadas con el fin de asignar responsabilidades para la toma de decisiones TIC a alto nivel, pero su trabajo no ofrece guía en como la organización TIC debería desempeñar su labor [3]. La norma ISO/IEC 20000 y su predecesor “IT Infraestructura Library” (ITIL) ayudan a la creación de procesos asociados a la entrega y soporte de servicios [56] [67]. ITIL también detalla el establecimiento y mantenimiento de acuerdos de niveles de servicio (SLA) y acuerdos de nivel de operación (OLA). Sin embargo, ITIL no ofrece soporte para la estrategia TIC. De la literatura estudiada en esta investigación, se llego a la conclusión que el marco de trabajo para gobernabilidad TIC mas reconocido, aplicado y disponible públicamente es COBIT. A continuación describiremos los requerimientos a los que el valorador de madurez COBIT debe adherirse basado en la teoría de Yin.

2.4.1 Requerimientos de un Valorador de Madurez. En teoría de la medición, un buen valorador esta definido en términos de validez y confiabilidad [5]. Para aplicaciones prácticas, los beneficios del valorador necesitan ser comparados contra el costo del desempeño de la medición, por lo que el costo también se incluye como dominio critico en la valoración. Se presenta en la Tabla 2 un conjunto de requerimientos dentro del dominio de

validez, confiabilidad y costo. A continuación se definen cada uno de los dominios que definen el valorador, [5].

Identificador	Requerimiento	Dominio	Descripción
Req1	Consistencia con concepciones comunes	Validez	El método debe ser basado en fuentes bien conocidas de Gobernabilidad TIC en la academia y en la práctica
Req2	Operacionalización descriptiva	Confiabilidad	El método debe soportar una descripción objetiva y sin ambigüedades en una organización a través de una representación precisa. Si dos analistas individualmente realizan la tarea de describir la gobernabilidad TIC en una organización, un lenguaje de operacionalización descriptiva debe dar como resultados modelos y valoraciones iguales.
Req3	Operacionalización normativa	Confiabilidad	El método debe soportar análisis objetivos y sin ambigüedades de gobernabilidad TIC. Se debe ver claramente como diferentes problemas de gobernabilidad TIC afectan la puntuación del nivel de madurez.
Req4	Soporte para la recolección de datos eficiente	Costo	El método debe proveer una representación eficiente de gobernabilidad TIC de tal manera que los datos sean recolectados con el menor esfuerzo
Req5	Soporte para análisis eficiente	Costo	el método debe soportar sentencias normativas eficientes de gobernabilidad TIC de tal manera que el análisis pueda ser realizado muy fácilmente y a un costo razonable

Tabla 22 Requerimientos de un Valorador de Madurez de Gobernabilidad TIC

- **Validez.** Validez es casi siempre definida como la propiedad por la cual una medida refleja con precisión el concepto que es medido. En el caso hipotético de un método calibrado erróneamente para la valoración de madurez de gobernabilidad TIC es mejor evaluar el nivel con precisión general de los procesos del negocio o los puntos críticos administrativos con el fin de disminuir la variación de la medida. El método debe por tanto basarse en un estado existente de definiciones prácticas del tema en cuestión.
- **Confiabilidad.** Confiabilidad puede ser definida como la propiedad por la cual una medida lleva a resultados consistentes, estables y uniformes sobre mediciones repetidas de la misma unidad. Valoraciones repetidas, o valoraciones realizadas por diferentes analistas, deberían llevar a los mismos resultados todo el tiempo. Por lo tanto, el método de valoración de madurez debe ser sucintamente operacionalizado, lo cual significa

que el método no debe ser ambiguo respecto a dos importantes aspectos: Primero, el método debe ser operacionalizado respecto a los datos que necesitan ser recolectados y segundo, el método debe ser operacionalizado respecto a la agregación de datos en resultados de la puntuación de la valoración, lo cual es típicamente presentado en términos de nivel de madurez.

- **Costo.** Respecto a la aplicación de métodos de valoración en la práctica teniendo en cuenta la organización evaluada y los límites y restricciones de la valoración, es de suma importancia que los costos sean conservados en el mínimo. Los costos de valoración pueden ser divididos en dos diferentes partes: Primero, se encuentra el costo de recolectar datos como entrevistas de desempeño o estudios de documentación de la empresa u organización y segundo, se encuentra el costo de desempeñar el análisis a través de la transformación de los datos recolectados en un verdadero soporte que añada valor a la toma de decisiones. La mejor alternativa es que sea posible emplear el método de valoración sin la ayuda de reconocidos consultores que conllevan al incremento de los costos.

2.5 DESEMPEÑO DE GOBERNABILIDAD TIC

Es importante reiterar que la gobernabilidad TIC no esta diseñada solo para alcanzar eficiencia interna en la organización TIC como el despliegue de buenos procesos o la seguridad de que todos los medios y metas están documentados. La meta final, como se ha dicho, de la buena Gobernabilidad TIC es proveer al negocio de la organización o empresa con el mejor soporte necesario para dirigir dicho negocio de la mejor manera. Así, los mecanismos de gobernabilidad TIC deben ser escogidos de forma tal que el impacto en el negocio sea maximizado, sin embargo aunque existen gran cantidad de actividades en la organización TIC que pueden ser cambiadas, no todos los cambios afectan al negocio de una forma positiva. Por lo anterior, desde un punto de vista de dirección TIC, es de gran interés conocer cual es la consecuencia de cada cambio realizado a la organización TIC y como ésta impacta al negocio, de tal manera que se pueda escoger la forma mas benéfica de gobernar estas tecnologías.

2.5.1 Weill y Ross. Como se ha dicho anteriormente el desempeño de gobernabilidad TIC es la calidad de los servicios que la organización TIC entrega desde el punto de vista del negocio [3]. En la década del año 2000 los investigadores del MIT Weill y Ross condujeron un conjunto de casos de estudio respecto al desempeño de gobernabilidad TIC en organizaciones exitosas financieramente. Su método de investigación y los resultados de más de 250 organizaciones fue publicado en un libro cuyo valor informativo es de gran importancia en la actualidad [3]. Weill y Ross definieron el desempeño de

governabilidad TIC como la efectividad de la Governabilidad TIC en la entrega de cuatro objetivos que tienen un peso debido a la importancia asociada a la organización. Aunque su metodología es simple y ha sido criticada, su definición del desempeño de gobernabilidad TIC es directa, fácil de usar y bien reconocida. Lo anterior ha llevado a que sea utilizada ampliamente por investigadores y practicantes para propósitos de referenciación (benchmarking).

<i>Pregunta 1. Que tan importantes son las siguientes salidas de su gobernabilidad TIC, en escala de 1 (no importante) a 5 (muy importante)?</i>	<i>Pregunta 2. Cual es la influencia de la gobernabilidad TIC en su negocio en las siguientes medidas de éxito, en escala de 1 (no exitosa) a 5 (muy exitosa)?</i>
Efectividad del costo en el uso de TIC's	Efectividad del costo en el uso de TIC's
Uso efectivo de TIC's para el crecimiento	Uso efectivo de TIC's para el crecimiento
Uso efectivo de TIC's para la utilización de activos	Uso efectivo de TIC's para la utilización de activos
Uso efectivo de TIC's para flexibilidad del negocio	Uso efectivo de TIC's para flexibilidad del negocio

Tabla 23 . Objetivos de desempeño de gobernabilidad TIC de Weill y Ross.

Weill y Ross determinaron el desempeño a través de la valoración de los directivos sobre la importancia de los objetivos fundamentales de la organización, Tabla 3. Estos objetivos fueron utilizados en la presente investigación y fueron transformados a niveles de desempeño (de 0 a 5) como salida del modelo de sustitución utilizando la siguiente formula:

$$Desempeño_GTIC = 1.25 \left(\frac{\sum_{n=1}^4 Q1_n * Q2_n}{\sum_{n=1}^4 Q1_n} - 1 \right)$$

Ecuación 1

2.6 MODELOS DE SUSTITUCIÓN

El diseño en ingeniería está relacionado con la toma de decisiones basadas en análisis que impactan directamente el producto o servicio que está siendo diseñado. Para cumplir lo anterior los ingenieros invierten una gran cantidad de tiempo en dichos análisis con el fin de entender los antecedentes de sus decisiones. Una forma de incrementar el conocimiento de investigación en los problemas que se plantean o son estudiados es a través de modelos de sustitución (o metamodelos). Estos modelos proveen algunas respuestas a las brechas entre el análisis necesario limitado por el número de iteraciones en el experimento que pueden ser realizadas y la potencia computacional disponible. Los metamodelos también son usados como puente entre los varios niveles de sofisticación ofrecidos a través de la variación de fidelidad de la física del experimento basada en códigos de simulación, o entre predicciones y experimentos. El rol de los metamodelos es ayudar al entendimiento y toma de decisiones extrayendo la máxima información disponible de análisis y fuentes de datos para su diseño, lo cual lo convierte en un método útil y poderoso [9].

2.6.1 Observaciones en el Espacio de Diseño. Los problemas de diseño en ingeniería que requieren la construcción de modelos de “sustitución” \hat{f} que emulan la respuesta de una “caja negra” f es formulada, para nuestros propósitos de gobernabilidad TIC, de la siguiente manera [9]:

$f(\bar{x})$ es una métrica continua de desempeño, costo o calidad de un producto o proceso definido por un vector de k variables de diseño donde $\bar{x} \in D \subset \mathbb{R}^k$. D es denominado espacio de diseño o dominio de diseño. Además de asumir continuidad, la única información que podríamos obtener de f es a través de observaciones o muestras discretas $\{\bar{x}^i \rightarrow y^i = f(\bar{x}^i) / i = 1, \dots, n\}$. Estas muestras son costosas de obtener y por tanto deben ser usadas con moderación. La tarea consiste en usar este moderado conjunto de muestras para construir una aproximación \hat{f} , que pueda ser usada para realizar predicciones de desempeño menos costosas para cualquier diseño $\bar{x} \in D$.

2.6.2 Proceso de Modelamiento. Se debe recordar que esta parte de la investigación se escribe alrededor del problema de tratar de aprender un mapeo de la función $y = f(\bar{x})$, la cual se encuentra en una “caja negra” donde no se tiene información acerca de la física que convierte a \bar{x} en \bar{y} . En nuestro caso esta caja negra toma la forma de un experimento computacional, el cual calcula el desempeño de gobernabilidad TIC (f) para un producto de dimensiones (\bar{x}). El método solución genérico es recolectar los valores de

salida $y^{(1)}, y^{(2)} \dots y^{(n)}$ que resulta del conjunto de entradas $\vec{x}^{(1)}, \vec{x}^{(2)} \dots \vec{x}^{(n)}$ y de esta manera encontrar la mejor aproximación $\hat{f}(\vec{x})$ de la caja negra que mapea a f basada en observaciones conocidas. A continuación se presentan las diferentes bases del proceso de modelamiento:

- Preparar Datos y Escoger el Enfoque de Modelamiento:** Primero se realiza la identificación de datos en el espacio de diseño que tienen impacto en f a través de un número de observaciones de las entradas, las cuales en nuestro caso fueron realizadas a través de diagnósticos, encuestas y validación de expertos como se menciono anteriormente, es decir se determina el vector de variables de diseño $\vec{x} = \{x_1, x_2 \dots x_n\}^T$ que, aunque realizan un barrido de los rangos de sus variables, pueden aún elicitar mucho del comportamiento de lo que la caja negra es capaz. Enseguida se deben tomar n de estos k -vectores en una lista $\vec{X} = \{\vec{x}^{(1)}, \vec{x}^{(2)}, \dots, \vec{x}^{(n)}\}^T$, de tal manera que represente el espacio de diseño tanto como sea posible.
- Entrenamiento:** La siguiente fase del proceso es el aprendizaje de f a través de los pares de datos $\{(\vec{x}^{(1)}, \vec{y}^{(1)}), (\vec{x}^{(2)}, \vec{y}^{(2)}), \dots, (\vec{x}^{(n)}, \vec{y}^{(n)})\}$, este proceso de aprendizaje basado en instancias o supervisado es esencialmente una búsqueda a través del espacio de las funciones \hat{f} concebibles que podrían replicar observaciones de f .
- Prueba del Modelo:** Con los datos observados y disponibles para la prueba del modelo y teniendo en cuenta que nuestro principal objetivo es obtener un modelo globalmente preciso, se puede tener en cuenta para la prueba del mismo el error cuadrático medio o su raíz cuadrada (RMSE) ó el coeficiente de correlación r^2 . Para probar el modelo se toma simplemente un conjunto de los datos de prueba de tamaño n_1 y un conjunto de predicciones en las locaciones de los datos de prueba y se calcula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n_1} (y^{(i)} - \hat{y}^{(i)})^2}{n_1}} \quad r^2 = \left(\frac{\text{cov}(\vec{y}, \hat{\vec{y}})}{\sqrt{\text{var}(\vec{y}) \text{var}(\hat{\vec{y}})}} \right)^2$$

Ecuación 2

3 VALORACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN TIC

La gobernabilidad TIC es un punto crítico en la agenda de muchas organizaciones, empresas y corporaciones. Aunque siempre ha existido la necesidad de una guía en el uso de TIC's desde los inicios de la computación, el concepto de Gobernabilidad TIC aparece a mediados de los 1990's cuando Loh, Hendersen y Venkatraman usaron el termino para describir la serie compleja de relaciones internas involucradas en obtener alineación estratégica entre el "negocio" y TIC [68]. La gobernabilidad TIC efectiva provee mecanismos que habilitan la gestión de SI/TI/TIC para desarrollar negocios integrados y planes TIC, localizar responsabilidades, y priorizar iniciativas TIC [40] [69] [70].

En este capítulo se propone un método para valorar la gobernabilidad TIC en una organización o empresa. Esta clase de valoración es esencial para el monitoreo, refuerzo y gestión de procesos y estructuras TIC. Particularmente, usando un método de valoración TIC de madurez de gobernabilidad, es posible comparar y seleccionar racionalmente entre posibles escenarios futuros. La posibilidad de elaborar análisis fuera de operación entre escenarios potenciales es uno de los beneficios más importantes en un método de valoración TIC eficiente. Otro beneficio es la posibilidad de tomar puntos de referencia (benchmarking) contra otras organizaciones. Por último, un buen método de valoración de gobernabilidad TIC, puede proveer resultados prescriptivos útiles acerca de los cambios que pueden ser realizados para mejorar la gobernabilidad TIC dentro de la organización bajo evaluación.

De igual manera el presente capítulo de esta investigación presenta a COBIT y su grado de cumplimiento con los requerimientos establecidos para un valorador mencionados en el marco teórico, y se presenta la evaluación realizada a través del uso de áreas de procesos en el modelo de CMMi con su arquitectura empresarial y su mapeo a COBIT, lo cual elimina algunos de los problemas asociados al uso directo del mismo.

Finalmente se presenta la función del concepto de desempeño de gobernabilidad TIC como métrica de efectividad de la organización basada en el modelo establecido por Weill y Ross, y se establece el modelo de sustitución como fundamento para establecer la posible relación entre madurez y desempeño en el marco de trabajo de gobernabilidad TIC.

3.1 MADUREZ DE GOBERNABILIDAD TIC CON CMMI y COBIT

Objetivos de Control para la Información y tecnologías Relacionadas (Control Objectives for Information and related Technology, COBIT), es un reconocido marco de trabajo enfocado en la mejora de Gobernabilidad TIC, mitigación de riesgos, entrega de valor TIC y valoración de madurez de alineación estratégica [26] [3] [71] [72] [73]. El marco de trabajo fue usado inicialmente por el “IT Governance Institute” (ITGI), y “Information Systems Audit and Control Association” (ISACA) en 1998 y ha evolucionado constantemente desde entonces [74] [75]. COBIT describe la organización TIC a través de procesos, organizados en cuatro dominios: Planear y Organizar, Adquirir e Implementar, Entregar y Soportar, y Monitorear y Evaluar. Cada proceso contiene varias actividades y un conjunto de objetivos de control como declaraciones de los resultados deseados que deben ser alcanzados implementando procedimientos de control para los procesos. Se sugieren métricas como indicadores de desempeño clave (KPI), indicadores de meta clave (KGI) y factores críticos de éxito (CSF) con el fin de monitorear cada proceso. Cada proceso esta conectado a un modelo de madurez de capacidad (CMM). Las ultimas versiones de COBIT contienen matrices RACI lo cual sugiere a los interesados de la organización (stakeholders) sobre quien es responsable, a quien se rinde cuentas y quienes son los consultados e Informados teniendo en cuenta las actividades nombradas anteriormente. La Tabla 4 considera el grado de cumplimiento de COBIT a los requerimientos de un valorador establecidos en el marco teórico con el fin de determinar las métricas de madurez de gobernabilidad TIC.

