

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 5

*Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas.*

*Título: Método para la priorización de requisitos en
Líneas de Productos SCADA.*

Autor(as): Vivian Moreno Guerra.

Idalmys Landeiro González.

Tutor(es): Ing. Ludisley La Torre Hernández.

Junio, 2010

Año 52 Aniversario del Triunfo de la Revolución.

Declaración de Autoría

Declaración de Autoría.

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Vivian Moreno Guerra

Idalmys Landeiro González

Firma del Autor

Firma del Autor

Ing. Ludisley La Torre Hernández

Firma del Tutor

Datos de Contacto

Datos de Contacto.

Tutora: Ludisley la Torre Hernández.

- Graduada en el 2007 en Ingeniería en Ciencias Informáticas.
- Jefa de Departamento de Dirección de proyectos del Centro de Desarrollo de Informática Industrial, con 4 años de experiencia en el desarrollo de software.

Ubicación: UCI, Cuba.

E_mail: llatorre@uci.cu

Agradecimientos

Agradecimientos.

A nuestra tutora Ludisley por su apoyo incondicional y guiarnos durante toda la investigación.

A todos los profesores que nos impartieron clases durante la carrera y a su vez ayudaron a formarnos profesionalmente, principalmente Alejandro Rubino, Yaima Antunez, Luis Enrique, Enerys, que fueron incondicionales en momentos decisivos durante la investigación.

A nuestras amistades por su entrega total en momentos de gran importancia para el desarrollo de este trabajo como Ailem y Alexei.

A la Revolución y la Universidad por las oportunidades brindadas, por prepararnos y formarnos para apoyar al desarrollo del país.

Vivian e Idalmys.

A toda mi familia, que si no fuera por el esfuerzo realizado por ellos, no hubiera podido terminar mis estudios.

A mis amistades de Chambas, Luis Carlos, La negra y su familia, Daina, Henry, Yarianna, Manuel, Adrian, Helen, con ellos he pasado momentos muy buenos, llenos de alegría.

A mis amistades de la UCI, a mi antiguo grupo, a Maikeelis, Yamila, Yunetse, Indiana, Erisnai, Karelía, Misael que es como un hermano para mí, Alain, al profe Rodolfo, a todos por brindarme su apoyo incondicional y estar a mi lado cada día durante estos años.

A Idalmys por ser mi compañera de tesis y ayudarme a lograr este resultado.

A mi suegro José, a mis suegras Julia, Iraida, Mabel, a René, por acogerme en su casa como una más de la familia.

Vivian

Agradecimientos

A mi mami querida porque tus brazos siempre se abren cuando deseo un cariño, porque tu corazón comprende cuando necesito una amiga, porque tus ojos tiernos se endurecen cuando me hace falta una lección, porque tu fuerza y amor me guiaron durante estos años de sacrificio y esfuerzo.

A mi papi porque mientras era niña aparecía para aplaudir mis últimos logros, a medida que iba creciendo era una figura que me enseñaba las diferencias entre el bien y el mal, durante la adolescencia era la autoridad que me ponía límites a mis alocados deseos, ahora que soy adulta, es el mejor consejero y amigo que tengo.

A tata por ser la luz que ha iluminado mi camino durante toda mi vida.

A Rey por darme fuerzas cuando pensé que no lograría realizar este sueño, por regalarme a Vampi que fue mi confidente durante estos 5 años, por amarme tanto y apoyarme siempre.

A mis abuelitas por saber hacerme reír en momentos difíciles y siempre por confiar en mí.

A Tío Alejandro, Tía Cary, Yudith y Frank por permitir entrar en sus casas y acogerme como una hija más. A mi familia en general por todos sus consejos, apoyo incondicional y por confiar siempre en mí.

A Vivian por aceptarme como su compañera de tesis y juntas lograr el desarrollo de este trabajo.

A mis amigas Neyvis y Gretchen por ser las primeras personas en abrirme sus brazos en esta universidad, porque han estado presente cuando más necesite el cariño de mi madre.

A Yordi, Yarlenis, Ailem, Diana, Yamila, Karelia, Erick por saber transmitirme seguridad ante todo lo que realizo, por tener confianza en que nuestros planes se harían realidad.

Agradecimientos

A mis amistades UCI, a las chicas de los deportes que tanto se han preocupado por el avance de este trabajo, a mis compañeros de grupo, a mis amistades del barrio. En general a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a mi formación tanto profesional como personal.

Idalmys.

Dedicatorias

Dedicatorias.

Quiero dedicar esta tesis:

A mis padres María Icel y Justo, por todo lo que me han dado en esta vida, por sus consejos y por estar a mi lado en los momentos más difíciles.

