



**SISTEMA PARA LA  
EVALUACIÓN DE LA  
MADUREZ DE  
INTEROPERABILIDAD  
DEL PLANO  
TECNOLÓGICO DE  
UNA ORGANIZACIÓN**

■ **Brayan Salas**

email: salas.brayan@gmail.com  
Departamento de Computación  
Universidad de Carabobo  
Naguanagua, Venezuela

■ **Dinarle Ortega**

email: dinarleortega@gmail.com  
Departamento de Computación  
Universidad de Carabobo  
Naguanagua, Venezuela

■ **Elluz Uzcátegui**

email: elluz.uzcategui@gmail.com  
Departamento de Computación  
Universidad de Carabobo  
Naguanagua, Venezuela

■ **Patricia Guerrero**

email: pjpatri@gmail.com  
Departamento de Computación  
Universidad de Carabobo  
Naguanagua, Venezuela

Fecha de Recepción: 26 de Julio 2015  
Fecha de Aceptación: 10 de Septiembre de 2015

---

**RESUMEN**

Los modelos de madurez constituyen patrones de evaluación de procesos, que permiten determinar bajo ciertos criterios cómo se encuentra una organización en un aspecto determinado, ubicándola en un nivel de madurez previamente definido que describe su situación actual. De acuerdo al resultado, se determina cuáles son las actividades que se tienen que mejorar o realizar, para gestionar el crecimiento y evolución hacia la situación deseada. Una característica importante a mejorar en toda organización es la capacidad que tiene de intercambiar información entre dos o más

entidades, mejor conocida como interoperabilidad (IO). En Venezuela, el organismo encargado de regular lo relacionado con la IO es el Centro Nacional de Tecnología de Información (CNTI), el cual tiene una publicación denominada Marco de Interoperabilidad (MIO), donde se menciona el Modelo de Madurez para la IO (MMIO). En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Sistema Web para la Evaluación del Nivel de Madurez de IO de una organización, específicamente en el plano tecnológico, usando como base el MIO, el MMIO y estándares abiertos en el enfoque de Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA), Arquitecturas Empresariales (AE) y los Objetivos de Control para la Información y Tecnología Relacionada (COBIT).

Palabras Clave—Interoperabilidad; Modelos de Madurez de Interoperabilidad; Sistema Web

## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el mundo empresarial ha evolucionado considerablemente, sin embargo, aún se observan debilidades en la integración de los procesos de negocio, lo que dificulta en alguna medida alcanzar el éxito deseado. Por tal razón, las organizaciones se encuentran en la búsqueda de mejoras continuas, soportándose en las Tecnologías de Información (TI), alineadas a los intereses del negocio, y en los llamados modelos de madurez, que surgieron a partir de los años 80. Dichos modelos establecen condiciones claras y coherentes que se deben cumplir para fortalecer los procesos de negocio, entre ellos están: los modelos de madurez de calidad y los modelos de madurez de usabilidad [1]. Siendo el Software Engineering Institute (SEI) [2], con el Capability Maturity Model (CMM), pionero en el desarrollo del primer modelo para la

evaluación de la madurez de calidad del software.

Venezuela no está alejada de la realidad mundial, sus instituciones se han centrado en la búsqueda de la eficiencia y funcionalidad de los procesos, mediante el uso de las TI y el desarrollo de sistemas de información [3]. Sin embargo, un cuantioso número de sistemas que se usan en el sector público se encuentran aislados, dificultando la continuidad e integración de los procesos administrativos y generando una respuesta tardía a los requerimientos que demandan los ciudadanos, quienes exigen sean tomadas en cuenta sus necesidades, lo que implica un mayor esfuerzo para gestionar la solución de estos problemas. Al respecto, la Ley Orgánica de la Administración Pública [4] señala "...la necesidad de efectuar cambios en las estructuras públicas, con la finalidad de adaptarlas a la nueva realidad social y política del país, y maximizar la eficacia y la eficiencia..., a los fines de lograr un acercamiento efectivo a la población y la satisfacción de sus necesidades fundamentales de manera oportuna...".

A fin de cumplir lo establecido en el marco jurídico nacional, se debe incluir a todos los sectores aislados, aprovechando el uso de las TI, e implementar nuevos conceptos como el Gobierno Electrónico (GE), que busca la prestación de servicios integrados que sean simples y oportunos. Asimismo, se debe abordar la Interoperabilidad (IO), la cual ayudará a impulsar el GE gracias a la transferencia de información independientemente de las plataformas o tecnologías utilizadas. La implementación adecuada de estos conceptos requiere de un modelo de madurez de IO, que permita identificar con claridad cómo se encuentra una organización, ubicándola en un nivel de madurez previamente definido y describiendo cuáles son los factores que impiden su evolución, y a partir de allí determinar los pasos a seguir para alcanzar la situación

deseada.

Por todo lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de eliminar la brecha entre las instituciones públicas que cuentan con diferentes sistemas y plataformas tecnológicas aisladas, lo que impide lograr la IO, trayendo como consecuencia redundancia de información, falta de integridad, poca claridad y duplicidad de esfuerzos, mostrando instituciones poco eficientes y engorrosas en la ejecución de sus procesos. La presente investigación da un avance en este sentido, mediante el desarrollo de un sistema que determina el nivel de madurez de IO de una organización, específicamente en el aspecto tecnológico, contribuyendo a identificar qué y cómo mejorar.