Ident.	Requerimiento	Cumplimiento COBIT	Comentario / Evidencia
Req1	Consistencia con concepciones comunes	Si	+ COBIT es el estándar "de facto" en el campo de gobernabilidad TIC. [71][72][73][26][27]
Req2	Operacionalización descriptiva	Parcialmente	+ COBIT lista todos los procesos, actividades, documentos etc. necesarios para representar correctamente lo concerniente a gobernabilidad TIC. - COBIT contiene algunas veces nociones incongruentes de actividades y objetivos de control muy parecidos. Por ejemplo los procesos PO1, PO2, AI4, DS1 y DS2.[75] + COBIT provee una escala en la cual medir A. Concientización y comunicación, B. Políticas, planes y procedimientos, C. Herramientas y automatización, D. habilidades y experticia, E. Responsabilidad y rendición de cuentas, F. metas y

Ident.	Requerimiento	Cumplimiento	Comentario / Evidencia
			mediciones, [75] - COBIT no provee una guía respecto a la información que es necesaria para la valoración de A., C. y D (vistos anteriormente).[75] - COBIT no separa la representación descriptiva de valoración normativa. - COBIT no establece los datos exactos que son necesarios recolectar para realizar la valoración década proceso.
Req3	Operacionalización normativa	No	+ COBIT provee escalas para la valoración del nivel de madurez de procesos. - COBIT describe que puede ser medido [75], pero no provee información asociada a la conexión entre la descripción de procesos y los atributos de madurez. - COBIT no describe la agregación de los atributos de madurez a los modelos de madurez de procesos [75] - COBIT no establece como la madurez de los procesos pueden ser agregados a una madurez promedio de los procesos.
Req4	Soporte para la recolección de datos eficiente	No	- La recolección de datos y su análisis no es claramente separado en COBIT, por lo tanto las dos acciones generalmente son llevadas a cabo por analistas expertos en el tema.
Req5	Soporte para análisis eficiente	No	- COBIT no ofrece soporte para análisis eficiente.

Tabla 24 Adherencia de COBIT a los requerimientos de un Valorador de Madurez de Gobernabilidad TIC

Como se ha demostrado anteriormente COBIT no cumple con todos los requerimientos de un buen método de valoración de madurez de gobernabilidad TIC. Se puede observar que COBIT es particularmente débil con los requerimientos Req3 a Req5. Esta sección de la investigación propone un método de valoración de madurez de gobernabilidad TIC basado en COBIT pero que es mapeado desde las áreas de proceso de CMMi. El método contiene dos partes: La primera es el diagnóstico establecido en la valoración de CMMi sobre las áreas de proceso correspondientes a los niveles de madurez determinados por el SEI, y la segunda parte es el mapeo de estas áreas de proceso hacia los procesos definidos por COBIT para definir la

estructura de gobernabilidad TIC. A continuación se describe con mayor detalle cada una de estas partes.

3.2.1 Diagnóstico de Valoración de las Áreas de Proceso de CMMI.

CMMi (Capability Maturity Model Integration) o Modelo de Madurez de Capacidad Integrado es un enfoque de mejora de procesos que provee a las organizaciones con elementos esenciales de procesos efectivos. Este puede ser usado para guiar la mejora de procesos a través de un proyecto, una división o una organización. CMMi ayuda a integrar funciones organizacionales tradicionalmente separadas, metas y prioridades de mejora en conjuntos de procesos, provee guía para procesos de calidad, y provee un punto de referencia para la valoración de los procesos actuales en una organización o empresa [76].

El método de diagnóstico utilizado es de propiedad de RCCS (Red Colombiana de Calidad del Software) y fue diseñado bajo las políticas y estándares del SEI respecto a la valoración de las respectivas áreas de proceso en los niveles de madurez. En la Tabla 5 se presentan las diferentes áreas de proceso de CMMI asociadas a la valoración realizada en el diagnóstico a 34 empresas vinculadas a RCCS. La información que se utiliza en esta investigación sobre el diagnóstico es la asociada a los resultados de la valoración de las empresas, y a una descripción general del método sustentada en las características de validez y confiabilidad nombradas anteriormente, sin embargo no se ofrece una descripción detallada del método empleado debido a los requerimientos de confidencialidad y conservación del “*Know-how*” de RCCS y de acuerdo a los lineamientos del SEI. En el Anexo 1 se encuentra la valoración de cada una de las áreas de procesos CMMI de las 34 empresas diagnosticadas.

Acrónimo	Área de Proceso
CM	Gestión de la Configuración
MA	Medición y Análisis
PMC	Monitoreo y Control de Proyectos
PP	Planeación de Proyectos
PPQA	Aseguramiento de Calidad de Producto y Proceso
REQM	Gestión de Requerimientos
SAM	Gestión de Acuerdos con el Proveedor
DAR	Análisis y Resolución de Decisiones
IPM	Gestión de Proyectos Integrados
OPD	Definición de Procesos Organizacionales
OPF	Enfoque de Procesos Organizacionales
OT	Entrenamiento Organizacional
PI	Integración de Producto
RD	Desarrollo de Requerimientos
RSKM	Gestión de Riesgos

Acrónimo	Área de Proceso
TS	Solución Técnica
VAL	Validación
VER	Verificación

Tabla 25 Áreas de Proceso CMMI valoradas

3.2.2 Mapeo entre las Áreas de Proceso de CMMI y los Procesos COBIT. En esta sección se plantea el resultado de la investigación realizada por ISACA acerca del mapeo de las áreas de procesos de CMMI y los procesos COBIT y que es utilizada en esta investigación para valorar las diferentes empresas desde el punto de vista de Gobernabilidad TIC [77]. En la Tabla 6, que se muestra a continuación, se puede ver la relación existente entre cada uno de los modelos.

Proceso y Dominio COBIT	Área de proceso CMMi	
<i>Planear y Organizar (PO)</i>		
PO1 Definir un Plan TIC Estratégico	MA	
PO4 Definir los Procesos, Organización y Relaciones TIC	PPQA, SAM	OPD, OPF, OT
PO5 Gestionar la Inversión TIC	PP, PMC	IPM
PO6 Comunicar dirección y objetivos de la gerencia	PPQA, SAM	OPD, OPF, OT
PO7 Gestionar Recursos Humanos TIC	PPQA	OPS, OT
PO8 Gestionar Calidad	CM, MA, PMC, PP, PPQA, REQM, SAM	DAR, IPM, OPD, OT, PI, RD, RSKM, TS, VAL, VER
PO9 Valorar y Gestionar Riesgos TIC	PMC, PP, SAM	DAR, IPM, RSKM
PO10 Gestionar Proyectos	CM, MA, PMC, PP, PPQA, REQM	DAR, IPM, OPD, OPF, OT, RD, RSKM, VAL, VER
<i>Adquirir e Implementar (AI)</i>		
AI1 Identificar Soluciones Automatizadas	CM, PPQA, REQM	DAR, RD, RSKM, TS, VAL, VER

Proceso y Dominio COBIT	Área de proceso CMMi	
AI2 Adquirir y Mantener Aplicaciones Software	CM, PMC, PP, PPQA, REQM, SAM	IPM, OPD, PI, RD, TS, VAL, VER
AI3 Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica	CM, MA, SAM	DAR, PI, VAL
AI4 Habilitar Operación y Uso		OT, RD
AI5 Procurar Recursos TIC	SAM	
AI6 Gestionar Cambios	CM	DAR, OPD
AI7 Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios	CM, PP	IPM, OT, PI, RD, TS, VAL, VER
Entrega y Soporte (DS)		
DS1 Definir y Gestionar Niveles de Servicio	MA, REQM	OPF, RD
DS2 Gestionar Servicios de Terceras Partes	SAM	
DS7 Educar y Entrenar Usuarios		DAR, OT, RD, TS
DS9 Gestionar la Configuración	CM	
DS10 Gestionar Problemas	CM, MA	DAR, OPD
Monitorear y Evaluar (ME)		
ME1 Monitorear y Evaluar Desempeño TIC	MA	DAR, OPD
ME4 Proveer Gobernabilidad TIC	MA, PPQA	OPF, RSKM

Tabla 26 Relación entre las áreas de proceso de CMMi y los procesos y dominios COBIT

3.2 TRANSFORMACIÓN DE CMMI A COBIT

En las secciones anteriores se estableció una forma en la que se pueden evaluar las organizaciones TIC basados en las áreas de proceso de CMMi que a la vez constituye el fundamento de la filosofía de arquitectura empresarial. También se estableció la idea de una transformación del diagnóstico basado en un enfoque de mejora de procesos a uno de Gobernabilidad TIC en los procesos de COBIT. En las próximas secciones se establece como puede ser realizada la valoración de gobernabilidad TIC a través de la agregación de métricas en un puntaje de madurez total.

3.2.3 Métricas Internas. COBIT provee una gran cantidad de indicadores de desempeño, sugerencias de asignación de responsabilidades, actividades y metas que pueden ser monitoreadas con el fin de obtener una buena Gobernabilidad TIC. COBIT también contiene modelos de niveles de madurez de procesos. Sin embargo, los modelos de madurez presentados en COBIT contienen solo unas pocas líneas de texto que describen las características para cada nivel de madurez, y el marco de trabajo no detalla la conexión entre métricas y niveles de madurez. Es decir, no es claro como a través del monitoreo de una métrica, el resultado de ella afecta la madurez de todo el proceso.

A través de un modelo de madurez estandarizado con prácticas específicas que conecte dichas prácticas con los procesos a través de una valoración cuantitativa solucionaría el problema presentado en COBIT. Es por ello que CMMi hace parte importante de esta investigación respecto al concepto de valoración, ya que sus niveles de madurez de capacidad están totalmente definidos por áreas de proceso que a la vez están basadas en prácticas generales y específicas, metas generales y específicas que sustentan el nivel de madurez del proceso o de la organización. Es importante aclarar que la obtención de las métricas internas de las áreas de proceso en la valoración a las empresas fue ofrecida por RCCS a través del método estandarizado en la entidad y que es materializado en el diagnóstico.

Finalmente, con las métricas obtenidas a través de las áreas de procesos en CMMi, se debe asignar un nivel de madurez en los procesos de COBIT. Lo anterior minimizaría el factor de subjetividad de la valoración de madurez con COBIT y su complejidad asociada.

3.2.4 Adición de Métricas Internas. COBIT no ofrece información sobre como las diferentes métricas internas pueden ser adicionadas de manera que se genere una puntuación de madurez en los procesos individuales o a nivel organizacional o de la empresa. Para solucionar este problema, una serie de hipótesis fueron estudiadas.

Teniendo en cuenta que para cada proceso las métricas son adicionadas en puntuaciones únicas de madurez, la primera hipótesis establece que el nivel de madurez de un proceso COBIT, $NM_{proceso\ COBIT}$, puede ser calculado en forma simple como el promedio de los niveles de madurez de las áreas de proceso asociadas a CMMi en el mapeo, $NM_{area.proceso\ CMMI}$, las cuales como se ha dicho corresponden a las salidas del diagnóstico realizado por RCCS. Lo anterior se denota matemáticamente de la siguiente manera:

$$NM_{procesoCOBIT} = \frac{\sum_{i=1}^n NM_{area.procesoCMMI} (i)}{n}$$

Ecuación 3

Igualmente el cálculo del nivel de madurez de los dominios de COBIT PO, AI, DS y ME, $NM_{dominioCOBIT}$, los cuales están compuestos por procesos COBIT con alta interrelación, también puede ser calculado como el promedio de los procesos que lo conforman, esto es:

$$NM_{dominioCOBIT} = \frac{\sum_{i=1}^n NM_{procesoCOBIT} (i)asociado}{n}$$

Ecuación 4

Finalmente el nivel de madurez de la organización o empresa, $NM_{empresa}$, es el promedio de todos los procesos COBIT analizados:

$$NM_{empresa} = \frac{\sum_{i=1}^n NM_{procesoCOBIT} (i)}{n}$$

Ecuación 5

En el Anexo 1 se encuentran las valoraciones de las áreas de proceso de CMMI realizadas a través del diagnóstico de RCCS, en el Anexo 2 se encuentran las valoraciones de los procesos COBIT y la valoración de los dominios COBIT utilizando los respectivos promedios de las 34 organizaciones evaluadas.

La segunda hipótesis establece que las métricas de cada área de proceso pueden tener asignado un peso w diferente, de tal manera que los valores de madurez de dichas áreas tengan pesos de importancia relativa respecto al efecto que tienen en la puntuación de desempeño de gobernabilidad TIC. De esta manera, el nivel de madurez de los procesos COBIT calculado a través de la transformación desde las áreas de proceso de CMMI con sus respectivos pesos es:

$$NM_{procesoCOBIT} = W_1 \frac{\sum_{i=1}^n NM_{area.procesoCMMI} (i)}{n} + W_2 \frac{\sum_{j=1}^m NM_{area.procesoCMMI} (j)}{m} + W_3 \frac{\sum_{k=1}^l NM_{area.procesoCMMI} (k)}{l}$$

Ecuación 6

Donde w_1, w_2 y w_3 son los pesos asociados a las áreas de proceso con una alta, media y baja correlación respectivamente y que además cumplen que $w_1 + w_2 + w_3 = 1$. Con el fin de establecer los pesos por área de proceso se calcula

entonces la correlación que existe entre el nivel de madurez de las áreas de proceso CMMI y el desempeño de gobernabilidad TIC, de esta manera se puede estudiar la relación existente entre la madurez de gobernabilidad TIC y el desempeño de gobernabilidad TIC basado en datos estadísticos.

Sin embargo en esta investigación el número de variables en relación con el tamaño de la muestra es una de las principales limitaciones para realizar un análisis de correlación múltiple [6] o un análisis de factores [78] como método para considerar dependencia cruzada. La anterior dificultad radica principalmente debido a que en estos métodos multivariable típicamente requieren de 3 a 50 veces más muestras que el número de variables analizadas con el fin de obtener resultados con precisión. Sin embargo utilizando un análisis de correlación bivariable no es necesario utilizar una gran cantidad de datos, ya que solo dos variables a la vez son analizadas. Finalmente debido al número de muestras limitado de esta investigación, se escogió la correlación bivariable o de Pearson como método a utilizar.

En uso general de la estadística la correlación se refiere a la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables, pero antes de identificar la correlación es necesario determinar si los datos bajo evaluación están aproximadamente en una distribución normal. Esto se realizó y comprobó utilizando la prueba de Lilliefors [8] con 5% de significancia a través del uso de MATLAB.

Finalmente, aunque existen muchos autores que ofrecen guía para la interpretación del coeficiente de correlación, en esta investigación se utilizó la taxonomía de Cohen para la determinación de que tan fuerte esta es [6]. En la Tabla 7 se muestra la taxonomía de Cohen utilizada en esta investigación.

Correlación	Negativa	Positiva
<i>Pequeña</i>	-0.3 a -0.1	0.3 a 0.1
<i>Media</i>	-0.5 a 0.3	0.3 a 0.5
<i>Alta</i>	-1 a -0.5	0.5 a 1

Tabla 27 Taxonomía de Cohen para determinar la fuerza de la correlación

De acuerdo a lo dicho anteriormente calculamos el coeficiente de correlación entre las áreas de proceso de CMMI y el desempeño, Tabla 8:

	r= Correlación
Val	0.7154
Ver	0.6256

PI	0.6327
TS	0.6419
RD	0.1309
RSKM	0.2692
DAR	0.558
IPM	0.6511
OPD	0.7171
OT	0.7154
OPF	0.7114
MA	0.6595
PPQA	0.7417
CM	0.7167
SAM	0.6422
PP	0.632
PMC	0.7734
REQM	0.6396

Tabla 28 Coeficiente de correlación entre las áreas de proceso CMMI y el desempeño de gobernabilidad TIC

Como se puede observar todas las áreas tienen una correlación alta positiva excepto por las áreas de DAR la cual tiene una correlación media positiva, y las áreas de RSKM y RD las cuales tienen una correlación pequeña positiva. Teniendo en cuenta lo anterior, es posible calcular el nivel de madurez de los procesos COBIT de acuerdo a los pesos relativos de las áreas de proceso de CMMI. Para este fin utilizaremos $w_1 = 0.5$, $w_2 = 0.3$, y $w_3 = 0.2$. Los resultados de las valoraciones de los procesos COBIT teniendo en cuenta la correlación entre las áreas de proceso CMMI y el desempeño de gobernabilidad TIC pueden verse en el Anexo 3.

De igual manera para el cálculo de los niveles de madurez de los dominios de COBIT PO, AI, DS y ME, realizaremos la ponderación de los procesos COBIT asociados, así:

$$NM_{dominioCOBIT} = W_1 \frac{\sum_{i=1}^n NM_{proc.COBIT(i)}}{n} + W_2 \frac{\sum_{j=1}^m NM_{proc.COBIT(j)}}{m} + W_3 \frac{\sum_{l=1}^l NM_{proc.COBIT(i)}}{l}$$

Ecuación 7

Donde w_1 , w_2 y w_3 son los pesos asociados a los procesos COBIT con una alta, media y baja correlación respectivamente y que además deben cumplir que $w_1 + w_2 + w_3 = 1$. Con el fin de calcular los pesos de los procesos en una única puntuación de cada dominio, realizamos el mismo procedimiento aplicado

anteriormente a las áreas de proceso de CMMI y calculamos la correlación de cada proceso COBIT con el desempeño de gobernabilidad TIC. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

	<i>r=</i> <i>Correlación</i>
PO1	0.6595
PO4	0.8393
PO5	0.793
PO6	0.8393
PO7	0.7804
PO8	0.9106
PO9	0.8439
PO10	0.8926
AI1	0.8747
AI2	0.9158
AI3	0.8988
AI4	0.7465
AI5	0.6422
AI6	0.8134
AI7	0.8875
DS1	0.7555
DS2	0.6422
DS7	0.8014
DS9	0.7167
DS10	0.7922
ME1	0.7568
ME4	0.7633

Tabla 29 Coeficiente de correlación entre los procesos COBIT y el desempeño de gobernabilidad TIC

En la tabla de coeficientes de correlación de los procesos COBIT se puede observar que todos los procesos tienen una correlación positiva alta, no existen correlaciones medias o bajas según lo planteado por la taxonomía de Cohen, por tanto los coeficientes de ponderación serán los mismos para todos los procesos y de esta manera el nivel de madurez de cada dominio puede ser calculado como el promedio de los procesos COBIT asociados. Los resultados de las valoraciones de los dominios COBIT teniendo en cuenta la correlación entre los procesos COBIT y el desempeño de gobernabilidad TIC pueden verse en el Anexo 3.