A mis abuelas Leonor y Olida, por el inmenso cariño que me han proporcionado todos estos años, por sus cuentos y poesías que le dieron alas a mi imaginación, las adoro.

A mi hermana, confidente y amiga, siempre podrás contar conmigo.

A mi tía Daisy, que ha sido un ejemplo de fortaleza, sacrificio y alegría.

A mis primos Henry y Ariam que han participado en todas mis locuras y expediciones, siempre cuidándome de todo y de todos.

A mi bisabuela Irene y mi abuelo Gervasio, sé que están mirándome desde el cielo, cuidando de mí en todo momento.

A mi novio Yuri que ha compartido el mayor tiempo a mi lado, brindándome todo su amor incondicional, por haberme enseñado lo que es el verdadero amor, sin ti, todavía estaría perdida.

A la Revolución y la Universidad por las oportunidades brindadas.

Vivian.

Dedico esta tesis:

A mis padres Teresa y Bienvenido, por ser los mejores progenitores del mundo, porque cuando me equivoco me ayudan, porque cuando dudo me aconsejan, y siempre que los necesito a mi lado están.

A mi novio Rey por tu apoyo incondicional, porque junto a ti he encontrado un cariño maravilloso para amar y ser amada.

Idalmys.

Resumen.

En la facultad 5 de la Universidad de las Ciencias Informáticas, surge la necesidad de supervisar y controlar procesos industriales, producto a ello es creado en el Centro de Desarrollo de Informática Industrial un proyecto llamado SCADA Nacional o Guardián del ALBA, por sus siglas en inglés (Supervisory Control And Data Acquisition). Los proyectos SCADA son conocidos por su alta complejidad y criticidad, pues supervisan y controlan procesos automáticos que son operados por personas. Este proyecto está formado por líneas de desarrollo, dónde se producen componentes de software lo más genéricos y reutilizables posible, éstos al ser integrados permiten dar una solución más rápida a la demanda de un cliente, con el menor costo posible. Por lo que se identificó la necesidad de adoptar el Modelo de desarrollo de software basado en Líneas de Productos de Software (LPS). Actualmente, en la LPS del SCADA se desarrollan varios proyectos con un alto por ciento de reutilización de requisitos y una pequeña variabilidad en las características de los mismos. Para que el software sea lo más robusto posible, no existan riesgos que permitan fallos en el sistema y poder entregar un valor tangible al cliente en un corto período de tiempo, se hace necesario una correcta gestión de los requisitos, dónde se tienen en cuenta diferentes atributos de requisitos como la prioridad. La priorización de requisitos es importante para determinar aquellos requisitos a cumplir en la primera versión del producto y aquellos que pueden llevarse a cabo en sucesivas versiones.

El objetivo de este trabajo de diploma es proponer un método atendiendo a diferentes atributos o criterios que permita la priorización de requisitos en los proyectos de la LPS del SCADA.

Palabras Claves: SCADA, Línea de Producto, Priorización de Requisitos.

Índice de Contenido

Índice de figuras	IV
Índice de tablas	IV
Introducción.....	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica.	6
1.1. Introducción.	6
1.2. Sistemas SCADA.....	6
1.2.1. Funciones principales SCADA.....	6
1.2.2. Requisitos SCADA.....	6
1.2.3. Líneas de Componentes SCADA.....	7
1.3. Líneas de Productos de Software.	8
1.3.1. Fases o Etapas para implementar una LPS.....	8
1.3.2. Beneficios de una LPS.....	9
1.4. Ingeniería de Requisitos.	10
1.4.1. Actividades de la Ingeniería de Requisitos.....	11
1.5. Priorización de Requisitos.....	13
1.5.1. Priorización Simple.	14
1.6. Herramientas y Técnicas para el establecimiento de prioridades.	14
1.7. Métodos para la priorización.....	16
1.8. Priorización de requisitos en la UCI.....	21
1.9. Entrevista.	21
1.10. Consulta a Expertos.	22
1.11. Método Delphi.	22
1.12. Criterio.....	23
1.13. GNU/Linux.....	23
1.14. Eclipse.	23
1.15. Conclusiones Parciales.....	24
Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos.	25
2.1. Introducción.	25
2.2. Consulta a Expertos.	25
2.2.1. Planificación del criterio de expertos.	25
2.2.2. Elaboración y aplicación de las encuestas o entrevistas.	26