Seguido de esta introducción, la sección II del artículo presenta las bases teóricas que soportan la investigación; la sección III detalla los antecedentes más importantes; la sección IV describe el proceso que se llevó a cabo para definir las características de evaluación que determinan el nivel de madurez de IO, con sus respectivas métricas; la sección V resume el proceso de implementación del sistema que automatiza la aplicación de las características de evaluación; finalmente la sección VI muestra las conclusiones del estudio.

## II. BASES TEÓRICAS

---

A fin de comprender los factores que intervienen en el proceso de desarrollo de los modelos de madurez para la IO fue necesario abordar los siguientes aspectos:

### A. Gobierno Electrónico (GE)

En la administración pública, se define como un conjunto de procesos para la prestación de servicios integrados de gobierno, que sean simples, auditables, efectivos, oportunos y de calidad; provistos por

y dirigidos a entes y órganos de la administración pública, poder popular, organizaciones sociales y ciudadanos; prestados de forma participativa a través de una plataforma tecnológica interoperable, segura, accesible y de alta disponibilidad [5]. La implementación del GE generará posibilidades de organización y participación de las comunidades mediante canales idóneos de vinculación [6].

### B. Interoperabilidad (IO)

El concepto de GE conlleva a la definición de IO, dado que este último colabora en el buen desarrollo del primero. A continuación, se define la IO según diversos autores:

- Según la IEEE, es la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y hacer uso de la misma [7].
- De acuerdo al Marco de Interoperabilidad (MIO), es la capacidad de organizaciones dispares y diversas de interactuar con objetivos consensuados. Dicha interacción implica que las organizaciones compartan información y conocimiento a través de procesos inter-institucionales (PII), mediante el intercambio electrónico de datos entre sus sistemas [8].
- Según el European Interoperability Framework (EIF), es la capacidad de las TI y de los procesos de negocio que respaldan el intercambio de datos, información y conocimiento [9].

### C. Arquitecturas Empresariales (AE)

Para lograr el desarrollo organizacional es necesario implementar las AE, las cuales permiten una descripción rigurosa de la organización. Una AE se define como una arquitectura donde el sistema abarca toda una organización, cuyos componentes fundamentales son los procesos del negocio,

las tecnologías, los sistemas de información de la empresa y sus respectivas relaciones [10]. También puede definirse como un conjunto coherente de principios, métodos y modelos, usados en el diseño y la realización de una estructura organizacional, los procesos de negocio, los sistemas de información y la infraestructura de la organización [11].

La construcción de una AE es un proceso complejo, donde se deben tener claras las metas que se desean alcanzar. En su especificación se pueden utilizar uno o varios framework, métodos, lenguajes de modelado y herramientas [12].

#### D. Modelos de Madurez

El desarrollo de modelos de madurez se ha dado con fuerza en diversos ámbitos tecnológicos y organizacionales. Los modelos más reconocidos son los pertenecientes a la familia CMM/CMMI (Capability Maturity Model y CMM Integration) del SEI [13], que si bien están orientados al desarrollo, mantenimiento y adquisición de productos y servicios de software, su estructura de niveles de madurez y capacidad, así como los mecanismos para determinarlos, han sido replicados por otros modelos en otros ámbitos, generando un dominio amplio del mismo. A continuación, se describen algunos de los modelos de madurez más relevantes por su certificación:

- Capability Maturity Model Integration (CMMI): En la Tabla I se comparan los 6

**TABLA I. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE CAPACIDAD Y DE MADUREZ DEL CMMI**

<i>Nivel</i>	<i>Representación continua Niveles de capacidad</i>	<i>Representación por etapas Niveles de madurez</i>
0	Incompleto	N/A
1	Realizado	Inicial
2	Gestionado	Gestionado
3	Definido	Definido
4	Gestionado cuantitativamente	Gestionado cuantitativamente
5	En optimización	En optimización

niveles de capacidad con los 5 niveles de madurez. Se observa que los nombres de 4 de los niveles son los mismos en ambas representaciones. Las diferencias son que no existe nivel de madurez 0 para la representación por etapas; y en el nivel 1, el nivel de capacidad es Realizado, mientras que el nivel de madurez es Inicial. Por lo tanto, el punto de partida es diferente para las dos representaciones [14].

Un nivel de capacidad consiste en una meta y sus prácticas genéricas relacionadas. En la medida que se satisface la meta y sus prácticas genéricas en cada nivel de capacidad, se obtienen los beneficios de mejora de procesos para esa área de proceso. Un nivel de madurez consta de prácticas relacionadas específicas y genéricas para un conjunto predefinido de áreas de proceso que mejoran el rendimiento global de la organización.

- Architecture Capability Maturity Model (ACMM): Constituye otra tendencia de modelo de madurez desarrollado por el Departamento de Comercio (DoC) de EE.UU [15]. Proporciona un marco que representa los

componentes clave de un proceso de AE productiva. El objetivo es incrementar las probabilidades generales de éxito de la arquitectura de la empresa, mediante la identificación de las áreas débiles y proporcionando una trayectoria evolutiva para mejorar.

ACMM consta de 6 niveles de madurez y 9 elementos de arquitectura. Los niveles de madurez son: Ninguno, Inicial, En desarrollo, Definido, Gestionado y Medido. Y los elementos de arquitectura son: Arquitectura de procesos, Arquitectura de desarrollo, Vinculación de negocio, Participación de personal directivo superior, Participación de la unidad de operación, Arquitectura de comunicación, Seguridad de TI, Arquitectura de gobierno, Inversión de TI y estrategia de adquisición.