De igual manera el cómputo del nivel de madurez de la empresa, $NM_{empresa}$, expresado como un puntaje único de madurez puede ser calculado a través de la importancia relativa de cada uno de los procesos COBIT ponderados. Sin embargo como analizamos anteriormente, todos los procesos COBIT tienen

una correlación positiva alta y por tanto el cálculo del nivel de madurez de la organización o empresa puede ser realizado como el promedio de los niveles de madurez de todos los procesos.

$$NM_{empresa} = \frac{\sum_{i=1}^n NM_{procesosCOBIT}}{n}$$

Ecuación 8

Una vez analizado lo anterior, en esta investigación se ha tomado como referencia de valoración para el cálculo de los niveles de madurez de los procesos COBIT, la ponderación de las áreas de proceso de CMMi; para la valoración de los dominios de COBIT, el promedio de los procesos COBIT asociados; y para el cálculo del nivel de madurez de la organización o empresa, el promedio de los niveles de madurez de los procesos COBIT.

Finalmente, teniendo en cuenta la información descrita con anterioridad en esta subsección realizaremos una comparación sobre si el valorador resultante de la transformación de CMMi a COBIT cumple con los requerimientos establecidos con anterioridad sobre las valoraciones de madurez de gobernabilidad TIC, Tabla 10.

Identificador	Requerimiento	Cumplimiento Transformación CMMI-COBIT	Comentario / Evidencia
Req1	Consistencia con concepciones comunes	Si	+ La valoración es basada sólidamente en COBIT.
Req2	Operacionalización descriptiva	Si	+ La transformación hereda todos los conceptos de COBIT. + La valoración es mejorada por el detalle preciso de las áreas de proceso de CMMi y su diagnóstico estándar basado en metas y prácticas.
Req3	Operacionalización normativa	Si	+ La transformación provee un marco de trabajo formal y transparente que permite la agregación de métricas con el fin de obtener niveles de madurez comprensibles en los procesos y a nivel de la empresa u organización.
Req4	Soporte para la recolección de datos eficiente	Si	+ La transformación provee un método de modelamiento que es separado del análisis. El modelamiento puede ser desempeñado por personas con poco conocimiento de los aspectos normativos de la valoración de gobernabilidad TIC.
Req5	Soporte para análisis eficiente	Si	+ La transformación provee un marco de trabajo de análisis automatizado que puede ser aplicado sin la existencia de un consultor experimentado (experto).

Tabla 30 Adherencia de la transformación de las áreas de proceso CMMI a los procesos COBIT como valorador de madurez de gobernabilidad TIC

3.3 PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO DE GOBERNABILIDAD TIC

El desempeño de gobernabilidad TIC describe la calidad del beneficio que una organización TIC genera desde el punto de vista del negocio. Los marcos de trabajo de gobernabilidad TIC actuales, como se ha visto en partes anteriores de esta tesis, son principalmente de naturaleza descriptiva, ya que generalmente describen el estado de una organización TIC de acuerdo a las mejores prácticas existentes. Sin embargo, ninguno de ellos tiene la habilidad de establecer como el desempeño de gobernabilidad TIC esta enlazado a la madurez de la organización TIC. Esta parte de la tesis propone un método de predicción para dicho desempeño. Usando este método, es posible comparar el estado actual de desempeño con variados escenarios futuros. Hacer esta clase de predicción permite realizar prescripciones, es decir, no solo evaluar diferentes escenarios, sino también escoger racionalmente el mejor de ellos.

El método para la predicción de desempeño de gobernabilidad TIC utilizado en esta investigación es el de *aprendizaje supervisado* el cual esta basado en previas experiencias, y cuya información puede ser obtenida de variadas formas. Una forma muy común de recolectar esta información es a través de expertos, quienes debido a su experiencia a través de los años de trabajo en el campo, concentran su conocimiento en un documento que puede ser estandarizado como las mejores prácticas de acciones que deben ser llevadas a cabo para mejorar el negocio. Otra opción, la cual es la que se utiliza en esta investigación, puede ser la de estudiar una gran variedad de organizaciones y basar el método en los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta que una organización tiene un buen desempeño de gobernabilidad TIC si los interesados (stakeholders) están satisfechos con el soporte que las TIC entregan al negocio, entonces agregando información de varias organizaciones, se puede crear un modelo de correlación entre el desempeño de gobernabilidad TIC y la madurez de la organización TIC. Sin embargo se debe aclarar nuevamente, que el desempeño de gobernabilidad TIC es percibido desde el punto de vista del negocio. Entonces la meta de toda organización o empresa debe ser el de mejorar el desempeño de gobernabilidad TIC con el fin de incrementar la satisfacción de los interesados y estar seguros de que el negocio se gestiona de la mejor manera en forma fluida y transparente.

El desempeño de gobernabilidad TIC no es directamente controlable por la gerencia TIC como si lo son los procesos TIC, como la adquisición de hardware, la gestión de proyectos TIC y las estrategias TIC. Inclusive, aunque muchos procesos TIC son difíciles de medir directamente, ellos pueden generar un número de indicadores de madurez de gobernabilidad TIC que son medibles. Es razonable por tanto creer que algunos de los indicadores de madurez de gobernabilidad TIC están correlacionados con el desempeño. Por

tanto, un modelo de predicción de desempeño de gobernabilidad TIC debe tener en cuenta lo anterior para definir el impacto de cada uno de los indicadores en el desempeño.

En el Anexo 4 se encuentra la valoración del desempeño de gobernabilidad TIC, de las 34 empresas diagnosticadas, utilizando el método de Weill y Ross.

En esta investigación se utiliza un modelo de sustitución para realizar la predicción, las entradas al modelo son las muestras de los niveles de madurez de los procesos COBIT obtenidos con el diagnostico realizado a las áreas de proceso CMMi; estas muestras en adelante denominadas (\bar{x}^i) son las entradas al modelo y constituyen nuestro espacio de diseño, y las salidas son las muestras de los niveles de desempeño de gobernabilidad TIC, en adelante $(y^i = f(\bar{x}^i))$, de las diferentes empresas. Se desea entonces predecir para cualquier nivel de madurez de gobernabilidad TIC de cualquier organización, el desempeño de gobernabilidad TIC de acuerdo a escenarios planteados.

El enfoque de modelamiento utilizado esta basado en el modelo de Kriging (función con base gaussiana), teniendo en cuenta la taxonomía de modelos de sustitución realizado por Alexander Forstar, Andres Saber y Andy Keene de la Universidad de Southampton [9] en el Reino Unido, y que puede ser observada en la Tabla 11.

TAXONOMIA DE MÉTODOS DE SUSTITUCIÓN				COMPRESIÓN		OPTIMIZACIÓN		
				Simple	Complejo	Búsqueda local	$P[I(x)]$,, $E[i(x)]$	Búsqueda de objetivo
$k > 20$	$n > 500$	SVR		X	X	X		
		Bases Fijas, por ejemplo: cúbica, disco		X	X	X		
$k < 20$	$n < 500$	Polinomiales		X		X		
		Bases paramétricas	Bases gaussianas, ej: Kriging	X	X	X	X	X
			Otras		X	X	X	

Tabla 31 Taxonomía de modelos de sustitución basada en numero de variables ,K, y numero de muestras, n.

Donde K es el número de variables, y n es el número de muestras.

Teniendo en cuenta la taxonomía anterior, el enfoque el enfoque tomado para el modelo de sustitución fue método de Kriging. Este método esta basado en funciones de base de la forma:

$$\psi^{(i)} = \exp\left(-\sum_{j=1}^k \theta_j |x_j^{(i)} - x_j|^{p_j}\right)$$

Ecuación 9

Si observamos esta ecuación se encontraran similitudes con las funciones de base Gaussiana. La diferencia radica principalmente que la función de Kriging tiene un vector $\vec{\theta} = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}^T$ que permite que el ancho de la función base varíe de variable en variable; de igual manera el exponente de la base Gaussiana, que siempre es 2, en Kriging es un vector $\vec{p}_j = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}^T$ que varía (típicamente $p_j \in [1, 2]$) para cada dimensión en \vec{x} . Si analizamos un poco y fijamos a \vec{p} en $p_{(1,2,\dots,k)} = 2$ con θ_j constante para todas las dimensiones, entonces la función de Kriging se convierte en una función Gaussiana. Para mas información sobre las funciones Kriging ver [79].

El vector θ_j es de suma importancia ya que aunque no nos ofrece información acerca de las interacciones entre las variables, nos puede ofrecer el orden de importancia de actividad de cada una de las variables respecto a la función objetivo. En el caso de los dominios de COBIT los resultados de la búsqueda del valor del vector θ_j fueron los siguientes, Tabla 12:

	PO	AI	DS	ME
theta	0.2500	0.50	0.0351	0.0351

Tabla 32 . Los dominios COBIT y su impacto en la función objetivo

El resultado anterior indica sin realizar aun predicciones usando el modelo Kriging, que basados en nuestras 34 muestras, las variables PO y AI son las dominantes con valores de θ_j mas altos que las variables de DS y ME. Estas variables serán tenidas en cuenta en la siguiente parte de esta tesis para realizar graficas tridimensionales de la predicción basados en los dominios de COBIT.

El modelo de sustitución con el enfoque de Kriging se realizo usando una Toolbox de Matlab elaborado por la Universidad Tecnológica de Dinamarca a

través del departamento de Modelamiento Matemático e Informática [80]. Este toolbox es denominado DACE , “Design and Análisis of Computer Experiments”, y trabaja con aproximaciones Krigging para modelamiento computacional. El típico uso de este software es construir un modelo de aproximación Krigging basado en datos de un experimento computacional, y usar este modelo como un sustituto (modelo de sustitución) del modelo computacional. El software también tiene en cuenta el problema del diseño del experimento, ya que escoge las entradas en las cuales se evalúa el modelo computacional para construir la aproximación Krigging.

3.4 INTEGRACIÓN DE LAS PARTES

El marco de trabajo resultado de esta investigación es una herramienta que soporta la toma de decisiones y permite seleccionar racionalmente entre diferentes escenarios de gobernabilidad TIC. Esta parte de la tesis de investigación presenta el marco de trabajo y su flujo para la toma racional de decisiones. Fig. 4.

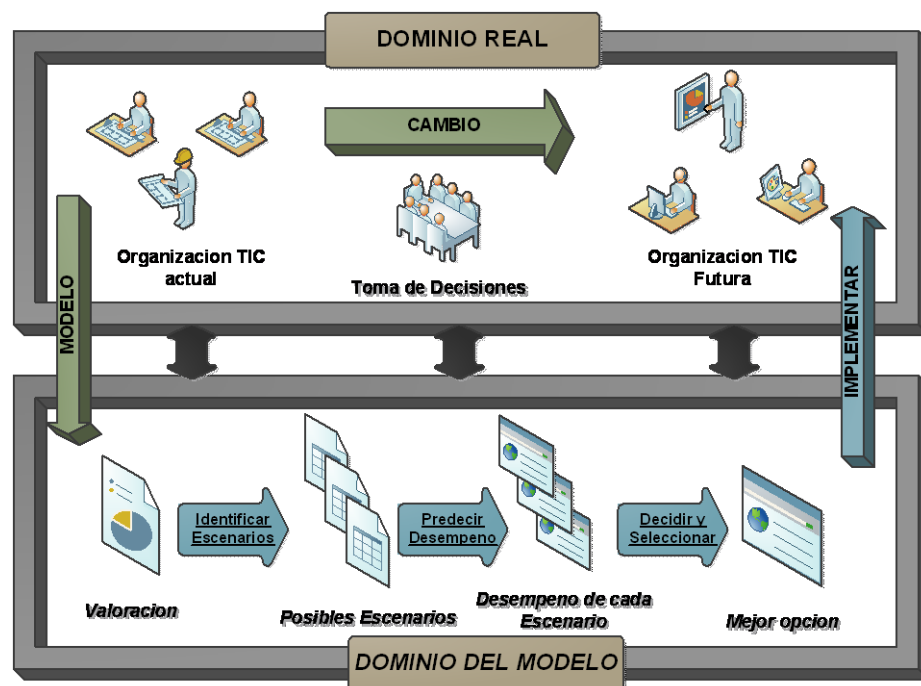


Fig. 4 Marco de Trabajo para la Toma de Decisiones de Gobernabilidad TIC

3.2.5 Flujo de Trabajo. A continuación se describen los pasos a tener en cuenta en el marco de trabajo establecido:

- **Crear un Modelo Actual de la Organización TIC.** El primer paso está relacionado con el desarrollo de un modelo de la organización TIC actual cuyo resultado es el estado *como-es* de la organización. Este modelo define que entidades y relaciones existentes son permitidas a través de las áreas de proceso de CMMi y los procesos de COBIT por medio de una transformación basada en el mapeo descrito anteriormente, el cual incluye indicadores de madurez de Gobernabilidad TIC. Igualmente en el modelo actual se definen las valoraciones de los dominios COBIT, los cuales también son usados como variables en la predicción.
- **Identificar Escenarios de Cambio.** Un segundo paso, es establecer un número posible de futuros escenarios de la organización TIC que fue valorada y modelada en el paso anterior. Para la identificación de estos escenarios se tiene en cuenta la dirección estratégica que sigue la organización, sus objetivos estratégicos, metas y estudios de necesidad y conveniencia.
- **Predecir al Desempeño de Gobernabilidad TIC.** El tercer paso es el marco de trabajo de predicción basado en metamodelos (o modelos de sustitución) con el fin de prever los indicadores de desempeño de gobernabilidad TIC del modelo actual y de los escenarios de cambio. El marco de trabajo de predicción está basado en la experiencia de casos de estudio previos en otras organizaciones TIC. En las Fig. 5, 6, 7 y 8 se presenta una visualización del predictor Kriging para las variables por dominio de COBIT, la primera con las variables con más alta actividad en la función objetivo (PO y AI) y las segunda con las dos variables restantes (DS y ME), también se presenta el error cuadrático medio de predicción para cada una de ellas.
- **Decidir en el Escenario Futuro (¿Cómo será?).** El resultado del paso anterior es el desempeño de gobernabilidad TIC de cada escenario desarrollado. Esto provee una estimación general del “beneficio” del escenario para la toma de decisión. En pocas palabras el escenario con el más alto valor agregado es la elección más racional.
- **Implementar el Escenario Futuro.** Los cuatro pasos anteriores describen un ejercicio muy parecido a la planeación estratégica. Si se quieren alcanzar los beneficios de la nueva organización el escenario futuro tiene que ser implementado. Sin embargo este paso de este marco de trabajo está por fuera del alcance de esta tesis.

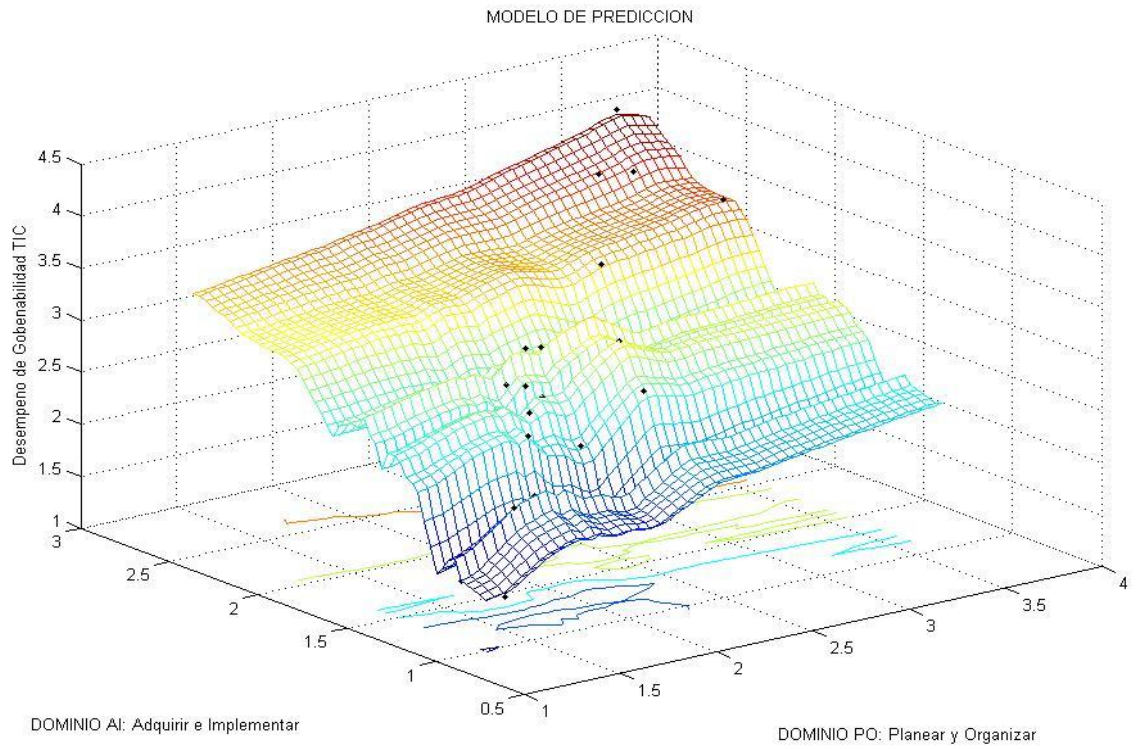


Fig. 5 Modelo de Predicción de Desempeño de Gobernabilidad TIC usando como variables los Dominios de COBIT PO y AI, los cuales tienen un alto impacto en la función objetivo.