Índices

2.2.3. Procesamiento y análisis de información.....	26
2.3. Propuesta del método a utilizar.....	28
2.3.1. Bases Matemáticas.....	29
2.3.2. Esquematización del Método AHP.....	31
Capítulo 3: Evaluación del método propuesto.....	36
3.1. Introducción.....	36
3.2. Estructuración del Modelo Jerárquico.....	36
3.3. Selección de la Medida.....	38
3.4. Evaluación del Modelo.....	39
3.4.1. Priorización de las funcionalidades atendiendo a su criticidad.....	42
3.5. Resultado Final.....	43
3.6. Conclusiones Parciales.....	43
Conclusiones Generales.....	44
Recomendaciones.....	45
Referencias Bibliográficas.....	46
Bibliografías.....	48
Anexos.....	49

Índice de figuras

Figura 1: Ecuación, apéndice matemático.....	30
Figura 2: Índice de criticidad	35
Figura 3: Matriz de Comparación.....	40
Figura 4: Priorización de los Criterios	40
Figura 5: Pesos de los criterios.....	41
Figura 6: Razón de Inconsistencia.....	41
Figura 7: Evaluación de las funcionalidades atendiendo a su criticidad	42
Figura 8: Orden de Prioridad	43

Índice de tablas

Tabla 1: Cuadro comparativo entre AHP y otros métodos D.M.D.....	21
Tabla 2: Matriz de Competencias (C) expresada por los expertos (E).	27
Tabla 3: Matriz de Competencias (C) Depuradas con Nivel de Concordancia.....	27
Tabla 4: Orden de la matriz y valor promedio del índice aleatorio.	31
Tabla 5: Criterios seleccionados para evaluar funcionalidades en la LPS de SCADA. 37	
Tabla 6: Alternativas seleccionadas del Módulo HMI.	38

Introducción.

La Universidad de las Ciencias Informáticas, tiene una fuerte base tecnológica y un amplio perfil productivo, dónde el estudiante se forma desde la producción, garantizando una amplia capacidad investigativa, que facilita las condiciones necesarias para que esta institución se convierta en el centro de la enseñanza superior de mayor fortaleza científica del país, en el área de la informática. Esta institución contiene un peso importante dentro del sistema científico cubano, lo que impone a este centro una participación destacada en las investigaciones dirigidas a buscar soluciones a los problemas que se presentan en el proceso productivo.

En la Facultad 5 radica el Centro de Informática Industrial donde se desarrollan varios proyectos que se dedican a la producción de software, entre ellos se encuentra "Guardián del ALBA "o" SCADA Nacional". Los SCADA garantizan el proceso de monitoreo y control de procesos, proporcionando la información oportuna para la toma de decisiones operacionales apropiadas, sobre el funcionamiento del proceso supervisado.

Con el desarrollo del proyecto SCADA se implementaron componentes de software, posteriormente reutilizados para solucionar diferentes problemas, que surgen por necesidades de empresas nacionales. Ejemplo de ello es el proyecto SCADA Meteorología, el proyecto SCADA Etecsa, SCADA Nacional PDVSA, "Guardián del ALBA", SCADA Centro de Inmunología Molecular (CIM), entre otros. De estos proyectos se obtienen productos que actualmente conforman la LPS del SCADA. Las Líneas de Productos de Software, conocido también como Familias de Sistemas de Software, no son más que la producción de varios productos utilizando una infraestructura común. Las LPS son considerablemente utilizadas en múltiples ramas de la industria, y se obtienen del éxito de aplicar la reutilización que consiste en desarrollar elementos de software que puedan utilizarse más de una vez con la mínima cantidad de modificaciones, garantizando que al reutilizar un elemento de software libre de defecto, el sistema que lo utilice no tendrá problema alguno en lo que respecta a dicho elemento [1]. Para que estos proyectos obtengan como resultado final un producto con la calidad requerida, es de vital importancia realizar una correcta gestión de requisitos, al ser uno de los primeros y fundamentales flujos de trabajo que se llevan a cabo en el momento de construir un software. Su propósito es asegurar

Introducción

que el proyecto cumple con las expectativas de los clientes y de los interesados. Entre los procesos involucrados en la gestión de requisitos, se encuentra la priorización de alto nivel a escenarios de usuario, que es utilizada para definir los requisitos más importantes a implementar en una determinada fase del software y lograr un nuevo producto que satisfaga las necesidades del cliente, para brindar la solución más rápida y que ofrezca mayor valor agregado.

El proceso de priorización de requisitos se basa en tres etapas, selección de los criterios definidos para priorizar requisitos (pueden ser criterios de negocios como necesidades de los usuarios, costo; o bien técnicos como factibilidad, recursos existentes), determinación de un ordenamiento de acuerdo con criterios específicos para uno o más participantes, composición de un orden final combinando el punto anterior con varios participantes [2].