- Enterprise Architecture Maturity Model (EAMM): Desarrollado por NASCIO, proporciona una trayectoria para la arquitectura y las mejoras de los procedimientos dentro de una organización. A medida que madura la arquitectura, la previsibilidad y controles de proceso, también aumenta la eficacia [15].

Los niveles de madurez de EAMM son: Nivel 0 Sin programar, Nivel 1 Programa informal, Nivel 2 Programa repetible, Nivel 3 Programa bien definido, Nivel 4 Programa administrado, y Nivel 5 Programa de mejora continua.

- The Open Group SOA Integration Maturity Model (OSIMM): Creado por el Open Group, con el fin de evaluar el nivel de madurez de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, por sus siglas en inglés) de una organización [16]. Define el proceso para crear una hoja de ruta, de adopción incremental, que maximiza los beneficios al negocio en cada etapa del camino. El modelo se compone de 7 niveles de madurez y 7

dimensiones que representan vistas importantes del negocio. La aplicación de los principios SOA es esencial para la implementación de los servicios.

Los niveles de madurez de OSIMM son: Silo, Integrado, Componente, Servicio, Servicios compuestos, Servicios virtualizados y Servicios dinámicamente reconfigurables. Cada nivel se basa en el fundamento de sus predecesores y tendrá un conjunto acumulativo de atributos de madurez.

#### E. Objetivos de Control para la Información y la Tecnología Relacionada (COBIT)

COBIT, por sus siglas en inglés, establece pautas para un modelo de madurez general de la gestión de TI, constituye un compendio de buenas prácticas producto del consenso de los expertos. Están enfocadas fuertemente en el control y menos en la ejecución. Estas prácticas ayudan a optimizar las inversiones en TI, aseguran la entrega del servicio y brindan una medida contra la cual juzgar cuando las cosas no van bien [17]. La orientación al negocio de COBIT consiste en alinear las metas de negocio con las metas de TI, brindando métricas y modelos de madurez para medir sus logros.

El enfoque hacia procesos de COBIT subdivide las TI en 34 procesos, de acuerdo a las áreas de responsabilidad para planear, construir, ejecutar y monitorear, ofreciendo una visión de punta a punta de las TI. Los conceptos de arquitectura empresarial ayudan a identificar aquellos recursos esenciales para el éxito de los procesos, es decir, aplicaciones, información, infraestructura y personas.

Todos los modelos citados anteriormente, junto a COBIT, le dan sustento a esta investigación, por ser estándares abiertos y poseer una visión más amplia sobre la evaluación del nivel de madurez de una organización en una dimensión específica.

Adicionalmente, como resultado de la revisión bibliográfica, se identificaron algunos modelos de madurez o frameworks asociados específicamente a la IO. Dada su importancia y aporte para la investigación se detallan en la siguiente sección.

### III. ANTECEDENTES

La evaluación del nivel de madurez de IO en las instituciones públicas nacionales tiene como punto de partida el MIO del CNTI, basado a su vez en el Modelo de Madurez para la Interoperabilidad (MMIO) del Prof. Poggi. Este último toma como referencia importante el EIF [9].

#### A. European Interoperability Framework (EIF)

Constituye una guía de recomendaciones y directrices sobre los aspectos organizacionales, semánticos y técnicos de la IO, ofreciendo un conjunto de principios para la implementación del GE en la comunidad Europea, entre las ciudades, instituciones y empresas que la integran. Actualmente se encuentra disponible en su versión 2.0, presentada en el 2010.

EIF establece 12 principios generales que sustentan la definición de los servicios públicos y reflejan las expectativas de los ciudadanos,

empresas e instituciones públicas con respecto a la prestación de estos servicios. Asimismo, contempla los diferentes aspectos de la IO que deben abordarse cuando se diseña un servicio público y aporta un vocabulario común para debatir los problemas que surjan.

#### B. Modelo de Madurez para la Interoperabilidad (MMIO)

Modelo planteado por el Prof. Eduardo Poggi [18] para impulsar la implementación de la IO en las instituciones públicas Argentinas. Dicho modelo estudia la IO a través de 2 dimensiones: Estandarización e Implementación. La primera es la que divide la IO según los diferentes planos de conocimiento de las organizaciones (Político-Social, Legal-Organizacional, Informativa, Tecnológica). Mientras que la segunda la divide según los tipos de actividades y recursos con la que se ha encarado su tratamiento (Marco de IO, Contexto, Acciones y Gobernanza), ver Tabla II. Los niveles de madurez establecidos por el

TABLA II. VARIABLES ANALÍTICAS PARA EL ESTUDIO Y TRATAMIENTO DE LA IO

		<i>Implementación</i>			
		<i>Marco</i>	<i>Contexto</i>	<i>Acciones</i>	<i>Gobernanza</i>
<i>Estandarización</i>	Político-Social	Procesos públicos gracias a la interrelación de dos o más organismos			
	Legal-				
	Organizacional				
	Informacional				
	Tecnológica				

MMIO son: Nivel 1 Inicial, Nivel 2 Administrado, Nivel 3 Definido, Nivel 4 Medido y Nivel 5 Optimizado.

La IO tecnológica es la que se aborda en esta investigación, que de acuerdo a la opinión del Prof. Poggi es la más fácil de comprender, así como la más afianzada y estabilizada [18]. Tiene como objeto permitir que los sistemas de información puedan intercambiar mensajes asegurando las exigencias de calidad, seguridad y niveles de servicio. Es la parte de la IO que cubre los aspectos técnicos para relacionar sistemas de información y servicios. Incluye aspectos clave como interfaces abiertas, servicios de interconexión, software de integración, presentación e intercambio de datos, accesibilidad y seguridad de servicios.