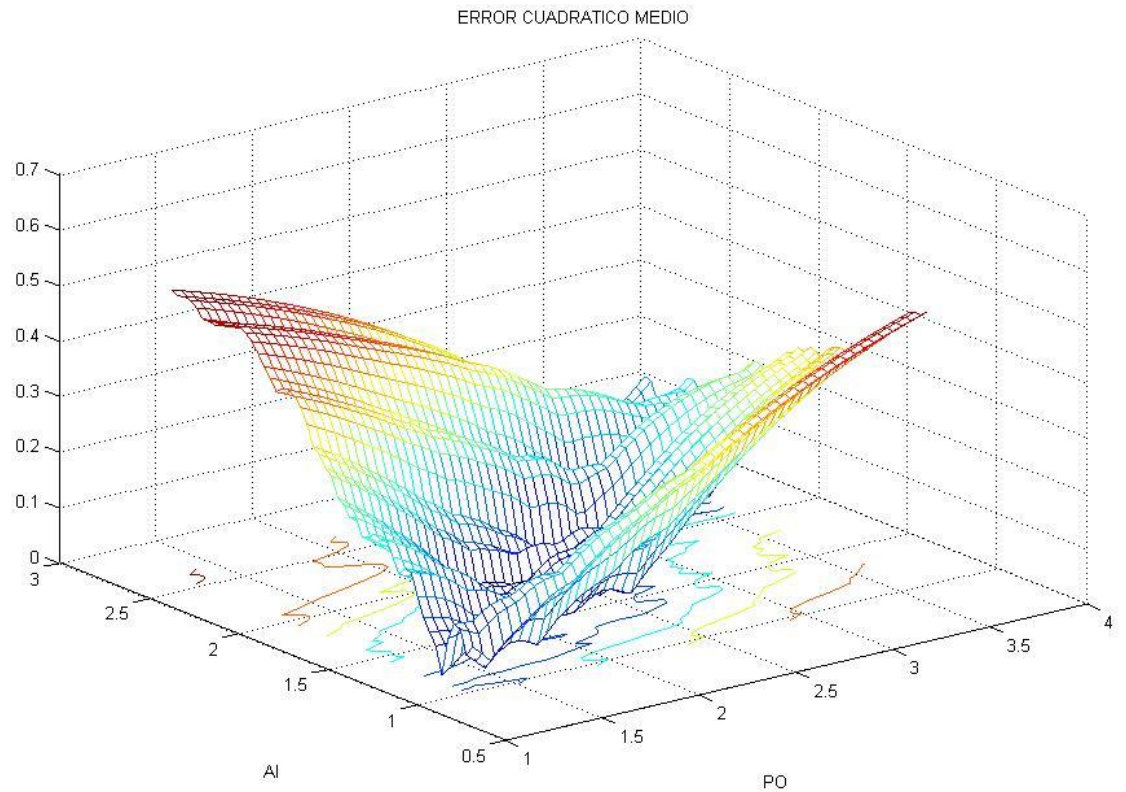


Fig. 6 Error Cuadrático Medio de la Predicción para las Variables PO y AI

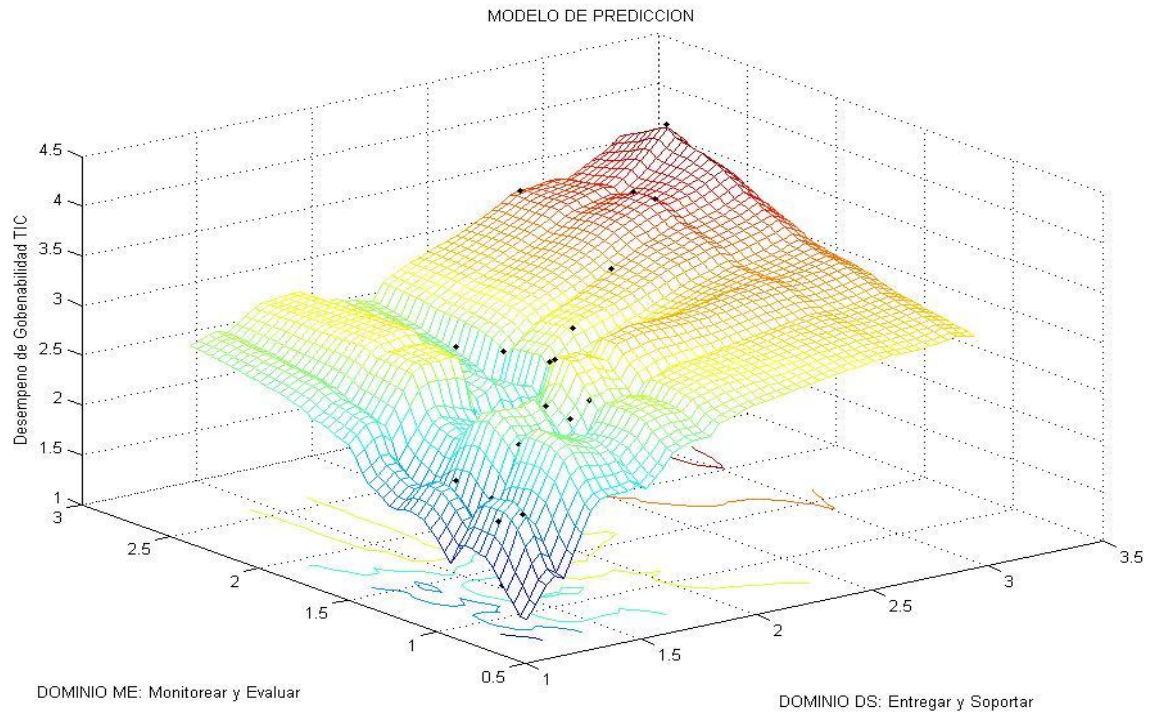


Fig. 7 Modelo de Predicción de Desempeño de Gobernabilidad TIC usando como variables los Dominios de COBIT DS y ME, los cuales tienen un bajo impacto en la función objetivo

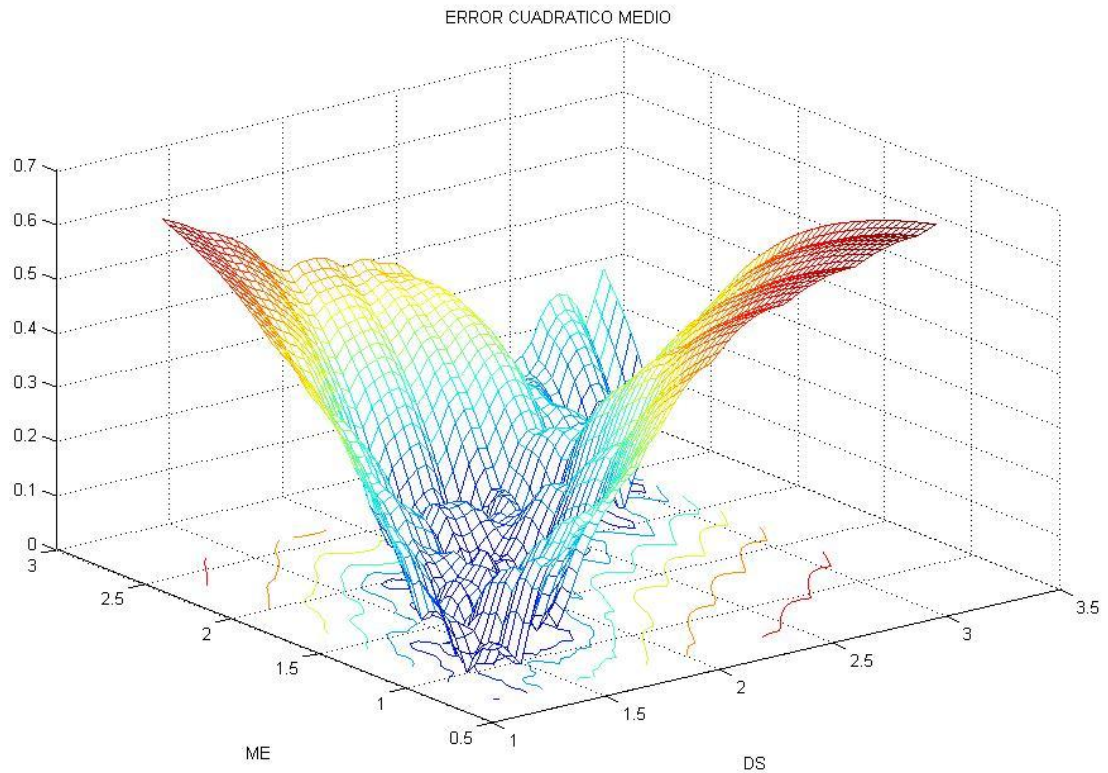


Fig. 8 Error Cuadrático Medio de la Predicción para las Variables DS y ME

Como se ha presentado hasta el momento, la organización TIC tiene asignadas un número de diferentes atributos de madurez que en nuestro caso están directamente relacionados con la calidad de las áreas de proceso y procesos de su arquitectura empresarial. Es razonable pensar, después de lo descrito hasta el momento en esta tesis, que existe una relación de los indicadores de madurez de gobernabilidad TIC con el desempeño de la misma. Sin embargo, como se ha visto, no todos los procesos tienen el mismo impacto en el desempeño de gobernabilidad TIC. De acuerdo a lo anterior para tener un marco de trabajo de predicción y de evaluación eficiente es necesario conocer cuales indicadores tienen una fuerte correlación con el desempeño. El formalismo fundamental para responder a esta inquietud sobre este marco de trabajo es el modelo de sustitución a través del método de Kriging. El proceso de construcción del marco de trabajo de esta tesis esta basado en la recolección de datos de 34 empresas que pertenecen a RCCS. Estos datos contienen información acerca del desempeño de gobernabilidad TIC e indicadores de madurez de gobernabilidad TIC.

4 CASO DE ESTUDIO: IMPLEMENTACIÓN DEL VOTO ELECTRÓNICO

En esta sección se describe como el marco de trabajo es aplicado a una situación de toma de decisiones asociadas a TIC en La Registraduría Nacional del Estado Civil, en adelante RNEC, respecto a la implementación del voto electrónico en el proceso electoral colombiano.

4.1 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES

El origen de la RNEC se remonta a la creación de la Organización Electoral según la ley 89 de 16 de diciembre de 1984, donde se establece a la organización como ajena a la influencia de partidos, y de cuyo funcionamiento ningún grupo o partido político puede derivar ventajas sobre los demás [81]. *“La Organización Electoral esta conformada por el Concejo Nacional Electoral, por la Registraduría Nacional del Estado Civil y por los demás organismos que declare la ley. Tiene a su cargo las elecciones, su dirección y vigilancia, así como lo relativo a la identidad de las personas”.*

Uno de los factores que más han impactado los procesos electorales en Colombia ha sido la utilización de tecnologías TIC para el mejoramiento de la eficiencia interna de la RNEC y para la garantía de la organización, transparencia y agilidad de los comicios electorales. Por tanto la toma de decisión sobre la implementación del voto electrónico en Colombia es un escenario que demanda gran atención debido a la escala de las consecuencias de su uso en el proceso electoral. En este caso la Visión de la RNEC resguarda el factor tecnológico de su implementación debido al pensamiento de mejora continua utilizando herramientas modernas en los procesos electorales y demás servicios que presta a la ciudadanía.

Lo dicho anteriormente puede verse en el enunciado de la visión de la RNEC que transcribimos a continuación: *“La Registraduría Nacional del Estado Civil será una Institución reconocida por la ciudadanía colombiana, por su **excelencia en la prestación de los servicios a su cargo, garantizando la facilidad de acceso a toda la población, mediante la utilización de tecnologías modernas** y el compromiso de sus funcionarios en la consolidación de un sistema de registro civil e identificación ágil, confiable y*

transparente, en la expedición de los documentos de identidad y la oportunidad, transparencia y eficiencia en la realización de los procesos electorales”.

Por otro lado es importante establecer las áreas misionales de la RNEC, las cuales son:

- Registraduría Delegada en lo Electoral (Dirección de Gestión Electoral)
- Registraduría Delegada para el Registro Civil y la Identificación.
- Delegaciones Departamentales de las Registradurías Especiales Municipales y Auxiliares, Registraduría del Distrito Capital.

Las áreas de apoyo o soporte son: Secretaría privada, Secretaría General, **Gerencia de Informática**, Gerencia Administrativa y Financiera, Gerencia del Talento Humano, Oficina Jurídica, Oficina de Planeación, Oficina de Comunicaciones y Prensa, Oficina de Control Interno, Oficina de Control Disciplinario.

Cada una de las áreas de apoyo es transversal a las áreas misionales de la organización. Sin embargo el área de apoyo que se asocia fuertemente a la preparación, realización e implementación de decisiones relacionadas con TIC es la *Gerencia Informática*. Esta área de apoyo establece la dirección del uso de tecnologías de la información y comunicación en cada una de las áreas misionales, incluyendo la Dirección de Gestión Electoral. Sin embargo se debe aclarar que la Gerencia Informática no es funcionalmente aislada de la organización, y que su impacto repercute en las demás áreas misionales en conjunto con otras áreas de apoyo. Para este caso de estudio, sin embargo, es necesario enfatizar el área misional relacionada con la Dirección de Gestión Electoral, es decir, la Registraduría Delegada en lo Electoral y el área de apoyo de Gerencia Informática ya que son los directamente involucrados en la implementación de voto electrónico y las consecuencias en el proceso electoral y en el nivel de madurez de la organización.

4.2 EL VOTO ELECTRÓNICO EN COLOMBIA

La democracia como sistema de organización política en el que las personas que la integran tienen la posibilidad de influir abiertamente y de manera legal sobre el proceso de toma de decisiones, depende de que los ciudadanos puedan ejercer su derecho al sufragio en el proceso electoral. Es función de la Registraduría Nacional del Estado Civil (RNEC) garantizar transparencia y eficiencia de las elecciones en nuestro país.

En las dos últimas décadas se ha observado una dinámica social, donde la ciudadanía cada vez está más relacionada con la toma de decisiones, fenómeno que está apareciendo gracias a un crecimiento en el volumen de electores, nuevas autoridades y cargos públicos sometidos al veredicto de las mayorías, nuevas iniciativas que permiten controlar los candidatos y partidos involucrados en el proceso, cambios en la legislación y menores tiempos en arrojar resultados. Por tanto, en la búsqueda por ofrecer procesos electorales con seguridad y transparencia a bajos costos, se ha encontrado que en las tendencias de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones (NTIC) se obtienen nuevos procedimientos de participación ciudadana y toma de decisiones que potencializan el sistema democrático “Democracia Electrónica”. La implementación de las NTIC en la e-democracia genera oportunidades de mejora en los procesos electorales, lo cual ha motivado a los entes gubernamentales a disponer de estas para aplicar el ejercicio de la democracia de un estado, particularmente en los procesos electorales.

La Organización Electoral - Registraduría Nacional del Estado Civil - ha implantado progresivamente nuevas tecnologías que han permitido a Colombia obtener un avance trascendental dentro de los procesos electorales, medidos en términos de tiempos de respuesta y entrega de resultados. Sin embargo, aún se cuenta con muchos procedimientos manuales de validación y verificación que buscan ser optimizados de manera que ofrezcan mejoras en cuanto a la calidad, transparencia y seguridad de la información.

Debido a lo anterior se buscan las mejoras de los procedimientos empleados para la realización de los eventos electorales con la ayuda de tecnologías de avanzada, llevando a cabo pruebas piloto de sistemas de voto electrónico. Históricamente se han efectuado implementaciones del modelo de voto electrónico en algunos lugares del territorio nacional: por primera vez en la elección de alcalde del municipio El Peñón (Antioquia); en el año 1992 durante las elecciones del 8 de Marzo, en algunas mesas de votación en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena y Manizales; y posteriormente, se adelantaron eventos electorales para elecciones de Alcaldes Municipales en: Gamarra, Puerto Triunfo, Ricaurte, Natagaima, Suárez, Tello, La Guajira y Cajicá; y para elecciones de: Alcaldes y Concejos en Bogotá, Bucaramanga y Tunja donde tuvo gran acogida debido a la facilidad de votación y versatilidad para el elector. Finalmente en el año 2007 se realizó una prueba piloto en las ciudades de Bogotá, Pereira y San Andrés Islas, y la consolidación y divulgación se realizó en la ciudad de Bucaramanga, esta prueba fue dirigida por la Universidad Industrial de Santander a través de su centro de investigación CIDLIS.