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se define como **Situación problemática**:

En el Centro de Desarrollo de Informática Industrial, la priorización de requisitos es desarrollada de manera empírica, pues no se utiliza ninguna técnica ni método matemático que permita obtener un conocimiento científico, y brinde una base sólida en el momento de la toma de decisiones. Como consecuencia durante este proceso se puede cometer varios errores, como descartar un requisito que sea importante para la primera versión del producto, por lo que el sistema no funcionará correctamente y no se obtendrá el resultado requerido. El mal uso de este sistema de control puede crear problemas de forma directa o indirecta por ejemplo, un mal funcionamiento de un sistema de potabilización de agua o el fallo del control sobre una estación puede ocasionar grandes pérdidas humanas y materiales a las empresas que esté utilizando el software. También el fallo en el diseño puede ocasionar que un usuario malintencionado o una situación imprevista alteren los parámetros de funcionamiento, causando que colapse el sistema. Esto trae consigo una pérdida de tiempo y un mayor gasto de recursos. También puede influir negativamente en la obtención de código ineficiente durante la reutilización de activos de software.

Por tanto, se define como **Problema científico**: ¿Cómo mejorar la priorización de requisitos en los proyectos del Centro de Desarrollo de Informática Industrial?

Según el problema científico se plantea como **Objeto de estudio**: Priorización de requisitos de software.

Introducción

Para dar respuesta al problema de la investigación se define como **Objetivo General**: Proponer un método para priorizar requisitos de software en los proyectos de la LPS del SCADA, perteneciente al Centro de Desarrollo de Informática Industrial.

Teniendo en cuenta la relación entre el problema, el objeto de estudio y el objetivo general de la investigación se obtiene como **Campo de acción**: Métodos para la priorización de requisitos de software.

Derivada de la situación problémica esta investigación tiene la siguiente **idea a defender**: La propuesta de un método para la priorización de requisitos en los proyectos de la LPS SCADA del Centro de Desarrollo de Informática Industrial.

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se proponen las siguientes **Tareas de Investigación**:

- Análisis de la bibliografía referente a concepto y definiciones de LPS, requisitos de software, priorización de requisitos de software para elaborar la fundamentación teórica de la investigación.
- Análisis del estado del arte para conocer acerca de métodos y herramientas que se utilicen en la priorización de requisitos de LPS de Software.
- Valoración de métodos matemáticos para realizar priorización de requisitos en LPS.
- Determinación de las características de los SCADAS, para seleccionar las posibles LPS.
- Elaboración de la propuesta del método para realizar la priorización de requisitos en LPS SCADA.
- Valoración del modelo aplicándolo a uno de los proyectos de LPS SCADA.
- Elaboración de un demo, para priorizar requisitos, a partir de la implementación del método propuesto.

Introducción

Se emplearon en el trabajo los siguientes métodos de investigación científica:

Métodos Teóricos:

Análisis Histórico–Lógico: Posibilita mayor conocimiento de los antecedentes y las tendencias actuales del proceso de priorización en LPS SCADA, adquiriendo mayor comprensión sobre su trayectoria desde sus inicios hasta la actualidad.

Analítico–Sintético: Permite el estudio de los conceptos empleados dentro del proceso de priorización en la LPS del SCADA, analizando todos los documentos para la extracción de los elementos más importantes sobre el tema en cuestión.

Métodos Empíricos:

Entrevista: Se realizan entrevistas a los diferentes roles involucrados en la realización de este proceso, con el fin de conocer el estado actual de este problema.

Consulta de experto: Se utiliza con el objetivo de recoger el criterio de especialistas en el tema; como fuente de evidencia, mediante un análisis de la importancia del contenido que se les consulta a los expertos.

Experimento: Tiene como objetivo facilitar el proceso de priorización de requisitos durante el desarrollo del método.

La investigación estará estructurada de la siguiente forma:

Capítulo 1: “Fundamentación teórica”: Describe la fundamentación teórica, se analiza la actualidad referente al tema y se realiza un estudio detallado de las LPS, así como de las herramientas a utilizar en el proceso de priorización de requerimientos.

Capítulo 2: “Propuesta de un método para la Priorización de Requisitos en la LPS del SCADA”: Analizar las características de la LPS del SCADA y los criterios utilizados para la priorización de requisitos en LPS, para aplicar un método que ayude al proceso de priorización.

Capítulo 3: “Evaluación del método propuesto”: Analizar los resultados obtenidos de aplicar el método propuesto, en un proyecto de la LPS de SCADA y realizar una aplicación como apoyo a la investigación, para automatizar las operaciones matemáticas.