Partiendo de lo establecido en el MMIO, el CNTI de Venezuela elaboró una versión más actualizada del mismo, adaptado a las necesidades de las instituciones públicas nacionales, conocido como MIO.

### C. Marco de Interoperabilidad (MIO)

La implementación de la IO es un problema complejo que atraviesa todos los planos del quehacer de una organización: cultural, legal, organizacional, informacional y técnico. La diversidad temática y las interrelaciones requieren de un nivel importante de gobernanza, que permita articular con éxito los factores dentro de cada contexto. Para tratar esta diversidad se ha establecido un marco conceptual que reconoce la existencia de 4 dimensiones transversales entre sí [8]: Temática, Implantación, Servicio y Madurez.

Para el MIO [8], un modelo de madurez para la IO es un instrumento conceptual que permite diferenciar niveles de complejidad y refinación, que puede ser asumido por un conjunto de instituciones para conocer su

situación actual y poder verificar cuáles son los desafíos inmediatos y mediatos que deben afrontar. La comparación entre la situación real y la deseada establece un marco concreto para la planificación de actividades de corto y mediano plazo.

El MIO define diferentes niveles de madurez que puede alcanzar una organización, en cada uno de los aspectos de la IO. Dichos niveles se corresponden con los planteados en el MMIO. Sin embargo el MIO, al igual que el MMIO, no cuenta con un método de evaluación para el modelo de madurez, en esta primera versión el CNTI trabajó sólo la parte teórica para lograr un mejor entendimiento del mismo. El objetivo del presente trabajo es dar un avance en este sentido, mediante la definición de indicadores o características que permitan medir y valorizar la situación actual de una organización.

## IV. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE MADUREZ DE IO

---

Partiendo de la propuesta del MMIO, se extiende el plano tecnológico del mismo mediante la aplicación de estándares abiertos como: SOA, AE y COBIT, a fin de detallar cada elemento del mismo y dar continuidad a la propuesta planteada en el MIO de Venezuela. El primer paso para abordar el plano tecnológico del MMIO consistió en la elaboración de una ficha técnica, que muestra de forma estructurada la definición de cada elemento que compone la matriz de este plano, en particular, aspectos y características, ver Tabla III.

Adicional a esto, se incluyó la definición de metas, preguntas y métricas por cada característica para hacer posible su medición. Cabe destacar que en la propuesta del MMIO no se incluyen estas definiciones, lo que

constituye uno de los aportes de la presente investigación para la implementación del modelo de madurez. A continuación, se presenta la definición de cada aspecto del Plano Tecnológico:

- Ambiente de TI para la integración: Especifica la estructura de los componentes que conforman la infraestructura tecnológica (hardware, software y personas) para la implantación de la IO.
- Estándares tecnológicos adoptados: Son los lineamientos técnicos utilizados en la organización para regular el proceso de implantación de la IO.
- Estilo de integración: Define el modo de

comunicación (estática o dinámica) entre los tipos de servicios (estáticos y dinámicos) para la implantación de la IO. Tales servicios contemplan los servicios de negocio y los de software.

- Tipos de procesos: Define los tipos de procesos de desarrollo que aplica la organización para generar los sistemas que promuevan la implantación de la IO, que van desde los sistemas Ad-Hoc o Legacy hasta los servicios dinámicos.
- Naturaleza de la interacción: Mecanismo utilizado para garantizar el intercambio de solicitudes/respuestas entre las personas, dentro y fuera de la organización, a

través de su infraestructura tecnológica para promover la IO.

- Composición y orquestación: Capacidad tecnológica de la organización para crear nuevos servicios a partir de los existentes.

La selección del plano tecnológico del modelo planteado por el Prof. Poggi obedeció a dos razones principales; primero, por consideraciones de tipo académicas, ya que los investigadores manejan con facilidad los aspectos relacionados a las TI; y segundo, para unificar criterios con el CNTI, quienes plantearon su conformidad en el desarrollo primordial de este plano. Todo esto será representado por medio de las fichas técnicas, las cuales permitirán a la organización

TABLA III. FICHA TÉCNICA PARA EXTENSIÓN DEL PLANO TECNOLÓGICO DEL MMIO.

<b>ID del Aspecto</b>	<b>DEPTij</b> DE: Dimensión Estandarización PT: Plano Tecnológico ij: Posición en la matriz del PT del MMIO, i (fila) corresponde a un aspecto de la matriz, j (columna) representa un nivel de madurez.
<b>Aspecto</b>	Representa el conjunto de elementos que se debe medir en el PT, indicando su presencia de acuerdo a un nivel de madurez.
<b>Meta</b>	Meta del negocio en función del aspecto a medir.
<b>Característica</b>	Premisa que debe cumplir la organización para ubicarla dentro de un nivel de madurez.
<b>Definición de Característica</b>	Concepción de la característica en base a hechos y/o acciones dentro de la organización.



<b>ID del Aspecto</b>	Identificador único de un aspecto.	
<b>Pregunta</b>	<b>ID Pregunta</b> Identificador autoincrementable de pregunta	Preguntas cuantificables relacionadas con las metas.
<b>Métrica</b>	<b>ID Métrica</b> Identificador autoincrementable de métrica	Las métricas permiten medir cada una de las preguntas.