La implementación de la tecnología debe realizarse de acuerdo a los objetivos que garanticen la propia finalidad de los procesos electorales y de acuerdo a la legislación establecida para ejercer la democracia. Por lo tanto, deben establecerse criterios y subcriterios que sean verificados y validados respecto a las tecnologías que serán utilizadas en la acción democrática. Para tal fin la Registraduría Nacional del Estado Civil (RNEC) estudia continuamente la manera en que se puede implementar la aplicación de la Ley 892 del 7 de Julio de 2004 *“por la cual se establecen nuevos mecanismos de votación e inscripción para garantizar el libre ejercicio de este derecho, en desarrollo del artículo 258 de la Constitución Nacional”*.

Asegurar el adecuado funcionamiento y la correcta organización del proceso electoral se convierte en un elemento fundamental, puesto que de ello depende la credibilidad y confianza en el proceso y en los resultados que con este se obtienen [82].

Con la responsabilidad que demanda la implementación del voto electrónico en el país se generan dos interrogantes asociados a la Organización Electoral y en especial a la RNEC: ¿Con la implementación del voto electrónico en el proceso electoral, mejorara el desempeño de la RNEC en los servicios prestados referentes a la Gestión Electoral? ¿Cuáles son los escenarios de cambio que debe realizar la RNEC de tal manera que se pueda implementar el voto electrónico en Colombia?.

En la siguiente sección se trata de dar respuesta a las preguntas formuladas anteriormente con la ayuda del marco de trabajo presentado en esta tesis a través de la predicción de los escenarios presentados.

4.3 MARCO DE TRABAJO DE GOBERNABILIDAD TIC –RNEC-

4.3.1 Crear el modelo Actual de la Organización TIC. Se realizó un diagnóstico con personal que participa en la auditoría e interventoría del proyecto PMT II (Programa de Modernización Tecnológica) de la RNEC y con la ayuda de ACTS 3 (Auditoría Tecnológica de Subcontratistas del Proceso Electoral Colombiano) realizado por el CIDLIS en los años 2003 y 2007, de tal manera que se pudiera establecer la valoración de los niveles de madurez actuales de la organización en los procesos COBIT a través de su transformación desde las áreas de CMMi. Los resultados de dicha valoración se muestran en la Tabla 13 y 14:

AREA DE PROCESO CMMI	NIVEL DE MADUREZ
<i>VAL</i>	2.9090
<i>VER</i>	3
<i>PI</i>	2.5937
<i>TS</i>	2.2727
<i>RD</i>	2.3636
<i>RSKM</i>	1.5217
<i>DAR</i>	1.8636
<i>IPM</i>	2.64
<i>OPD</i>	2.6296
<i>OT</i>	2.2727
<i>OPF</i>	1.9615
<i>MA</i>	1.84
<i>PPQA</i>	2
<i>CM</i>	1.8333
<i>SAM</i>	3.48
<i>PMC</i>	3
<i>PP</i>	3.3225
<i>REQM</i>	3.2608

Tabla 33 Nivel de Madurez RNEC en las áreas de proceso CMMI

A continuación transformamos las áreas de proceso CMMI a los procesos COBIT respectivos:

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ
<i>PO1</i>	1.84
<i>PO4</i>	2.4688
<i>PO5</i>	2.9875
<i>PO6</i>	2.4688
<i>PO7</i>	2.0781
<i>PO8</i>	1.6044
<i>PO9</i>	1.5955
<i>PO10</i>	1.5388
<i>AI1</i>	1.3366
<i>AI2</i>	1.8101
<i>AI3</i>	1.5697
<i>AI4</i>	1.0318
<i>AI5</i>	3.48
<i>AI6</i>	1.2277
<i>AI7</i>	1.6841
<i>DS1</i>	1.3541
<i>DS2</i>	3.48
<i>DS7</i>	1.0534
<i>DS9</i>	1.8333
<i>DS10</i>	1.2427
<i>ME1</i>	1.2292
<i>ME4</i>	1.0913

Tabla 34 Nivel de Madurez RNEC en los Procesos COBIT

Una vez obtenidos los niveles de madurez de los procesos COBIT, se obtiene el nivel de madurez general de la organización teniendo en cuenta lo dicho en la segunda parte de esta tesis. Así tenemos:

$$NM_{RNEC} = 1.8184$$

Ecuación 10

Los niveles de madurez por dominio COBIT son:

$$NM_{PO} = 2.0727$$

$$NM_{AI} = 1.7342$$

$$NM_{DS} = 1.7927$$

$$NM_{ME} = 1.1602$$

Ecuación 11

Según el estudio base presentado por la División de Asistencia Electoral – DAE- de la Organización de Naciones Unidas –ONU-, la Registraduría Nacional del Estado Civil –RNEC-, la Agencia Colombiana de Cooperación Internacional – ACCI- y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Colombia – PNUD-; sobre el Proyecto Integral para la Modernización del Sistema Electoral Colombiano, *“se recomienda la implementación gradual del modelo COBIT para la administración de la función de tecnología informática en la Registraduría Nacional”* [82].

En ese estudio base y de acuerdo con la información recogida y analizada por la consultoría, los procesos de tecnología de la RNEC y en general de la Organización Electoral fue valorado en el nivel 2 de madurez (repetible) pues *“se concentra en mantener funcionando lo existente basados en el conocimiento y esfuerzo de funcionarios de la organización con grandes probabilidades de error y con un panorama complejo para pensar en la modernización tecnológica que exige la realidad actual”* [82].

El análisis realizado por la ONU no cumple con los requisitos expuestos para que sea una valoración eficaz, ya que esta fundamentada en la subjetividad del observador cuando recoge la información. Sin embargo, ese resultado no se encuentra muy apartado del hallado a través de la transformación que esta tesis plantea, la diferencia es $NM_{RNEC}^{ONU} - NM_{RNEC}^{UIS} = 0.1816$, la cual, tomando como escala el modelo de madurez de cinco niveles, equivale a un 3.63% en este caso específico.

Por otro lado, el desempeño de gobernabilidad TIC resultante de aplicar el método de Weill y Ross en la RNEC es de 2.7678. Mas adelante en el apartado de Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC lo compararemos con el resultado de la predicción tomando los valores de madurez de los procesos COBIT aquí mostrados.

4.3.2 Identificar Escenarios de Cambio. Actualmente y en la historia de la RNEC muchos proyectos de TIC han tenido deficiencias en el cumplimiento de las restricciones en cuanto al costo y tiempo establecidas en su inicio. La organización cuenta dentro de sus activos con infraestructura de hardware y software integrados en sistemas complejos, lo cual hace difícil la gestión de los mismos en términos de dirigir los cambios que se presenten debido a causas de orden político, jurídico, administrativo y tecnológico. Sin embargo la gerencia informática de la organización entiende la necesidad de ser más eficiente en la gestión de estas cuestiones. Estudiando el modelo de valoración de la organización establecido anteriormente y sus debilidades, se generan dos escenarios de cambio que permitirían aumentar la eficiencia organizacional de la RNEC con el fin de implementar el voto electrónico. Los posibles cambios incluyen la introducción de una organización orientada al servicio a través de la implementación de ITIL en sus procesos, y la recomendación realizada por el DAE-ONU sobre unos procesos específicos COBIT como resultado de su consultoría [82].

- **Escenario de Cambio 1: Implementación de ITIL.** El primer escenario se enfoca en la orientación al servicio de la organización. Los procesos COBIT impactados por este escenario están determinados por la alineación de ITIL hacia COBIT [83]. Los procesos ITIL a estudiar son el de Gestión de Infraestructura TIC, Gestión del Nivel del Servicio, Gestión de Capacidad, Gestión de Continuidad del Servicio TIC, Gestión de Incidentes, Gestión de Problemas, Gestión de Configuración, Gestión de Cambios; los cuales impactan los procesos COBIT PO1 (definir un plan estratégico), PO4 (definir la organización TIC), PO9 (Evaluar Riesgos), AI5 (Instalar y acreditar los sistemas), AI6 (administrar cambios), DS1 (definir niveles de servicio), DS9 (administración de la configuración y DS10 (administrar problemas e incidentes). Los diferentes procesos COBIT con su nivel de madurez actual y futuro se muestran en la Tabla 15:

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ ACTUAL	ESCENARIO FUTURO
<i>PO1</i>	1.84	3
<i>PO4</i>	2.4688	4
<i>PO5</i>	2.9875	-
<i>PO6</i>	2.4688	-
<i>PO7</i>	2.0781	-

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ ACTUAL	ESCENARIO FUTURO
<i>PO8</i>	1.6044	-
<i>PO9</i>	1.5955	3
<i>PO10</i>	1.5388	-
<i>AI1</i>	1.3366	-
<i>AI2</i>	1.8101	-
<i>AI3</i>	1.5697	-
<i>AI4</i>	1.0318	-
<i>AI5</i>	3.48	4
<i>AI6</i>	1.2277	3
<i>AI7</i>	1.6841	-
<i>DS1</i>	1.3541	3
<i>DS2</i>	3.48	-
<i>DS7</i>	1.0534	-
<i>DS9</i>	1.8333	3
<i>DS10</i>	1.2427	3
<i>ME1</i>	1.2292	-
<i>ME4</i>	1.0913	-

Tabla 35 Modelo de Escenario futuro de la RNEC con la implementación de procesos ITIL

- **Escenario de Cambio 2: Recomendación DAE-ONU.** El segundo escenario se enfoca en las recomendaciones hechas por el DAE-ONU en su estudio del Proyecto Integral para la Modernización del Sistema Electoral Colombiano, [82], y donde la consultoría sugiere trabajar en los procesos COBIT PO1 (Definir un plan estratégico), PO4 (definir la organización TIC), PO10 (administrar proyectos), AI1 (identificar soluciones automatizadas), AI5 (instalar y acreditar los sistemas), AI6 (administrar los cambios), DS1 (definir niveles de servicio) y DS2 (administrar servicios de terceros). Los diferentes procesos COBIT impactados con su nivel de madurez actual y futuro se muestran en la Tabla 16:

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ ACTUAL	ESCENARIO FUTURO
<i>PO1</i>	1.84	3
<i>PO4</i>	2.4688	4
<i>PO5</i>	2.9875	-
<i>PO6</i>	2.4688	-
<i>PO7</i>	2.0781	-
<i>PO8</i>	1.6044	-
<i>PO9</i>	1.5955	-
<i>PO10</i>	1.5388	3
<i>AI1</i>	1.3366	3
<i>AI2</i>	1.8101	-
<i>AI3</i>	1.5697	-
<i>AI4</i>	1.0318	-
<i>AI5</i>	3.48	4
<i>AI6</i>	1.2277	3
<i>AI7</i>	1.6841	-
<i>DS1</i>	1.3541	3
<i>DS2</i>	3.48	4
<i>DS7</i>	1.0534	-
<i>DS9</i>	1.8333	-
<i>DS10</i>	1.2427	-
<i>ME1</i>	1.2292	-
<i>ME4</i>	1.0913	-

Tabla 36 Modelo de Escenario futuro RNEC con la recomendación DAE-ONU

- **Predicción del Desempeño de Gobernabilidad TIC.** Antes de estudiar los dos escenarios de cambio escogidos es importante analizar las diferencias resultantes del Desempeño de Gobernabilidad TIC del estado actual de la RNEC entre el método Weill y Ross aplicado y la predicción del modelo. Estos resultados se muestran en la Tabla 17:

Weill y Ross	Modelo de Predicción
2.7678	2.8718

Tabla 37 Comparación del Desempeño entre el los resultados del método Weill y Ross, y la predicción del modelo

La diferencia es $|DGTIC_{Weill\ y\ Ross} - DGTIC_{Prediccion}| = 0.104$, lo cual equivale al 2.08%, tomando como referencia la escala de cinco niveles de valoración del desempeño de gobernabilidad TIC. La fuente de dicha diferencia puede ser explicada a través del error cuadrático medio de las valoraciones actuales de los procesos COBIT de la RNEC comparados con los valores que el modelo aproxima. Lo anterior puede observarse en la Tabla 18:

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ ACTUAL	ERROR CUADRATICO MEDIO
<i>PO1</i>	1.84	0.5552
<i>PO4</i>	2.4688	0.1457
<i>PO5</i>	2.9875	0.0648
<i>PO6</i>	2.4688	0.0557
<i>PO7</i>	2.0781	0.0482
<i>PO8</i>	1.6044	0.4923
<i>PO9</i>	1.5955	0.0191
<i>PO10</i>	1.5388	0.1019
<i>AI1</i>	1.3366	0.07
<i>AI2</i>	1.8101	0.0695
<i>AI3</i>	1.5697	0.0429

PROCESO COBIT	NIVEL DE MADUREZ ACTUAL	ERROR CUADRÁTICO MEDIO
<i>AI4</i>	1.0318	0.0006
<i>AI5</i>	3.48	0.0002
<i>AI6</i>	1.2277	0.0067
<i>AI7</i>	1.6841	0.0056
<i>DS1</i>	1.3541	0.0002
<i>DS2</i>	3.48	0.0001
<i>DS7</i>	1.0534	0.0006
<i>DS9</i>	1.8333	0.0003
<i>DS10</i>	1.2427	0.0024
<i>ME1</i>	1.2292	0.0008
<i>ME4</i>	1.0913	0.0009

Tabla 38 Error cuadrático medio de la valoración en los procesos COBIT actuales contra los valores aprendidos por el modelo de sustitución.

La información anterior nos permite observar que los procesos PO1, PO4, PO8 y PO10 tienen el error cuadrático medio más alto de todos los procesos valorados, lo que indica que sus valores se encuentran en lugares del espacio de dominio donde existe más incertidumbre respecto a los valores aprendidos por el modelo. Igualmente estos procesos pertenecen al dominio COBIT PO, el cual tiene gran influencia en la predicción del desempeño de gobernabilidad como se vio en la segunda parte de esta tesis y por tanto afectan la diferencia entre la predicción y el resultado de la aplicación del método Weill y Ross.

Volviendo a los dos escenarios de cambio establecidos, una vez estos han sido modelados, se realiza la predicción del desempeño de gobernabilidad TIC, tomando como variables los procesos COBIT y sus respectivas valoraciones futuras. El resultado de la predicción utilizando el toolbox de MATLAB DACE se muestra en la siguiente tabla.

DESEMPEÑO DE GOBERNABILIDAD TIC - RNEC		
Actual	Escenario 1: ITIL	Escenario 2: DAE-ONU
2.7678	2.8465	2.8603

Tabla 39 Predicción de desempeño de gobernabilidad TIC de los dos escenarios establecidos

- **Decidir en el Escenario Futuro.** Observando la Tabla 19, se puede concluir que la predicción en ambos escenarios tiene un impacto positivo en el desempeño de gobernabilidad TIC, pero que el escenario 2 es el mejor. En la RNEC el impacto de los dos escenarios es moderado, lo que significa que cambios pequeños en el desempeño implican grandes cambios en los procesos de la organización. Por otro lado, el error cuadrático medio de las variables COBIT de los dos escenarios futuros fue mas bajo comparado con la valoración actual, lo que indica que la predicción del desempeño de gobernabilidad de la organización si alcanza los valores de madures indicados en los escenarios futuros tiene mayor precisión que la predicción realizada con los niveles de madurez de sus procesos actuales, es decir la diferencia entre el valor real y el de la predicción podría ser menor al 2.08% calculado anteriormente. En la siguiente tabla, Tabla 20, se muestran los errores cuadráticos medios de la valoración actual y de los dos escenarios involucrados en la predicción.

PROCESO COBIT	SITUACION ACTUAL ERROR CUADRATICO MEDIO	ESCENARIO 1 ITIL ERROR CUADRATICO MEDIO	ESCENARIO 2 DEA-ONU ERROR CUADRATICO MEDIO
PO1	0.5552	0.112	0.128
PO4	0.1457	0.0089	0.0023
PO5	0.0648	0.0822	0.0872
PO6	0.0557	0.0517	0.0538
PO7	0.0482	0.0124	0.015
PO8	0.4923	0.0397	0.0433
PO9	0.0191	0.0105	0.0227

PROCESO COBIT	SITUACION ACTUAL ERROR CUADRATICO MEDIO	ESCENARIO 1 ITIL ERROR CUADRATICO MEDIO	ESCENARIO 2 DEA-ONU ERROR CUADRATICO MEDIO
<i>PO10</i>	0.1019	0.002	0.0068
<i>AI1</i>	0.07	0.0006	0.007
<i>AI2</i>	0.0695	0.008	0.0086
<i>AI3</i>	0.0429	0.004	0.0042
<i>AI4</i>	0.0006	0.0014	0.0016
<i>AI5</i>	0.0002	0.0001	0
<i>AI6</i>	0.0067	0.0003	0.0004
<i>AI7</i>	0.0056	0.0012	0.0014
<i>DS1</i>	0.0002	0.0001	0.0001
<i>DS2</i>	0.0001	0.0001	0
<i>DS7</i>	0.0006	0.0002	0.0002
<i>DS9</i>	0.0003	0.0002	0.0004
<i>DS10</i>	0.0024	0.0001	0.0002
<i>ME1</i>	0.0008	0	0.0001
<i>ME4</i>	0.0009	0	0.0001

Tabla 40 Comparación de los errores cuadráticos medios de los valores de las variables en su estado actual y sus dos escenarios futuros.