Introducción

Por último, se tienen las conclusiones, las recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Novedad científica

Brindar un método para realizar la priorización de requisitos en la LPS SCADA, de manera que contribuya a una correcta gestión de requisitos en el Centro de Desarrollo de Informática Industrial.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

1.1. Introducción.

En el presente capítulo se realiza un estudio de las tendencias actuales de los Sistemas SCADA y sus características. Además, se define el modelo de desarrollo basado en LPS, mencionándose sus principales ventajas y desventajas. También se abordan los conceptos de Gestión de requisitos, priorización de requisitos y los métodos utilizados para priorizar. Se realiza un análisis de la situación actual del proceso de priorización de requisitos en los proyectos de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

1.2. Sistemas SCADA.

Los Sistemas de Control y Adquisición de Datos SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación y control de los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) [3].

1.2.1. Funciones principales SCADA.

- Adquisición de datos: Se utiliza para adquirir, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión: Con el objetivo de observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Control: Para modificar la evolución del proceso [4].

1.2.2. Requisitos SCADA.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- Formar sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Anunciar con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario [4].

1.2.3. Líneas de Componentes SCADA.

Los componentes de software en los proyectos del SCADA, son integrados con el fin de desarrollar una solución en dependencia de la demanda de un cliente, cumpliendo con los principios de LPS. Los proyectos del SCADA Nacional están formados por los siguientes módulos:

- Paquete de Manejadores (Driver)
- Módulo Recolector
- Analizador de Tramas (Sniffer)
- Driver OP
- Módulo BDTRC
- Módulo Aplicaciones
- Módulo Middleware
- Servidor OPC
- Módulo BDH
- Módulo Reportes
- Módulo HMI
- Módulo Configuración

El Centro de Desarrollo de Informática Industrial (CEDIN) de la Facultad 5, tiene dentro de sus objetivos brindar solución a diferentes necesidades dentro del sector de automatización en el país.

El CEDIN está formado por varios proyectos, entre los cuales se encuentran: SCADA ETECSA donde se diseñan despliegues específicos para supervisar grupos electrógenos, oficinas de climatización, UPS (backup), entre otros equipos, SCADA Meteorología, que supervisa procesos que emiten un parte meteorológico para estimar la temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, entre otras funcionalidades, SCADA Centro de Inmunología Molecular (CIM), entre otros. Estos proyectos surgen debido a necesidades de empresas nacionales cubanas.

Los proyectos mencionados anteriormente pertenecen al dominio de componentes SCADA, por lo que las Líneas de componentes de estos proyectos son las siguientes:

- Modelación y Procesamiento.
- Recolección.
- Comunicación.
- Persistencia.
- Seguridad

1.3. Líneas de Productos de Software.

Muchas son las personas que han definido a una LPS ejemplo: Goiuria Sagardui en su artículo "Ingeniería de Software", define como una Línea de productos al conjunto de sistemas intensivos de software que comparten un conjunto de características comunes, que satisfacen las necesidades específicas de un segmento de mercado particular [5].

Gilberto Grajales publicó el artículo "Líneas de Productos de Software" donde plantea una definición de Línea de productos, la misma coincide con la enunciada por Goiuria pero agrega que las características son desarrolladas de forma pre-escrita a partir de un conjunto común de elementos clave [6].

Las autoras consideran que una Línea de Productos de Software es un conjunto de sistemas de software con características y/o funcionalidades comunes que satisfacen las necesidades de los clientes.

1.3.1. Fases o Etapas para implementar una LPS.

En una LPS se propicia una reutilización a alto nivel, desarrollando los elementos comunes que servirán como base para la generación de cada miembro de la familia. Las etapas esenciales a ejecutar son tres:

- Ingeniería de dominio, se centra en análisis, especificación e implementación de activos reutilizables de software relativos a un dominio. Estos activos pueden ser modelos, arquitecturas, componentes y artefactos de software en general, que podrán ser usados en el desarrollo de múltiples productos de

software relacionados con dicho dominio. Para facilitar la identificación de los activos a reutilizar, la ingeniería de dominios puede usar repositorios que permiten la organización, selección y mantenimiento de dichos activos[8], es decir, la finalidad de la ingeniería de dominio es identificar, construir, catalogar y repartir un conjunto de componentes de software que sean aplicables para el software existente y futuro ,en un dominio de aplicación particular, además se centra en el desarrollo de elementos reutilizables que formarán la familia de productos [1].

- Ingeniería de aplicaciones se orienta hacia la construcción o desarrollo de productos individuales que satisfacen un conjunto de requisitos y restricciones (expresados por un usuario específico), basándose en la reutilización de componentes existentes y en el conocimiento del dominio [1].
- Un conjunto de actividades que orquestarán las dos etapas anteriores.