TABLA IV. DEFINICIÓN DEL ASPECTO AMBIENTE DE TI PARA LA INTEGRACIÓN EN LA CARACTERÍSTICA AISLADO

<i>ID de Aspecto</i>	DEPT11
<i>Aspecto</i>	Ambiente de TI para la integración
<i>Meta</i>	La organización cuenta con un ambiente de TI propicio para la implementación de la IO.
<i>Característica</i>	Aislado
<i>Definición de Característica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasa utilización de las TI para el manejo y procesamiento de la información.</li> <li>- Falta de conocimiento del personal de la organización en el uso de las TI.</li> </ul>

TABLE V. PREGUNTAS Y MÉTRICAS DEL ASPECTO AMBIENTE DE TI PARA LA INTEGRACIÓN EN LA CARACTERÍSTICA AISLADO

<i>ID de Aspecto</i>	DEPT11	
<i>Pregunta</i>	<i>P1</i>	¿La organización dispone de computadoras y otros dispositivos tecnológicos y de comunicación para la gestión (creación, obtención, almacenamiento, modificación y distribución) de la información?
<i>Métrica</i>	<i>M1</i>	4: Completamente satisfecho 3: Muy satisfecho 2: Medianamente satisfecho 1: Poco satisfecho 0: Insatisfecho
<i>Pregunta</i>	<i>P2</i>	¿La organización dispone de software de ayuda para la gestión de información?
<i>Métrica</i>	<i>M2</i>	4: Sí 0: No
<i>Pregunta</i>	<i>P3</i>	¿Cuenta la organización con acceso a Internet en todas las computadoras o estaciones de trabajo?
<i>Métrica</i>	<i>M3</i>	4: Sí 0: No

<i>Pregunta</i>	<i>P4</i>	¿El personal de la organización está capacitado en el uso de las herramientas de ofimática?
<i>Métrica</i>	<i>M4</i>	4: Completamente satisfecho 3: Muy satisfecho 2: Medianamente satisfecho 1: Poco satisfecho 0: Insatisfecho

hacer uso del modelo de forma clara y libre de ambigüedades.

Luego de la definición de los aspectos, se aplicó el método GQM (Goal Question Metric) [19] para apoyar la descripción de cada característica de la matriz del plano tecnológico. GQM plantea un mecanismo de medición, basado en la identificación de metas, preguntas y métricas. Las metas son refinadas en preguntas y éstas en métricas. Las preguntas y métricas permiten medir si se están alcanzando las metas, por lo tanto se consideran preguntas que son potencialmente medibles. Algunas métricas pueden ser utilizadas para responder varias preguntas de una misma meta; incluso, varios modelos GQM pueden tener preguntas y métricas en común, dado que las métricas pueden tener diferentes valores dependiendo del punto de vista considerado [20].

La Tabla IV muestra la definición del aspecto Ambiente de TI para la integración, en la característica Aislado.

Por su parte, la Tabla V incluye parte de las preguntas definidas para esta característica, con sus respectivas métricas

Mediante la aplicación del enfoque GQM se logró elaborar un cuestionario que consta de 132 preguntas cerradas. A cada alternativa de respuesta se le asignó una ponderación, en una escala de 2 o 5 puntos, a fin de determinar el cumplimiento de cada característica. Sabiendo que 4 representa el valor más alto de la escala, dirigido al logro de la característica, mientras que 0 representa el valor mínimo.

El cálculo de los resultados generales de la evaluación de cada característica se obtuvo a través de una ecuación, ver Fig. 1. Siendo NA el nivel alcanzado en el cumplimiento de una característica, dado en porcentaje. U es el valor asociado a la cantidad total de preguntas de una característica (n) multiplicado por el valor máximo de cumplimiento (4). Y ri representa las ponderaciones de las respuestas dadas a cada pregunta del cuestionario (i = 1,2,..., n).

$$NA = \frac{\left( \sum_{i=1}^n r_i \right)}{U} * 100$$

Fig.1.Ecuación para el cálculo del cumplimiento de una característica

## V. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB

La implementación del sistema, llamado SEMMIO (Sistema de Evaluación del Modelo de Madurez para la IO), se hizo a través de la metodología MeRinde [21], que propone un estándar abierto para el desarrollo de software y se estructura en 2 dimensiones o ejes, ver Fig. 2

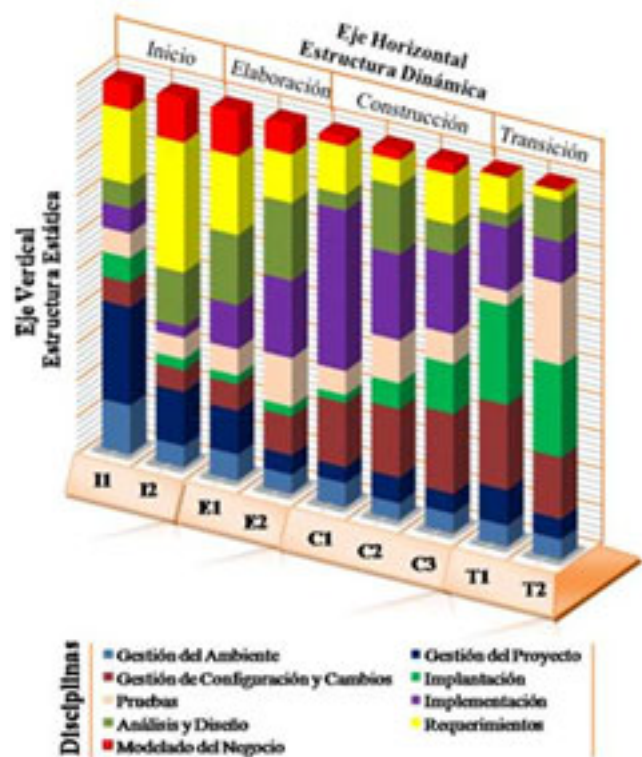


Fig. 2. Fases y disciplinas de MeRinde

- Eje horizontal: Representa el tiempo y es considerado el eje de los aspectos dinámicos del proceso, expresado en términos de fases, iteraciones e hitos.
- Eje vertical: Representa los aspectos estáticos del proceso, lo describe en términos de componentes, disciplinas, actividades,

artefactos y roles.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del sistema y los artefactos que se generaron en cada fase de la metodología MeRinde.