5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 RESULTADOS

El modelamiento y valoración de la organización TIC aplicado en esta tesis, es diseñado con el fin de sobrepasar los problemas de validez, confiabilidad y costo los cuales son asociados normalmente a las metodologías actuales. El modelo de valoración basado en la transformación de las áreas de proceso de CMMI a los procesos COBIT fue realizado en 34 organizaciones TIC que fueron caso de estudio con el fin de recolectar métricas internas de los niveles de madurez de gobernabilidad TIC y sus respectivas métricas externas en el desempeño de gobernabilidad TIC.

Una vez recolectados los datos, estos fueron “aprendidos” por el modelo de sustitución enfocado en la metodología Kriging con el fin de realizar predicciones del desempeño de gobernabilidad de las organizaciones basada en la valoración de los niveles de madurez de los procesos COBIT.

Un importante factor para alcanzar resultados creíbles, fue el de obtener el suficiente material empírico (34 organizaciones) de tal manera que el modelo de sustitución fuera refinado. Cuando se observan los datos de las organizaciones participantes, se encuentran similitudes sorprendentes sobre el comportamiento y relación entre su eficiencia interna y su efectividad externa. Sin embargo es posible que en un futuro se encuentren diferencias a medida que se disponga de más datos con el fin de realizar predicciones más acertadas.

Respecto a los datos analizados para determinar a través de la correlación de Pearson la relación entre el desempeño de gobernabilidad y los niveles de madurez de gobernabilidad, se trato de realizar primero la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el fin de asegurar que los datos se adherían aproximadamente a una distribución normal. Sin embargo esta prueba tenía dificultades para probar normalidad en muestras pequeñas. Por tal motivo fue necesario utilizar la prueba de Lillieforst para comprobar adherencia a una distribución normal.

La prueba Lillieforst es basada en una simulación de Monte Carlo y es usada para tamaños de muestras menores de 1000, lo cual era una de las

restricciones en el modelo. El intervalo de confianza con un nivel de significancia del 5% fue calculado para cada coeficiente de correlación de Pearson (r). De acuerdo a la taxonomía de Cohen utilizada, la mayoría de correlaciones r , entre la madurez de gobernabilidad TIC de los procesos y el desempeño de gobernabilidad TIC son positivas altas con un nivel de significancia de 0.05.

Lo anterior significa que la mayoría de procesos tienen un impacto alto en el desempeño de gobernabilidad TIC. En el rango de correlaciones positivas altas obtenido, los procesos con mayor impacto son PO8 (Asegurar el cumplimiento de los requerimientos externos), PO10 (Administrar Proyectos), AI2 (Adquirir y mantener las aplicaciones), y AI3 (Adquirir y Mantener las TIC). De lo anterior resulta que los dominios COBIT con mayor impacto en la función objetivo sean PO (Planear y Organizar) y AI (Adquirir e Implementar), y los de menor impacto sean ME (Monitorear y Evaluar) y DS (Entregar y Soportar).

5.2 CONCLUSIONES

Los dos mayores beneficios del modelamiento y valoración de la organización TIC a través de la transformación de las áreas de proceso de CMMI a los procesos COBIT son:

- primero que la persona que desempeña la valoración no tiene que ser necesariamente un experto en gobernabilidad TIC ya que parte del análisis es realizado de forma automática;
- y segundo que la transformación elimina la subjetividad del evaluador en los valores de los niveles de madurez de los procesos COBIT.

Basándose en los datos empíricos recolectados en las 34 empresas, se observa que existe una clara correlación entre el desempeño de gobernabilidad y los indicadores de madurez de gobernabilidad, haciendo posible que el modelo de sustitución creado sea usable para realizar predicciones de desempeño en más organizaciones sustentadas en TIC. Lo anterior soporta por tanto que la información asociada a la predicción pueda ser usada para sustentar la toma de decisiones en las organizaciones TIC.

Al usar la transformación de CMMI a COBIT es más fácil crear el modelo de valoración de madurez de una organización y también sus escenarios de cambio; igualmente a través de este modelamiento se ilustran las diferencias entre los diferentes escenarios que se plantean. Así, el marco de trabajo de valoración y predicción ayuda a cuantificar el desempeño de gobernabilidad TIC de cada modelo, asegurando que los cambios realizados a la organización

TIC tendrán el impacto deseado desde el punto de vista de la percepción del negocio de sus interesados (Stakeholders).

Desde el punto de vista pragmático, los resultados implican que los gerentes, responsables o involucrados en TIC deben tener en cuenta en sus análisis de gobernabilidad todos los procesos TIC de forma holística ya que todos tienen un impacto alto positivo en el desempeño de gobernabilidad, pero deben concentrar sus esfuerzos en los procesos establecidos en los dominios PO y AI. Mejoras en la gestión de adquisiciones e implementaciones, gestión de proyectos y contrataciones mejoraran la satisfacción de los involucrados o interesados (Stakeholders) desde el punto de vista del desempeño del negocio.

Desde el punto de vista académico, los resultados pueden ser usados para mejorar marcos de trabajo actuales de gobernabilidad TIC. También los resultados generan nuevos campos de investigación en el desempeño de gobernabilidad y madurez de gobernabilidad TIC. Sería de interés replicar lo encontrado realizando más casos de estudio a través del mismo marco de trabajo y expandir al mismo tiempo el alcance, ya que el desempeño del negocio de la organización (ganancias, retorno de inversión, mercado compartido, facturación, etc.) no fue incluido en esta tesis. Finalmente, encontrar una forma de enlazar el desempeño del negocio, el desempeño de gobernabilidad TIC y la madurez de gobernabilidad TIC permitirá crear nuevas formas de mejorar el desempeño de los negocios a través de Tecnologías de Información y Comunicación.

6 REFERENCIAS

- [1] U.S. Securities and Exchange Commission, Sarbanes Oxley Act of 2002, 2002. Disponible en <http://www.sec.gov> , Documento Revisado en Febrero, 2008
- [2] IT Governance Institute, *Control Objectives for Information and Related Technology*, 4.1th Edición, IT Governance Institute, 2007
- [3] Weill, P., & Ross, J.W, *IT governance – How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*, Harvard Business School Press, 2004
- [4] SEI, *CMMI for Development, Version 1.2*, Carnegie Mellon University, Junio 2006
- [5] Yin, R., *Case Study Research – Design and Methods*, Sage publications, 2002
- [6] Cohen, J., *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2da edición), Lawrence Erlbaum Associates, 1988
- [7] Cohen, J., Cohen, P., *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, Lawrence Erlbaum Associates, 1983
- [8] Prueba de Lillieforst, [www.wikipedia.org/wiki/Lillieforst test](http://www.wikipedia.org/wiki/Lillieforst_test), Revisado Agosto 2008.
- [9] Alexander Forrester, Andras Sobester, Andy Keane, *Engineering Design via Surrogate Modeling: A Practical Guide*, Universidad de Southampton, UK, Wiley, 2008
- [10] Henderson, J.C., Venkatraman, N., “*Strategic Alignment - Leveraging Information Technology for Transforming Organizations*”, IBM Systems Journal 32 (1), 472 – 485, 1993
- [11] Korac-Kakabadse, N., Kakabadse, A., “*IS/IT Governance - Need for an Integrated Model*”. Corporate Governance 4 (1) 9-11, 2001
- [12] Webb, P., Pollard, C., Ridley, G, “*Attempting to define IT Governance: Wisdom or Folly*”, 39a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2006
- [13] McGinnis, S. K., “*Sustaining and Extending Organization Strategy Via Information Technology Governance*”, 37a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2004
- [14] Patel, N.V., “*Global Ebusiness IT Governance – Radical Re-Directions*”, 35a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii., Enero, 2002
- [15] IT Governance Institute, COBIT Management Guidelines, 3rd Edition, 2000. Disponible en línea www.isaca.org , Documento Revisado en Marzo, 2008

- [16] Broadbent, M., *"CIO Futures – Lead With effective Governance"*, 36a Conferencia ICA, Singapur, Octubre, 2002
- [17] Cyert, R.M., March, J.M., *A Behavioural Theory of the Firm*, Blackwell Publishers, 1963
- [18] Gailbraith, J.R., *Designing Organizations – an Executive Guide to Strategy, Structure and Processes*, Jossey-Bass, 2002
- [19] Weber, M., *Economy and Society: An Outline of Interpretive Sociology*, University of California Press, 1978
- [20] Handel, M. J., *The Sociology of Organizations. Classic, Contemporary and Critical Readings*, Sage Publishing, 2003
- [21] March, J., Simon, H., *Organizations*, Blackwell Publishers, 1958
- [22] March, J.G., *A Primer on Decision-making – How Decisions Happen*, The Free Press, 1994
- [23] Mintzberg, H, *The Structuring of Organizations*, Prentice Hall 1979
- [24] Loh, L., Venkatraman, N., *"Diffusion of Information Technology Outsourcing: Influence Sources and the Kodak Effect"*, Investigación en Sistemas de Información. 3 (4), 334-359, 1992
- [25] Holm Larsen, M., Kühn Pedersen M., Viborg Andersen, K., *"IT Governance Reviewing 17 IT Governance Tools and Analyzing the Case of Novozymes A/S"*, 39a conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, January, 2006
- [26] Ridley, G., Young, J., Carroll, P., *"COBIT and its Utilization - A Framework from the Literature"*, 37a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2004
- [27] Sallé, M., Rosenthal, S., *"Formulating and Implementing an HP IT Program Strategy Using COBIT and HP ITSM"*, 38a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2005
- [28] Van Grembergen, W., De Haes, S., Guldentops, E., *"Structures, Processes and Relational Mechanisms for IT Governance"*, In Van Grembergen, W. (ed.) *Strategies for Information Technology Governance*, Idea Group Publishing, 2004
- [29] Van Grembergen, W., De Haes, S., *Implementing Information Technology Governance: Models, Practices and Cases*, IGI Publishing, 2008
- [30] Guldentops, E., *"Governing Information Technology through COBIT"*, In Van Grembergen, W. (Ed.) *Strategies for Information Technology Governance*, Idea Group Publishing 2004
- [31] Luftman, J.N., *Competing in the Information Age*, Oxford University Press, 1996
- [32] Maizlish, B., Handler, R., *IT Portfolio Management Step by Step – Unlocking the Business Value of Technology*, John Wiley & Sons, 2005

- [33] IT Governance Institute, Board Briefing on IT Governance, 2000. Disponible en www.itgi.org, Documento Revisado en Marzo, 2008
- [34] Van Grembergen, W., *“Introduction to the Mini track IT Governance and its Mechanisms”*, 35a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2002
- [35] De Haes, S. Van Grembergen, W., *“IT Governance Structures, Processes and Relational Mechanisms – Achieving IT/Business Alignment in a Major Belgian Financial Group”*, 38a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2005
- [36] Ribbers, P.M.A., Peterson, R.R., Parker, M.M., *“Designing information technology governance processes: Diagnosing contemporary practices and competing theories”*, 35a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2002
- [37] Spewak, S., *Enterprise Architecture Planning: Developing a Blueprint for Data, Applications and Technology*, John Wiley & Sons, 1993
- [38] Sambamurthy, V., Zmud, R.W., *“Research Commentary: The Organizing Logic for an Enterprise’s IT Activities in the Digital Era - A Prognosis of Practice and a Call for Research”*, Investigación en Sistemas de Información, Vol 11, No. 2, 105-114, 2000
- [39] Weill, P., Woodham, R., *“State Street Corporation: Evolving IT Governance”*, Documento de trabajo de la Escuela de Gestión del MIT No 4236-02, Abril, 2002
- [40] Ross, J.W., *“Creating a Strategic IT Architecture Competency: Learning in Stages”*, Documento de trabajo de la Escuela de Gestión del MIT No 4314-03, Abril, 2003
- [41] Calder, A., Watkins, S., *IT Governance – a Manager’s Guide to Data Security BS 7799/ISO 17799*, Kogan Page Ltd, 2003
- [42] Von Solms, B., Von Solms, R., *“The 10 Deadly Sins of Information Security Management”*, Computers & Security, Vol 23, 371-376, 2004
- [43] Luchen, M.D., *Managing IT as a Business – A Survival Guide for CEOs*, Wiley, 2004
- [44] Hamaker, S., Hutton, A., *“Principles of IT Governance”*, Information Systems Control Journal, Volumen 2, 2004
- [45] Trites, G., *“Director Responsibility for IT Governance”*, International Journal of Accounting Information Systems, Vol. 5, 89-99, 2004
- [46] Beachboard, J.C., *“Automating Land Management: An Interpretative Analysis of Information Technology Management within the Bureau of Land Management”*, 36a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2003
- [47] Brown, C.V., Ross, J.W., *“The Organization of the 21st century: Moving to a Process-Based Orientation”*, Documento de Trabajo de la Escuela de Gestión del MIT No 4078, Julio, 1999

- [48] Grant, G.G., “*Strategic Alignment and Enterprise Systems Implementation - The Case of Metalco*”, Journal of Information Technology, Vol. 18, 159-175, 2003
- [49] Hefner, R., “*Aligning Strategies - Organizational, Project, Individual*”, 36a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2002
- [50] Karst-Brown, M., Shirley, K., “*IT governance and Sarbanes-Oxley: The latest sales pitch or real challenges for the IT function?*”, 38a Conferencia Internacional en Ciencias de la Información, Hawaii, Enero, 2005
- [51] Peterson, R.R., “*Configurations and Coordination for Global Information Technology Governance: Complex Designs in a Transnational European Context*”, 34a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2001
- [52] Peterson, R.R, Fairchild, A.M., “*Exploring the Impact of Electronic Business Readiness on Leadership Capabilities in Information Technology Governance*”, 36a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2003
- [53] Lee, C-H., Lee, J-H., Park, J-S., Jeong, K-Y., “*A Study of the Causal Relationship between IT Governance Inhibitors and Its Success in Korea Enterprises*”, 41a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas. Hawaii, Enero, 2008
- [54] De Haes, S., Van Grembergen, W., “*Analysing the Relationship Between IT Governance and Business/IT Alignment Maturity*”, 41a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2008
- [55] Weill, P. and R. Woodham, “*Dont Just Lead, Govern: Implementing Effective IT Governance*”, Documento de trabajo de la Escuela de Gestión del MIT No 4237-02, 2002
- [56] Office of Government Commerce, *IT Infrastructure Library Service Delivery*, The Stationery Office, 2003
- [57] Kaplan, R.S., Norton, D.P., *Translating Strategy into the Balances Scorecard*, Harvard Business School Press, 1996.
- [58] Ekstedt, M., Jonsson, N., Plazaola L., Silva, E., Vargas, N., “*An Organization-Wide Approach for Assessing Strategic Business and IT Alignment*”, Conferencia Internacional de gestión de Ingeniería y Tecnología, Portland, 2005
- [59] Maes, R., Rijsenbrij, D., Truijens, O., Goedvolk, H., “Redefining Business – IT Alignment Through a Unified Framework”, White Paper, University of Amsterdam, 2000. Disponible en <http://primavera.fee.uva.nl> , Documento Revisado en Junio, 2008
- [60] Dahlberg, T., Kivijärvi, H., “*An Integrated Framework for IT Governance and the Development and Validation of an Assessment Instrument*”, 39a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii Enero, 2006
- [61] Ross, J.W., Weill, P., Robertson, D.C., *Enterprise Architecture as Strategy*, Harvard Business School Press, 2006

- [62] Dahlberg, T., Lahdelma, P., "IT Governance Maturity and IT Outsourcing Degree: An Exploratory Study", In 40a Conferencia Internacional en Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2007
- [63] Debraceny, R.S., "Re-engineering IT Internal Controls - Applying capability Maturity Models to the Evaluation of IT Controls", 39a Conferencia Internacional de Ciencias de Sistemas, Hawaii, Enero, 2006
- [64] ITGI, IT Governance Institute, <http://www.itgi.org/>, Revisado en Junio 2007
- [65] SEI, Software Engineering Institute, <http://www.sei.cmu.edu/>, Revisado en Junio 2007
- [66] Val IT, [http://www.isaca.org/Template.cfm?Section=Val IT4&Template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=39994](http://www.isaca.org/Template.cfm?Section=Val_IT4&Template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=39994), Revisado en Febrero 2008
- [67] International Organization for Standardization, *ISO/IEC 20000-1 & ISO/IEC 20000-2*, 2005.
- [68] L. Loh and N. Venkatraman, "Diffusion of Information Technology Outsourcing: Influence Sources and the Kodak Effect", *Information Systems Research* 3 (4), 1993, pp. 334-359
- [69] N. Korac-Kakabadse and A. Kakabadse, "IS/IT Governance: Need For an Integrated Model". *Corporate Governance* 4 (1), 2001
- [70] P. Weill and R. Woodham, "State Street Corporation: Evolving IT Governance", Documento de Trabajo Escuela de Gestion MIT No 4236-02, 2002.
- [71] R.S. Debraceny, "Re-engineering IT Internal Controls - Applying capability Maturity Models to the Evaluation of IT Controls", 39a Conferencia Internacionales Ciencia de Sistemas,Hawai, Enero 2006
- [72] Guldentops, E., "Governing Information Technology through COBIT", In: Van Grembergen, W. (ed.): *Strategies for Information Technology Governance*, Idea Group Publishing, 2004.
- [73] van Grembergen, W., S. De Haes and E. Guldentops "Structures, Processes and Relational Mechanisms for IT Governance", In: Van Grembergen, W. (ed.): *Strategies for Information Technology Governance*. Idea Group Publishing, 2004.
- [74] Information Systems Audit and Control Association, *Control Objectives for Information and Related Technology*, 4ta Edicion, 2005.
- [75] Information Systems Audit and Control Association, *Control Objectives for Information and Related Technology*, 4.1:Edicion, 2007.
- [76] SEI, <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/general/index.html>, Revisado Junio 2008
- [77] COBIT Mapping, *Mapping of CMMI for Development V1.2 With COBIT 4.0*, IT Governance Institute – ITGI, 2007

- [78] Mundfrom, D.J Shaw, D.G y KE, *Minimum Sample Size Recommendations for Conducting Factor Analysis*. International Journal of Testing, 2005
- [79] Soren N. Lophaven, Hans Bruun Nielsen, Jacob Sondergaard. *DACE, A MATLAB Kriging Toolbox*, Version 2.0, Technical University of Denmark, 2002
- [80] DACE, www2.imm.dtu.dk/~hbn/dace, Design and Analysis of Computer Experiments, Revisado Agosto 2008
- [81] RNEC, www.registraduria.gov.co/Informacion/mivision.htm, visión de la RNEC, revisado Agosto 2008.
- [82] Carina Perelli-DAE, Almabeatriz Rengifo-RNEC, Luis Alfonso Hoyos-ACCI, Alfredo Witschi-ONU, *Proyecto Integral para la Modernización del Sistema Electoral Colombiano*, Estudios base, Bogotá 2005.
- [83] IT Governance Institute-ITGI, Office of Government Commerce-OGC, The IT Service Management Forum-itSMF, *Aligning Cobit, ITIL, and ISO 17799 for Business Benefit: Management Summary*, 2005.