1.3.2. Beneficios de una LPS.

Existen muchos beneficios que una LPS puede proporcionar, destacando los siguientes [6]:

- **Obtención de las ganancias de una producción a gran escala.**

Las LPS dan la capacidad a una organización de producir o generar sistemas de software a partir de una plataforma de artefactos comunes, de manera que los productos sólo necesiten ensamblarse, en vez, de ser desarrollados individualmente.

- **Mejora la capacidad para el “Time-To-Market”.**

Muchas veces las demandas del mercado exigen tener estrategias de mercadotecnia, que implican tener productos o implementar ideas innovadoras antes de cierta fecha. Con una LPS, una organización puede tomar el reto de establecer estrategias de mercadotecnia agresivas, ya que cuentan con la capacidad de generar productos de forma acelerada, una organización se puede comprometer a liberar cierto producto de su LPS en menos de la mitad del tiempo que le llevaría desarrollarlo individualmente.

- **Reducción de costos de desarrollo.**

Con una LPS los costos de desarrollo de los sistemas miembros de la familia, están muy por debajo de los costos de desarrollo de sistemas individuales. Al igual que en el

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

“Time-To-Market” (tiempo de mercado), al inicio, el desarrollo de los elementos comunes tiene mayor costo que desarrollar un sistema individualmente. No obstante, una vez obtenidos, el costo disminuye. Se puede decir que la tasa de incremento en el costo acumulado es mucho menor en una LPS que en sistemas individuales.

- **Mejora de la calidad de los productos.**

Desde que el desarrollo de los elementos comunes es similar al desarrollo de los artefactos para un sistema individual, dichos elementos son probados constantemente por cada producto generado, y por formar parte de todos los productos de la familia se puede decir que la calidad es más fácil y fielmente asegurada en todos ellos.

- **Logro de las metas de reutilización de la organización.**

Dado que las LPS se basan en la reutilización de artefactos para un conjunto de sistemas, la reutilización planeada se obtiene al desarrollar la plataforma de elementos comunes.

- **Reducción de la necesidad de contratar nuevo personal.**

Desde que el proceso de generación de los productos de software se automatiza cada vez más, la necesidad de contratar gente disminuye, debido a que dichos productos son generados cada vez con menos ingenieros de software, lo cual de alguna manera ayuda a disminuir los costos a la organización.

- **Incremento de la satisfacción del cliente.**

Por varios de los beneficios mencionados anteriormente, los clientes y usuarios de los sistemas generados con la LPS obtienen productos de software de mucha mayor calidad a precios mucho más bajos que los que obtendrían con un proveedor que no cuenta con una LPS. Existen otros beneficios no menos importantes, sin embargo, los que aquí se presentaron son los más significativos.

1.4. Ingeniería de Requisitos.

En el artículo “Construcción de un catálogo de patrones de requisitos funcionales para la Planificación de Recursos Empresariales (ERP) ” se define que la ingeniería de requisitos es el área de conocimiento de la ingeniería de software relativa a la obtención de objetivos, funciones y restricciones de los sistemas de software en el mundo real. Además, se encarga de la relación de estos factores para precisar las

especificaciones del comportamiento del software, y su evolución a lo largo del tiempo y a través de familias de software [6].

Bárbara A. Landazuri McDonald plantea que la Ingeniería de Requisitos es un conjunto de actividades que son seguidas con el objetivo de descubrir, modelar, validar y mantener un documento de requisitos, con estas actividades se intenta comprender las necesidades del cliente lo más precisas posibles y así podrían ser utilizadas posteriormente en el desarrollo del sistema [7]. Mientras que Amador Durán Toro la define como una aplicación disciplinada de principios científicos y técnicas para desarrollar, comunicar, y gestionar requisitos [8].

Las autoras consideran que la Ingeniería de requisitos puede definirse como un proceso de innovación e información de las necesidades de los clientes y la gestión de cambios en dichas necesidades.

1.4.1. Actividades de la Ingeniería de Requisitos.

El Instituto de Ingeniería del Software (SEI, por sus siglas en inglés), desarrolló el Modelo Integrado de Madurez de capacidades (CMMI). El mismo en su 2do nivel define varias áreas de procesos ingenieriles. Las mismas están integradas por distintas actividades entre las que se encuentra la Gestión de Requisitos. Mientras que en el 3er nivel se refiere al Desarrollo de Requisitos.

1.4.1.1. Desarrollo de Requisitos.

El desarrollo de Requisitos tiene como propósito identificar, desarrollar, generar, determinar y analizar las necesidades de los usuarios. Dichas necesidades se transformarán en las características que tendrá el producto final [9].

1.4.1.2. Gestión de Requisitos.

La gestión de requisitos es una de las primeras etapas de un proyecto de desarrollo de software, The Rational Software la define como un enfoque sistémico para recolectar, organizar y documentar los requerimientos del sistema [10].