### A. Inicio

En esta fase se establecieron los objetivos y requisitos del sistema. El producto final de esta fase corresponde al documento de Especificación de Requerimientos del Software (ERS), el cual consta de un resumen de los actores del sistema, un diagrama de casos de uso general y las especificaciones de los casos de uso. El diagrama de casos de uso general define de forma gráfica los requerimientos funcionales asociados al sistema, ver Fig. 3.

### B. Elaboración

Esta fase incluye un conjunto de artefactos para comprender el funcionamiento y estructura del sistema, desde distintas perspectivas y niveles de abstracción. Dichos artefactos se elaboraron como productos de las distintas actividades pertenecientes a las disciplinas de análisis y diseño, y gestión del ambiente. En la primera disciplina se elaboró el modelo de datos y el mapa de navegación.

El modelo de datos se definió en EReXt y se normalizó para la eficiencia del almacenamiento, obtención y modificación de datos, ver Fig. 4.

### C. Construcción

En esta fase se alcanza la capacidad operativa del producto. Todos los

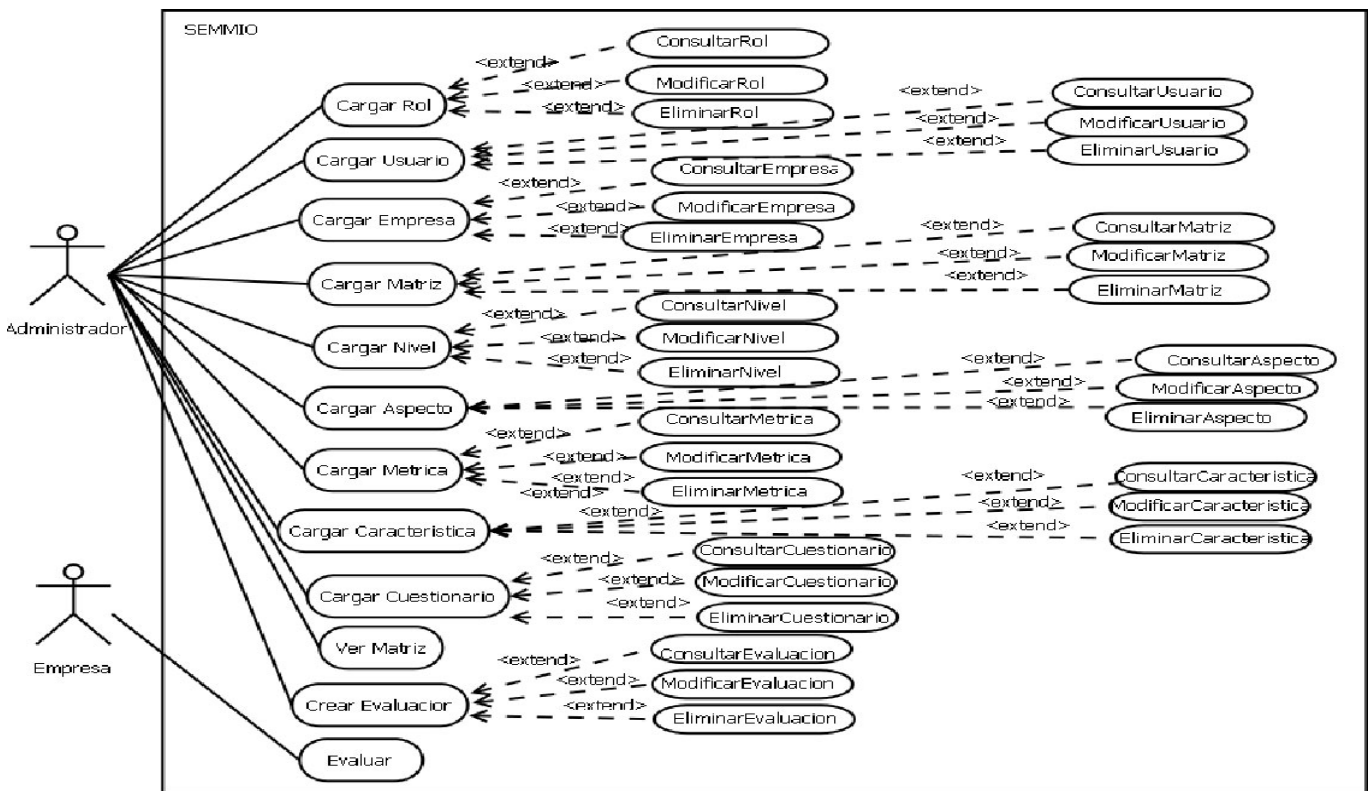


Fig. 3. Diagrama de casos de uso general del SEMMIO

requerimientos planteados se encuentran integrados, implementados y probados,

obteniendo la primera versión del sistema. En la Fig. 5 se puede observar el index del SEMMIO.