ANEXOS

ANEXO 1. Valoración de las áreas de procesos de CMMI de las empresas

	Val	Ver	PI	TS	RD	RSKM	DAR	IPM	OPD
Organización 1	2,7626	2,805	2,789	2,8364	3,0065	1,8745	1,8693	2,6	2,6416
Organización 2	2,7828	2,7771	2,6968	3,2894	3,7689	1,8961	1,8648	2,5804	2,8697
Organización 3	2,2922	2,3371	1,9227	2,7012	3,0295	1,3291	1,5519	2,3179	3,4489
Organización 4	3,1673	3,0631	3,1889	3,3868	3,625	3,7058	2,4484	3,2926	3,7185
Organización 5	3,559	4,0427	3,2405	3,503	3,8348	1,5209	1,8317	2,6008	2,9705
Organización 6	4,3076	2,7738	3,783	3,9277	4,1776	2,1238	3,5	3,8863	4,4107
Organización 7	2,7774	2,4471	3,0724	2,9499	3,3067	2,0783	2,3875	2,7257	2,1431
Organización 8	2,3981	2,5206	2,9082	3,0347	3,1732	1,2666	1,9076	2,0136	1,5714
Organización 9	2,811	2,5206	3,1556	3,363	3,3975	2,0941	1,9489	2,6938	2,5843
Organización 10	3,6978	3,2398	2,6887	3,0283	3,0583	1,7595	1,7553	2,658	3,1299
Organización 11	2,9636	1,704	3,8301	3,6484	3,4705	1,2028	2,3333	1	2,625
Organización 12	1	2,88	2,8125	3,1212	3,1818	1	1	1	4,1428
Organización 13	2,25	1	1,9375	1,9696	3,0882	1,4555	1,8522	2,16	2,4414
Organización 14	4,5454	2,16	4	4,303	1	1,5217	4,3181	4,28	4,7857
Organización 15	2,1818	1,75	1,9456	1,6089	2,9803	1,0735	1,6363	1,9066	1,8571
Organización 16	1,909	2,388	2,43023	2,4803	3,3814	1,6792	2,4024	2,6666	2,7554
Organización 17	3,25	3,2577	2,0215	3,0208	4,2745	1	2,4923	1	3,8928
Organización 18	1,4923	1,4861	1,6111	1,5858	2,0721	1,6716	1,6307	1,9594	1,7261
Organización 19	4,0606	4,46	4,7812	4,2424	4,03	2,4318	2,3333	3,9506	3,4578
Organización 20	1,0909	1,84	2,1566	1,5094	1,9253	1,1142	1,5121	2,6	2,9622
Organización 21	2,4318	2,26	2,93	2,8046	3,0049	1,9213	2,0465	2,6464	2,1818
Organización 22	1	2,72	3,4736	4,0333	3,7611	3,3913	1	2,8666	2,3095
Organización 23	2,8977	2,4	3,3593	3,2424	3,2556	2,4558	2,7727	2,72	3,2857
Organización 24	3,159	2,86	2,234	2,7272	2,9558	1,2272	3,186	3,0833	3,25
Organización 25	4,5454	4,44	2,4843	4,106	1	1,5869	2,4772	3	3,7976
Organización 26	3,5	3,4383	2,7588	2,8352	3,3676	1,3913	1,9545	3,02	3,4727
Organización 27	1	2,9	2,967741	3,3333	1,9777	1	2,1	2,8571	2,8181
Organización 28	4,055	4,0476	3,5593	4,062	3,6691	3,3043	1,5873	3,58	3,3466
Organización 29	2,7954	1,18	1,2187	1,8787	2,8571	1,9565	1,6363	2,5102	1,1607
Organización 30	3,9545	3,58	3,052	2,8914	3,0149	1,8695	2,279	1	2,2692
Organización 31	3,1363	3,24	2,7343	3,8181	2,9705	1,4565	1,8974	3,22	2,6909
Organización 32	1,4629	2,027	2,4534	3,3232	2,5588	1,4558	1,6615	1,84	2,4909
Organización 33	3,1904	2,4117	3,07	3,6842	2,5588	1,6486	2,4193	1,8085	2,3555
Organización 34	2,0312	1,86	1,9423	1,6951	2,0396	1,3913	1,3636	2,04	1,4285

	OT	OPF	MA	PPQA	CM	SAM	PMC	PP	REQM
Organización 1	2,2146	2,3119	1,9942	2,7923	2,2827	2,02	2,6346	3,008	3,0657
Organización 2	1,7434	2,1404	1,3456	2,1257	2,3592	1	2,9942	3,255	3,4687
Organización 3	2,5779	2,9723	2,9371	2,7018	3,4226	1	2,2457	2,171	2,5465
Organización 4	2,1513	3,9029	2,8844	3,5464	2,4607	2,3733	3,02	3,375	3,2512
Organización 5	2,2824	2,9111	1,9086	3,2347	2,6784	1,888	2,6518	2,987	3,5065
Organización 6	3,4923	4,0384	4,06	4,7246	3,8405	4,7428	3,5809	4,225	4,1666
Organización 7	1,8333	2,0995	1,6792	2,1468	2,0918	2,5649	2,7272	2,99	2,9644
Organización 8	2,0363	2,0769	2,04	1,9555	1,9152	1	2,5294	2,866	2,3333
Organización 9	2,57	2,1741	2,065	1,9154	2,6142	1,952	2,9681	2,807	3,4107
Organización 10	2,1293	2,7955	3,0956	3,604	3,5169	2,2923	2,806	2,978	3,2722
Organización 11	1,784	2,6826	1,4266	2,2608	3,1416	1,3	4,1466	4	2,9637
Organización 12	2,8181	3,923	3,36	4,2608	2,4074	1	2,48	2,323	3,2608
Organización 13	1	2,4615	2,4823	2,2417	1,4375	1,75	2,26	2,538	2,4347
Organización 14	4,6363	4,6923	4,68	4,47	4,62	1	4,28	4,452	4,6086
Organización 15	2,3181	1,6346	1,4081	2,0337	1,2777	1,7066	2,0266	1,731	3,1159
Organización 16	2,1929	2,4693	2,863	1,909	2,0704	3,0967	2,7789	3,165	2,6718
Organización 17	3,3636	3,8846	3,1066	3,6516	1,3437	3,0667	3,0667	3,29	4,1449
Organización 18	1,3064	1,2179	1,4533	1,4202	2,1549	1	2,5102	2,246	1,9393
Organización 19	3,8571	4,2884	3,4791	4,2391	3,8035	3,78	3,102	3,588	4,1086
Organización 20	2,9545	3,1666	1,04	3,7608	1,9347	3,2	2,4	2,793	1,7187
Organización 21	1,8461	2,4851	1,39	2,5229	2,052	1	2,3866	2,74	2,4565
Organización 22	2,0455	2,6923	2,62	2,8152	3,0625	1	2,72	2,887	3
Organización 23	2,7076	3,6538	3,22	3,7102	3,2777	3,4324	4,1	3,839	4,4927
Organización 24	3,5454	3,2777	2,4	3,971	2,2638	1	2,7083	2,806	3,2826
Organización 25	4,2272	4	4,62	4,3478	3,5208	4,1466	2,88	3,441	3,6739
Organización 26	1,5681	2,673	2,33	2,2282	2,7833	2,4189	3,07	3,411	2,6044
Organización 27	2,1904	3,0192	2,4468	2,8043	1,6666	1,9	2,46	2,339	4,3478
Organización 28	4,2209	4,1323	4,5326	3,5507	3,4375	4,04	3,74	4,226	3,6521
Organización 29	1,409	1,4761	1,6041	1,5217	1,6363	1,7317	3,16	2,677	3,0652
Organización 30	1,7	2,0784	1,9795	3,897	2,8888	2,16	3,3061	3,588	2,6888
Organización 31	3,1818	1,8333	1,9761	1,75	2,7083	2,0416	1,8	2,597	2,4782
Organización 32	2,5	2,7115	3,5866	2,942	2,523	1,4354	2,3	2,623	2,3043
Organización 33	1,5	1,9767	1,2307	2,6966	1,6511	2,7857	2,7954	2,745	3,2272
Organización 34	1,3793	1,4603	1	1,3478	1,8333	2,0408	1,48	1,629	1,9026

ANEXO 2. Valoración de los procesos COBIT y sus dominios.

	PO1	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10	AI1	AI2	A
Organización 1	1,9942	2,3961	2,747533	2,3961	2,4396	2,541	2,3344	2,5408	2,5883	2,7111	2
Organización 2	1,3456	1,9758	2,943067	1,9758	2,0032	2,5187	2,265	2,5418	2,7036	2,7667	2
Organización 3	2,9371	2,5402	2,244933	2,5402	2,7507	2,3843	1,7693	2,4878	2,4347	2,4721	2
Organización 4	2,8844	3,1385	3,2292	3,1385	3,2002	3,0976	3,0359	3,1751	3,1839	3,1899	2
Organización 5	1,9086	2,6573	2,746533	2,6573	2,8094	2,8377	2,2467	2,8601	3,0791	3,1306	2
Organización 6	4,06	4,2818	3,8974	4,2818	4,0851	3,8661	3,6765	3,8182	3,7269	4,0421	2
Organización 7	1,6792	2,1575	2,814433	2,1575	2,0265	2,5227	2,579	2,4669	2,5722	2,6852	2
Organización 8	2,04	1,728	2,4697	1,728	2,0229	2,2041	1,9306	2,2195	2,2783	2,3246	2
Organización 9	2,065	2,2392	2,8228	2,2392	2,2198	2,6395	2,4106	2,6081	2,675	2,7841	2
Organización 10	3,0956	2,7902	2,814067	2,7902	2,8429	2,8653	2,3749	2,8866	2,9925	3,0746	2
Organización 11	1,4266	2,1305	3,048867	2,1305	2,2425	2,5765	2,3305	2,596	2,6321	2,8503	2
Organización 12	3,36	3,2289	1,934167	3,2289	3,6673	2,4734	1,4671	2,6156	2,4569	2,6054	2
Organización 13	2,4823	1,9789	2,3192	1,9789	1,9011	2,0175	2,0026	2,065	1,9699	2,116	1
Organización 14	4,68	3,9169	4,3372	3,9169	4,5995	3,7447	3,3086	3,9406	3,5052	3,7311	3
Organización 15	1,4081	1,91	1,8881	1,91	1,9955	1,9152	1,6801	1,9298	1,962	2,0094	1
Organización 16	2,863	2,4847	2,8701	2,4847	2,1904	2,52	2,6314	2,4833	2,3213	2,5925	2
Organización 17	2,0441	1,9428	2,143894	1,9428	1,9392	2,0474	2,063	2,0533	1,9999	2,0482	2
Organización 18	1,4533	1,3341	2,2385	1,3341	1,3148	1,7215	1,8363	1,7436	1,717	1,7849	1
Organización 19	3,4791	3,9245	3,546933	3,9245	4,1282	3,7474	3,1977	3,7482	3,7455	3,9695	3
Organización 20	1,04	3,2088	2,5978	3,2088	3,294	2,1478	2,27	2,1856	1,8229	2,2994	1
Organización 21	1,39	2,0072	2,590933	2,0072	2,2847	2,2718	2,1234	2,3314	2,3889	2,4167	1
Organización 22	2,62	2,1725	2,824533	2,1725	2,5177	2,6297	2,3108	2,6478	2,7537	2,7422	2
Organización 23	3,22	3,3579	3,5529	3,3579	3,3572	3,2452	3,2199	3,2592	3,1672	3,3856	2
Organización 24	2,4	3,0088	2,866	3,0088	3,598	2,7447	2,3352	2,8882	2,8481	2,7924	2
Organización 25	4,62	4,1038	3,106933	4,1038	4,1917	3,4291	2,9219	3,3776	3,2998	3,491	3
Organización 26	2,33	2,4722	3,167067	2,4722	2,1564	2,7149	2,5443	2,7232	2,6781	2,993	2
Organización 27	2,4468	2,5464	2,551933	2,5464	2,6713	2,4181	2,1093	2,4309	2,3477	2,567	2
Organización 28	4,5326	3,8581	3,8486	3,8581	3,968	3,683	3,4129	3,6651	3,4851	3,7666	3
Organización 29	1,6041	1,4598	2,782533	1,4598	1,4689	1,9999	2,2787	1,9915	2,0586	2,1072	1
Organización 30	1,9795	2,4209	2,631433	2,4209	2,5585	2,7129	2,3671	2,6966	3,0071	2,9455	2
Organización 31	1,9761	2,2995	2,5389	2,2995	2,255	2,5704	2,1687	2,4794	2,6061	2,7065	2
Organización 32	3,5866	2,416	2,2543	2,416	2,7178	2,3228	1,8859	2,34	2,2509	2,3295	2
Organización 33	1,2307	2,2629	2,449633	2,2629	2,0578	2,4576	2,3671	2,3303	2,6098	2,6908	2
Organización 34	1	1,5313	1,716333	1,5313	1,3958	1,6708	1,6575	1,6331	1,7183	1,79	1