Según la Guía Práctica de Gestión de Requisitos del Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO). La gestión de requisitos es el conjunto de actividades que ayudan al equipo de trabajo a identificar, controlar y seguir los requisitos y sus cambios en cualquier momento [11].

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Mientras que el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software de la Facultad de Informática en la Universidad Politécnica de Madrid, la define como el conjunto de actividades que se concentra en el aseguramiento de las especificaciones, por ejemplo, los requisitos que son reunidos para la satisfacción del cliente. Es el proceso que inicia con la concepción de un proyecto y continúa hasta el resultado final del producto(s) [12].

Las autoras consideran que la gestión de requisitos consiste en gestionar los cambios de los requisitos y las relaciones entre ellos. Son actividades para identificar, documentar y asignar requisitos, además es una actividad crítica para el desarrollo del sistema, porque asegura que se satisfagan las necesidades del cliente.

1.4.1.2.1. Objetivos y Prácticas Específicas para la Gestión de Requisitos.

Las prácticas y objetivos son según el modelo de CMMI.

- OE 1 Administrar Requisitos actividades
 - PE 1.1 Obtener un Entendimiento de los Requisitos
 - PE 1.2 Obtener Compromiso con los Requisitos
 - PE 1.3 Gestionar Cambios en los Requisitos
 - PE 1.4 Mantener Trazabilidad Bidireccional de los Requisitos
 - PE 1.5 Identificar Inconsistencias entre los requisitos y los productos de trabajo [13].

La Gestión de requisitos tiene como propósito administrar los requerimientos del proyecto e identificar inconsistencias entre estos y el plan del proyecto, y los entregables [15].

Algunos de los principales problemas que surgen por no existir o realizar una incorrecta administración de requisitos son:

- La falta de requisitos especificados por el cliente (funcionalidad que el cliente necesita).

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- Incorrecta comprensión de una funcionalidad y por lo tanto un desarrollo erróneo de la misma. (El software cumple con una funcionalidad que el cliente no necesita).
- Los miembros del proyecto se encuentran ante funcionalidades que no son técnicamente factibles o no están capacitados para desarrollarla.
- Desarrollo de una funcionalidad obsoleta. (el cliente la pidió debido a un cambio del negocio en medio del desarrollo, para al requisito nunca se le realizó dicho cambio a nivel de desarrollo).

El trabajo de tesis está centrado en la disciplina Ingeniería de Requisitos y más específicamente en la actividad de priorización de requisitos dentro de la Gestión de los requisitos. Realizar una correcta priorización logrará un producto más completo, con mayor valor agregado para el cliente en la primera versión que se le entregue y logrará aminorar riesgos durante el desarrollo del producto.

1.5. Priorización de Requisitos.

Una vez que han identificado un conjunto de requisitos, lo normal es que se le quieran dar prioridad. Debido a limitaciones de tiempo y presupuesto, puede ser difícil de desarrollar todos los requisitos que se han suscitado de un sistema; estableciendo prioridades puede ayudar a determinar cuáles deben aplicarse en primer lugar.

Muchas organizaciones escogen los requisitos de más bajo costo para poner en práctica en primer lugar, sin tener en cuenta su importancia; mientras que otros seleccionan los que son más fáciles de aplicar.

La priorización de requisitos se utiliza para determinar los requisitos candidatos de un producto de software que se debe incluir en una versión determinada. Los requisitos son también priorizados para minimizar riesgos durante el desarrollo del producto de manera que las funcionalidades requeridas por el cliente y de alto riesgo sean implementados primero [16].

El establecimiento de prioridades es la habilidad esencial que se necesita para hacer un uso mejor de los propios esfuerzos, y los del equipo, es especialmente importante cuando el tiempo es limitado y las demandas son aparentemente ilimitadas.

1.5.1. Priorización Simple.

En un nivel simple, se puede establecer prioridades en función de las limitaciones de tiempo, de la rentabilidad o beneficio potencial de la tarea que se está enfrentando, o por la presión en que se encuentran para completar un trabajo.

El establecimiento de prioridades basadas en el valor o rentabilidad del proyecto es probablemente el más comúnmente utilizado y base para el establecimiento de prioridades. Si esto se basa en una estimación subjetiva, en el valor o una evaluación financiera sofisticada, a menudo se presentan los resultados más eficientes.

Las limitaciones de tiempo son importantes cuando existe dependencia entre las personas para completar una tarea, y en particular cuando esta tarea está en la ruta crítica planificada en el proyecto [17].