SEMMIO fue desarrollado con Yii, un framework PHP basado en componentes de alto rendimiento para desarrollar aplicaciones Web de gran escala. El mismo permite la máxima reutilización en la programación Web y puede acelerar el proceso de desarrollo. Adicionalmente, Yii implementa el diseño de patrón modelo-vista-controlador (MVC), el cual es adoptado ampliamente en la programación Web. MVC tiene por objeto separar la lógica del negocio de las consideraciones de la interfaz de usuario, para que los desarrolladores puedan modificar cada parte más fácilmente sin afectar a la otra. En MVC el modelo representa la información (los datos) y las reglas del negocio; la vista contiene elementos de la interfaz de usuario como textos y formularios de entrada; y el controlador administra la comunicación entre la vista y el modelo.

identificar el nivel de madurez de IO de una organización, específicamente en el plano tecnológico. Dicho cuestionario permite realizar un diagnóstico en cuanto a los aspectos operacionales y estratégicos de la organización. A futuro se espera identificar los desafíos inmediatos y mediatos que ésta debe afrontar para avanzar de nivel.

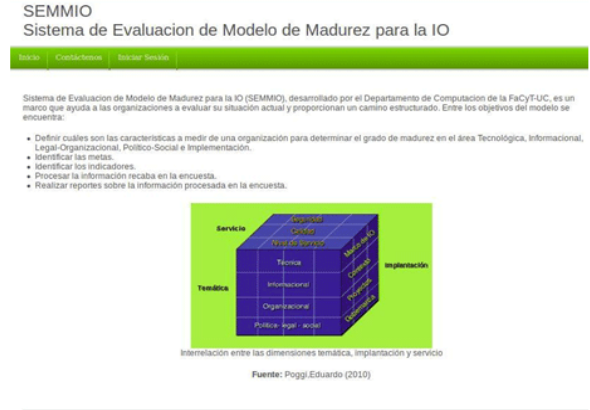


Fig. 5. Index del SEMMIO

Fig. 5. Index del SEMMIO

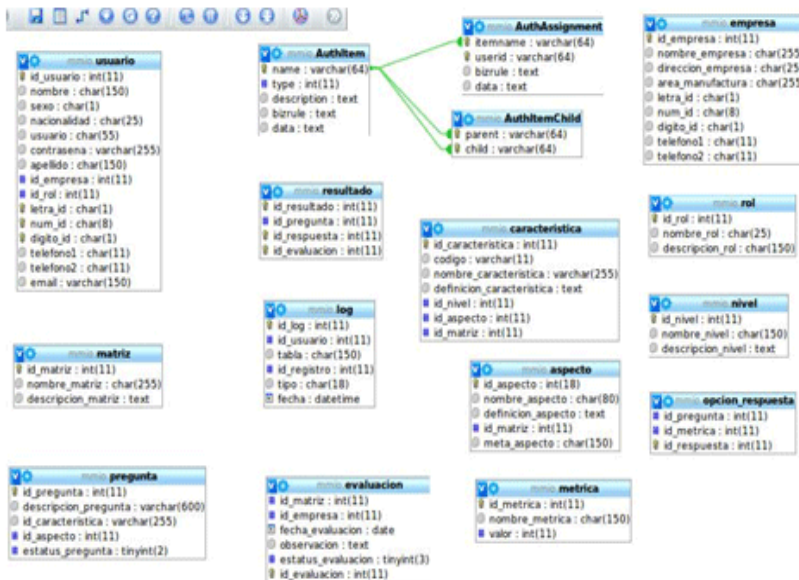


Fig. 4. Modelo de datos del SEMMIO

SEMMIO presenta un cuestionario para

#### D. Transición

El objetivo general de esta fase es la entrega del producto al usuario final, lo cual amerita entrenar a los usuarios en el manejo del sistema, complementar la documentación y, en general, tareas relacionadas con la configuración, instalación y usabilidad del producto. En esta fase se hizo la prueba del SEMMIO en un caso de estudio y se desarrolló el artefacto manual de usuario.

La prueba del SEMMIO se llevó a cabo en la Unidad de Servicios Telemáticos (UST)

de la FaCyT, de la Universidad de Carabobo. La Fig. 6 refleja los resultados obtenidos luego de la evaluación, donde puede observarse cómo se encuentra la UST en el ámbito tecnológico. La organización tiene los porcentajes más altos en los primeros tres niveles de madurez y se observó un comportamiento homogéneo entre ellos, lo que dificultó determinar el nivel de madurez general. Esto puso en evidencia la necesidad de refinar el cuestionario para lograr una evaluación más exhaustiva y un análisis más detallado