	AI4	AI5	AI6	AI7	DS1	DS2	DS7	DS9	DS10	ME1
Organización 1	2,6106	2,02	2,2645	2,6836	2,5946	2,02	2,4817	2,2827	2,19695	2,16837
Organización 2	2,7562	1	2,3646	2,7454	2,6809	1	2,6666	2,3592	2,109825	2,0267
Organización 3	2,8037	1	2,8078	2,5089	2,8714	1	2,4651	3,4226	2,840125	2,64597
Organización 4	2,8882	2,3733	2,8759	3,0405	3,4159	2,373	2,9029	2,4607	2,878	3,0171
Organización 5	3,0586	1,888	2,4935	3,1532	3,0403	1,888	2,863	2,6784	2,3473	2,23693
Organización 6	3,835	4,7428	3,9171	3,8108	4,1107	4,743	3,7744	3,8405	3,9528	3,99023
Organización 7	2,57	2,5649	2,2075	2,6556	2,5125	2,565	2,6194	2,0918	2,0754	2,06993
Organización 8	2,6048	1	1,7981	2,4789	2,4059	1	2,538	1,9152	1,858557	1,83968
Organización 9	2,9838	1,952	2,3825	2,8212	2,7618	1,952	2,8199	2,6142	2,3031	2,1994
Organización 10	2,5938	2,2923	2,8007	2,9959	3,0554	2,292	2,4928	3,5169	2,874425	2,66027
Organización 11	2,6273	1,3	2,7	2,7367	2,6359	1,3	2,8091	3,1416	2,381625	2,1283
Organización 12	3	1	2,5167	2,3028	3,4314	1	2,5303	2,4074	2,72755	2,83427
Organización 13	2,0441	1,75	1,9104	1,9264	2,6167	1,75	1,9775	1,4375	2,05335	2,25863
Organización 14	2,8182	1	4,5746	3,7117	3,7452	1	3,5644	4,62	4,60095	4,5946
Organización 15	2,6492	1,7066	1,5904	2,0114	2,2847	1,707	2,1359	1,2777	1,5448	1,63383
Organización 16	2,7872	3,0967	2,4094	2,5254	2,8464	3,097	2,6143	2,0704	2,5228	2,6736
Organización 17	2,0085	1,9264	1,961	2,0654	1,9686	1,926	1,9996	1,9104	1,981738	2,00553
Organización 18	1,6893	1	1,8372	1,791	1,6707	1	1,6488	2,1549	1,74125	1,60337
Organización 19	3,9436	3,78	3,1982	4,0664	3,9765	3,78	3,6157	3,8035	3,268425	3,09007
Organización 20	2,4399	3,2	2,1363	2,1619	1,9627	3,2	1,9753	1,9347	1,86225	1,8381
Organización 21	2,4255	1	2,0934	2,4889	2,3341	1	2,4255	2,052	1,917575	1,87277
Organización 22	2,9033	1	2,124	2,727	3,0184	1	2,71	3,0625	2,248	1,9765
Organización 23	2,9816	3,4324	3,112	3,0571	3,6555	3,432	2,9946	3,2777	3,139025	3,0928
Organización 24	3,2506	1	2,8999	2,8635	2,979	1	3,1036	2,2638	2,77495	2,94533
Organización 25	2,6136	4,1466	3,2652	3,3323	3,3235	4,147	2,9526	3,5208	3,6039	3,6316
Organización 26	2,4679	2,4189	2,7368	2,9809	2,7438	2,419	2,4314	2,7833	2,635125	2,58573
Organización 27	2,0841	1,9	2,1949	2,2373	2,9479	1,9	2,4004	1,6666	2,257875	2,45497
Organización 28	3,945	4,04	2,7905	3,8494	3,9965	4,04	3,3848	3,4375	3,226	3,1555
Organización 29	2,1331	1,7317	1,4778	2,0355	2,2506	1,732	1,9453	1,6363	1,50935	1,46703
Organización 30	2,3575	2,16	2,479	2,8473	2,4404	2,16	2,4713	2,8888	2,354125	2,1759
Organización 31	3,0762	2,0416	2,4322	2,9735	2,3145	2,042	2,967	2,7083	2,318175	2,18813
Organización 32	2,5294	1,4354	2,2251	2,2485	2,7903	1,435	2,5109	2,523	2,5655	2,57967
Organización 33	2,0294	2,7857	2,142	2,3669	2,2484	2,786	2,5406	1,6511	1,91415	2,00183
Organización 34	1,7095	2,0408	1,5418	1,8443	1,6006	2,041	1,6194	1,8333	1,40635	1,26403

	ME	PO	AI	DS
Organización 1	2.2058	2.4237	2.4521	2.3152
Organización 2	1.9518	2.1961	2.335	2.1633
Organización 3	2.5655	2.4568	2.3164	2.5198
Organización 4	3.2635	3.1124	2.9008	2.8062
Organización 5	2.3154	2.5905	2.7601	2.5634
Organización 6	3.8635	3.9958	4.0162	4.0842
Organización 7	2.0354	2.3005	2.5263	2.3728
Organización 8	1.8372	2.0429	2.0733	1.9435
Organización 9	2.1308	2.4055	2.5747	2.4902
Organización 10	2.737	2.8075	2.7987	2.8464
Organización 11	2.0108	2.3102	2.4779	2.4536
Organización 12	2.9851	2.7469	2.2588	2.4193
Organización 13	2.2094	2.0932	1.9526	1.967
Organización 14	4.2178	4.0555	3.3145	3.5061
Organización 15	1.5857	1.8296	1.9459	1.7899
Organización 16	2.4519	2.5659	2.5992	2.6301
Organización 17	1.9732	2.0221	2.0176	1.9573
Organización 18	1.5221	1.622	1.6252	1.6431
Organización 19	3.3498	3.7121	3.7728	3.6888
Organización 20	2.0543	2.4941	2.269	2.187
Organización 21	1.9763	2.1258	2.1126	1.9458
Organización 22	2.4281	2.4869	2.3252	2.4078
Organización 23	3.1764	3.3213	3.1851	3.2998
Organización 24	2.8322	2.8562	2.5755	2.4243
Organización 25	3.6351	3.7319	3.3973	3.5095
Organización 26	2.3707	2.5725	2.7	2.6025
Organización 27	2.3863	2.4651	2.1921	2.2345
Organización 28	3.5177	3.8533	3.6303	3.617
Organización 29	1.5533	1.8807	1.902	1.8147
Organización 30	2.316	2.4735	2.645	2.4629
Organización 31	1.9711	2.3234	2.6074	2.4699
Organización 32	2.6268	2.4924	2.1723	2.365
Organización 33	1.945	2.1774	2.4308	2.228
Organización 34	1.2819	1.517	1.7638	1.7001

Anexo 3. Valoración de procesos y dominios COBIT – Ponderación

	PO1	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10	AI1	AI2	A
Organización 1	1.9942	2.3961	2.747533	2.3961	2.4396	1.5912	1.3533	1.5793	1.4576	1.7821	1
Organización 2	1.3456	1.9758	2.943067	1.9758	2.0032	1.5526	1.3032	1.5556	1.4949	1.7918	1
Organización 3	2.9371	2.5402	2.244933	2.5402	2.7507	1.5043	1.0243	1.5664	1.3931	1.614	1
Organización 4	2.8844	3.1385	3.2292	3.1385	3.2002	1.8951	1.6531	1.9323	1.7126	2.0935	1
Organización 5	1.9086	2.6573	2.746533	2.6573	2.8094	1.7858	1.3238	1.7889	1.7764	2.0439	1
Organización 6	4.06	4.2818	3.8974	4.2818	4.0851	2.4386	2.1632	2.3883	2.1032	2.6688	1
Organización 7	1.6792	2.1575	2.814433	2.1575	2.0265	1.5513	1.4729	1.4989	1.3953	1.7525	1
Organización 8	2.04	1.728	2.4697	1.728	2.0229	1.3674	1.1187	1.3672	1.2634	1.5051	1
Organización 9	2.065	2.2392	2.8228	2.2392	2.2198	1.6402	1.383	1.6053	1.4808	1.8182	1
Organización 10	3.0956	2.7902	2.814067	2.7902	2.8429	1.8227	1.3988	1.8262	1.7491	2.0346	1
Organización 11	1.4266	2.1305	3.048867	2.1305	2.2425	1.6112	1.3755	1.6128	1.4791	1.8618	1
Organización 12	3.36	3.2289	1.934167	3.2289	3.6673	1.5849	0.877	1.6752	1.4431	1.7014	1
Organización 13	2.4823	1.9789	2.3192	1.9789	1.9011	1.2351	1.157	1.2572	1.0442	1.3624	1
Organización 14	4.68	3.9169	4.3372	3.9169	4.5995	2.4455	1.9013	2.5717	2.1216	2.5733	2
Organización 15	1.4081	1.91	1.8881	1.91	1.9955	1.1829	0.9775	1.1833	1.0755	1.2919	1
Organización 16	2.863	2.4847	2.8701	2.4847	2.1904	1.5586	1.5419	1.5201	1.237	1.6847	1
Organización 17	3.1066	3.5719	2.45232	3.5719	3.6333	1.8161	1.3802	1.8332	1.6564	1.9507	1
Organización 18	1.4533	1.3341	2.2385	1.3341	1.3148	1.0566	1.0374	1.0628	0.9214	1.1697	0
Organización 19	3.4791	3.9245	3.546933	3.9245	4.1282	2.3782	1.8802	2.3635	2.1591	2.6237	2
Organización 20	1.04	3.2088	2.5978	3.2088	3.294	1.3785	1.3953	1.3972	1.04	1.5355	1
Organización 21	1.39	2.0072	2.590933	2.0072	2.2847	1.3972	1.1899	1.4268	1.3076	1.5761	1
Organización 22	2.62	2.1725	2.824533	2.1725	2.5177	1.6069	1.2683	1.6049	1.4858	1.7749	1
Organización 23	3.22	3.3579	3.5529	3.3579	3.3572	2.0384	1.8645	2.0337	1.7765	2.2447	2
Organización 24	2.4	3.0088	2.866	3.0088	3.598	1.7233	1.32	1.8113	1.6197	1.841	1
Organización 25	4.62	4.1038	3.106933	4.1038	4.1917	2.266	1.748	2.2216	2.056	2.4052	2
Organización 26	2.33	2.4722	3.167067	2.4722	2.1564	1.7144	1.5348	1.7087	1.5234	1.9656	1
Organización 27	2.4468	2.5464	2.551933	2.5464	2.6713	1.5557	1.2532	1.5561	1.3847	1.7209	1
Organización 28	4.5326	3.8581	3.8486	3.8581	3.968	2.3356	2.0079	2.3079	1.9816	2.4955	2
Organización 29	1.6041	1.4598	2.782533	1.4598	1.4689	1.2199	1.323	1.2027	1.1009	1.3651	1
Organización 30	1.9795	2.4209	2.631433	2.4209	2.5585	1.7017	1.3493	1.678	1.7323	1.9459	1
Organización 31	1.9761	2.2995	2.5389	2.2995	2.255	1.6244	1.2702	1.5498	1.494	1.7803	1
Organización 32	3.5866	2.416	2.2543	2.416	2.7178	1.4688	1.0881	1.471	1.2788	1.5323	1
Organización 33	1.2307	2.2629	2.449633	2.2629	2.0578	1.5396	1.3583	1.4393	1.4856	1.7851	1
Organización 34	1	1.5313	1.716333	1.5313	1.3958	1.0366	0.9534	1.0018	0.9516	1.1746	1

	AI4	AI5	AI6	AI7	DS1	DS2	DS7	DS9	DS10	ME1
Organización 1	1.0758	2.02	1.3359	1.6906	1.4404	2.02	1.1744	2.2827	1.350935	1.2686
Organización 2	0.9871	1	1.4066	1.6862	1.4055	1	1.209	2.3592	1.290398	1.1700
Organización 3	1.2052	1	1.7585	1.5669	1.6313	1	1.1917	3.4226	1.832898	1.6452
Organización 4	1.1155	2.3733	1.6867	1.9018	1.938	2.373	1.334	2.4607	1.76976	1.7855
Organización 5	1.1823	1.888	1.5012	1.9676	1.6488	1.888	1.3416	2.6784	1.45994	1.3216
Organización 6	1.6401	4.7428	2.2753	2.4064	2.3553	4.743	1.7699	3.8405	2.41696	2.326
Organización 7	0.9723	2.5649	1.2269	1.6523	1.3454	2.565	1.1815	2.0918	1.21403	1.1306
Organización 8	1.03	1	1.0043	1.5369	1.2874	1	1.1892	1.9152	1.11023	1.0334
Organización 9	1.2393	1.952	1.4079	1.7625	1.5086	1.952	1.3543	2.6142	1.41728	1.2797
Organización 10	1.0511	2.2923	1.7265	1.906	1.7565	2.292	1.1871	3.5169	1.836568	1.6281
Organización 11	0.9715	1.3	1.5789	1.6988	1.4113	1.3	1.2992	3.1416	1.433808	1.178
Organización 12	1.3045	1	1.6284	1.4131	2.0043	1	1.2735	2.4074	1.809285	1.8506
Organización 13	0.6588	1.75	1.0903	1.1554	1.4456	1.75	0.813	1.4375	1.252125	1.3340
Organización 14	1.7227	1	2.6265	2.5357	2.4967	1	1.9382	4.62	2.788855	2.6404
Organización 15	1.1094	1.7066	0.8951	1.2217	1.2268	1.707	0.959	1.2777	0.91773	0.9255
Organización 16	1.1057	3.0967	1.3663	1.5565	1.5698	3.097	1.1671	2.0704	1.52572	1.551
Organización 17	1.6047	3.0667	1.4711	1.6405	2.1625	3.067	1.5179	1.3437	1.646965	1.8824
Organización 18	0.6645	1	1.0686	1.1242	0.9104	1	0.732	2.1549	1.055805	0.9049
Organización 19	1.753	3.78	1.9276	2.5946	2.2798	3.78	1.7939	3.8035	2.054568	1.8519
Organización 20	1.2266	3.2	1.2938	1.393	1.1332	3.2	0.9909	1.9347	1.152365	1.0850
Organización 21	0.9466	1	1.1925	1.5544	1.2583	1	1.1176	2.052	1.137653	1.0380
Organización 22	1.092	1	1.3535	1.6739	1.6427	1	1.3268	3.0625	1.4736	1.2502
Organización 23	1.2732	3.4324	1.8087	1.9365	2.1519	3.432	1.412	3.2777	1.920048	1.7952
Organización 24	1.5365	1	1.6052	1.8197	1.7158	1	1.4844	2.2638	1.623865	1.6369
Organización 25	1.5795	4.1466	1.9553	2.2701	2.2014	4.147	1.6941	3.5208	2.27501	2.2118
Organización 26	0.8856	2.4189	1.6552	1.8762	1.4997	2.419	1.0855	2.7833	1.649138	1.5494
Organización 27	0.9644	1.9	1.2564	1.4425	1.8163	1.9	1.223	1.6666	1.370513	1.4384
Organización 28	1.8442	4.04	1.7417	2.4653	2.3389	4.04	1.752	3.4375	2.09947	1.9972
Organización 29	0.7789	1.7317	0.8163	1.2463	1.2183	1.732	0.8409	1.6363	0.892915	0.8087
Organización 30	0.8965	2.16	1.4314	1.8047	1.3314	2.16	1.1252	2.8888	1.419988	1.2192
Organización 31	1.4107	2.0416	1.4496	1.8958	1.2489	2.042	1.5158	2.7083	1.432983	1.2787
Organización 32	1.1309	1.4354	1.3361	1.414	1.6334	1.435	1.2716	2.523	1.6297	1.5842
Organización 33	0.7809	2.7857	1.1768	1.4969	1.254	2.786	1.2166	1.6511	1.097975	1.0787
Organización 34	0.6867	2.0408	0.8974	1.1636	0.8655	2.041	0.7423	1.8333	0.848085	0.7030

	PO	AI	DS	ME
Organización 1	2.06214822	1.54825565	1.6536945	1.30228083
Organización 2	1.83185775	1.3782822	1.452832	1.12345125
Organización 3	2.13851241	1.42366991	1.815693	1.60933583
Organización 4	2.63389475	1.80682436	1.975159	1.88960208
Organización 5	2.20971731	1.71424819	1.8033455	1.40359583
Organización 6	3.44951351	2.6329315	3.025079	2.33835583
Organización 7	1.91979581	1.58644994	1.679513	1.13574875
Organización 8	1.73024232	1.23318982	1.30040598	1.07971327
Organización 9	2.02681271	1.603966	1.7692775	1.23073458
Organización 10	2.42257964	1.8044613	2.1178805	1.68888208
Organización 11	1.94730412	1.49769759	1.7171765	1.17679667
Organización 12	2.44455109	1.39639179	1.6988815	1.96040917
Organización 13	1.78871102	1.18625956	1.3396555	1.33216042
Organización 14	3.54612221	2.14204508	2.5687495	2.56948042
Organización 15	1.55692652	1.19656577	1.2175525	0.9337775
Organización 16	2.18918109	1.65856454	1.8859335	1.45119375
Organización 17	2.67068033	1.85809629	1.947557	1.90210667
Organización 18	1.35394939	0.98995406	1.170638	0.8522525
Organización 19	3.20312886	2.46812694	2.742359	2.0373425
Organización 20	2.19004475	1.55196951	1.6822225	1.26753083
Organización 21	1.78674271	1.26048929	1.3131065	1.1268925
Organización 22	2.0984149	1.39022474	1.70112875	1.42104708
Organización 23	2.8478141	2.07130707	2.4388095	1.88512833
Organización 24	2.46703591	1.55303336	1.6175905	1.69340792
Organización 25	3.29522316	2.39862662	2.7675885	2.28026833
Organización 26	2.19446898	1.71878353	1.8873115	1.44221917
Organización 27	2.14097527	1.41975847	1.595289	1.46788958
Organización 28	3.33960109	2.41959079	2.733582	2.1500775
Organización 29	1.56510325	1.16704296	1.264028	0.85595375
Organización 30	2.09253252	1.67459014	1.785074	1.35242292
Organización 31	1.97668965	1.66234871	1.78951	1.16221333
Organización 32	2.17731867	1.36394654	1.6986145	1.63702042
Organización 33	1.82513661	1.57479488	1.6010785	1.09717
Organización 34	1.2708261	1.14501028	1.2659885	0.71949625

Anexo 4. Valoración del desempeño de gobernabilidad TIC – Weill y Ross

	<i>Desempeño_GTIC</i>
Organización 1	2.75
Organización 2	2.5892
Organización 3	2.2115
Organización 4	2.7678
Organización 5	3.0681
Organización 6	4.25
Organización 7	2.3333
Organización 8	2.1428
Organización 9	2.8333
Organización 10	3.0681
Organización 11	2.6785
Organización 12	2.75
Organización 13	2.1428
Organización 14	3.6607
Organización 15	2.04545
Organización 16	2.8333
Organización 17	2.3076
Organización 18	1.4843
Organización 19	3.8333
Organización 20	2.7678
Organización 21	1.6071
Organización 22	2.1428
Organización 23	3.375
Organización 24	3.125
Organización 25	3.6607
Organización 26	2.8333
Organización 27	2.3333
Organización 28	3.8333
Organización 29	2.1428
Organización 30	3.125
Organización 31	2.8333
Organización 32	2.04545
Organización 33	2.5892
Organización 34	1.5672