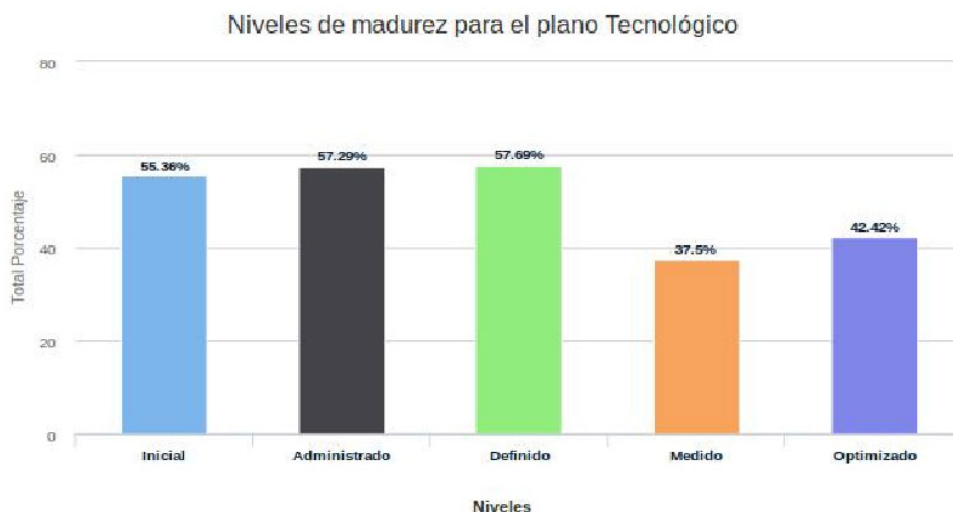


Fig. 6. Niveles de Madurez de IO para el Plano Tecnológico de la UST de la FaCyT

Los usuarios de la UST que participaron en el caso de estudio, dando respuesta a las preguntas del cuestionario, manifestaron su satisfacción con la experiencia llevada a cabo. Asimismo, recomendaron realizar nuevas pruebas al SEMMIO mediante su aplicación a otros casos de estudio. Previo a esto, con el fin de dotar de mayor rigurosidad al instrumento y obtener resultados más precisos, se ha planificado realizar pruebas de validez y confiabilidad al cuestionario del SEMMIO, con

el uso de técnicas formales de validación, como son el Juicio de Expertos y Alfa de Crombach, esto en una próxima iteración de la investigación.

## VI. CONCLUSIONES

Contar con el SEMMIO permitirá la simplificación de las actividades que intervienen en la evaluación del nivel de madurez de IO de una organización, en particular de su plano tecnológico. Además, por tratarse de un sistema Web estará disponible para un sinnúmero de organizaciones, que estén interesadas en determinar su nivel de madurez de IO, a fin de conocer los detalles de su situación actual y lo que deben hacer para avanzar a la situación deseada.

Por otra parte, el SEMMIO es totalmente parametrizable, lo que permite su fácil extensión, mediante la modificación y/o adición de nuevas preguntas, con sus respectivas métricas. Asimismo, el sistema se diseñó contemplando la posibilidad de incorporar el resto de los planos que integran el MMIO propuesto por el Prof. Poggi. De este modo, el sistema cumple con la característica de calidad referida a la mantenibilidad y extensibilidad.

Finalmente, esta investigación beneficiará al grupo de trabajo del CNTI, porque ahora cuentan con una herramienta automatizada que pueden aplicar en las instituciones públicas, a fin de determinar su situación actual en cuanto a la IO y poder aplicar los correctivos correspondientes en caso de ser necesario. La investigación

también constituye un aporte para la comunidad de la FaCyT, en particular para el Departamento de Computación, ya que es la primera investigación que se lleva a cabo en el área de la IO, convirtiéndose en un punto de referencia para futuros trabajos.

## REFERENCIAS

---

- [1] Modelos de madurez de usabilidad. Revista del Instituto Tecnológico de Informática 10, 2 (Junio 2006), 8–11.
- [2] CMMI. [Online; consultado el 20 de Julio del 2013], <http://www.sei.cmu.edu/cmml/>
- [3] CNTI. Implementación del decreto-ley sobre el acceso e intercambio electrónico de datos, información y documentos entre órganos y entes del estado, 2012.
- [4] Ley orgánica de la administración pública, República Bolivariana de Venezuela, 2008.
- [5] CNTI. Avances en la implementación de la interoperabilidad en Venezuela, 2012.
- [6] Gobierno electrónico y administración pública local. [Online; consultado 5 de Julio del 2014], <http://www.razonypalabra.org.mx/antecedentes/n35/apaezmneuman.html#ayc>
- [7] IEEE. Standard glossary of software engineering terminology, 1990.
- [8] CNTI. MIO: Marco de Interoperabilidad. Publicsol 50 C.A., 2010.
- [9] IDABC. European Interoperability Framework for pan-European eGovernment Services. Tech. rep., European Communities, 2004.
- [10] R. Sessions. A comparison of the top four Enterprise-Architecture Methodologies. Tech. rep., Microsoft Developer Network, 2007.
- [11] M. Lankhorst. EA at Work: Modelling, Communication and Analysis. Second Edition. Springer, 2009.
- [12] J. Escobar, F. Losavio y D. Ortega. Una revisión de frameworks, lenguajes de modelo y herramientas para arquitecturas empresariales. II Simposio Científico y Tecnológico en Computación, 2012.
- [13] CMMI - Capability maturity model integration. [Online; consultado el 20 Mayo de 2013], <http://www.globales.es/imagen/internet/Informaci%C3%B3n%20General%20CMMI.pdf>.
- [14] M. Chrissis, M. Konrad y S. Shrum. CMMI, Guía para la integración de procesos y la mejora de productos. Pearson Educación, 2009.
- [15] Architecture Maturity Models. [Online; consultado el 1 de Julio del 2013], <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/>.
- [16] OSIMM version 2 technical standard. [Online; consultado el 5 de Julio del 2013], <http://www.opengroup.org/soa/source-book/osimmv2/>.
- [17] COBIT® 4.1. Tech. rep., 2007.
- [18] E. Poggi. Modelo de Madurez para la Interoperabilidad, 2008.
- [19] V. Basili, G. Caldiera y H. Rombach. The Goal Question Metric Approach, 1994.
- [20] R. Van Solingen y E. Berghout. The goal/question/metric method, 1999.
- [21] Metodología de la red nacional de integración y desarrollo de software libre (MeRinde). [Online; consultado el 16 de Noviembre del 2013], <http://http://merinde.net/>.