1.6. Herramientas y Técnicas para el establecimiento de prioridades.

Se pueden utilizar los métodos sencillos explícitos anteriormente, para determinar las prioridades en muchas situaciones, pero en caso de que el software a desarrollar tenga una complejidad alta es importante utilizar métodos matemáticos más exactos para priorizar los requisitos del mismo.

Ejemplo de herramientas para la Priorización de requisitos [17]:

- **Análisis de comparación por pares (Paired Comparison Analysis).**

Es más útil cuando los criterios de decisión son vagos, subjetivos o incoherentes. Ayuda a priorizar las opciones pidiendo comparar cada elemento en una lista con todos los demás elementos en la lista por separado. Al decidir en cada caso cuál de los dos es más importante, puede consolidar los resultados para obtener una lista de prioridades.

- **Parrilla de análisis (Grid Analysis).**

Ayuda a priorizar una lista de tareas en las que se necesita tomar muchos factores en cuenta.

- **La Matriz de Acción Prioritaria (The Action Priority Matrix).**

Es una técnica de diagramas simples que ayuda a elegir las actividades a priorizar, se trata de un ingenioso método para tomar decisiones de priorización de alta eficiencia.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- **Matriz Urgente\ importante (The Urgent/Important Matrix).**

Similar a la Matriz de Acción Prioritaria, esta técnica pide que se piense acerca de si las tareas son urgentes o importantes.

- **Matrices Ansoff y Boston (The Ansoff & Boston Matrices).**

La Matriz de Ansoff le ayuda a evaluar y priorizar las oportunidades de riesgo. La Matriz de Boston hace un trabajo similar, ayudando a priorizar las oportunidades basadas en el atractivo de un mercado y su capacidad para tomar ventaja de ella.

- **Análisis de Pareto (Pareto Analysis).**

Ayuda a identificar los cambios más importantes a hacerse en el producto. En primer lugar, pide que se agrupen los distintos tipos de problemas que se enfrentan, y luego solicita que se cuente el número de casos de cada tipo de problema. Al dar prioridad al tipo más común de problemas, puede centrar sus esfuerzos en la solución de ella.

- **Técnica de Grupo Nominal (Nominal Group Technique).**

Técnica útil para dar prioridad a los temas y proyectos dentro de un grupo, dando a cada uno de entrada justo en el proceso de priorización. Esto es particularmente útil donde el consenso es importante, y donde debe hacerse una decisión sólida de grupo.

Existen varias técnicas que incluyen la estimación del valor relativo y el costo relativo de cada requisito, de manera que los requisitos de máxima prioridad brinden la mayor proporción del valor del producto total en la fracción más pequeña del coste total. En esencia, se trata de identificar los requisitos que maximicen el valor del producto dentro de las limitaciones de costos existentes.

QFD (Quality Function Deployment) significa Despliegue de la Función de Calidad. Este método plantea que se debe "transmitir" los atributos de calidad que el cliente demanda a través de los procesos organizacionales, para que cada proceso pueda contribuir al aseguramiento de estas características. A través del QFD, todo el personal de una organización puede entender lo que es realmente importante para los clientes y trabajar para cumplirlo.

El QFD proporciona un método robusto y completo para el valor del cliente en relación con las características del producto propuesto [18], además permite a una

organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en búsqueda de maximizar la oferta de valor. Este método busca alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce [19].

1.7. Métodos para la priorización.

Los métodos de Decisión Multicriterio son poderosas herramientas que ayudan a generar consenso en contextos complejos de decisión. Se pueden aplicar estas técnicas a casos en los que sea necesaria la confluencia de intereses y puntos de vista de diferentes grupos o personas. Esto permite que todas las partes interesadas participen en el proceso de toma de decisiones. Cada método tiene una escala común para poder comparar los elementos y establecer órdenes de prioridad.

Los Métodos de Decisión Multicriterio son Discretos cuando las alternativas de decisión son finitas. Sin embargo, para que los Métodos de Decisión Multicriterio Discretos se apliquen en el mundo real, es necesario que tengan una solidez teórica, pero sobre todo, es imprescindible que puedan ser comprendidos por los decisores y aplicados por ellos de forma fácil.

Dentro de los principales Métodos de Decisión Multicriterio Discreto se tiene [20]: Método de Agregación, Método compensatorio, Método de Ponderación Lineal, Método de Utilidad Multiatributo, Método Electre, Método Promethee, Método Macbeth, Método Lexicográfico, Método de Programación por Compromiso y Proceso de Jerarquía Analítica (AHP).

- **Método de Agregación.**

Los métodos de agregación consisten en la aplicación de procedimientos matemáticos para resumir los valores derivados por cada alternativa respecto a todos los criterios considerados en el análisis. Los valores obtenidos pueden referirse tanto a la utilidad que reporta el puntaje alcanzado en dicho criterio, o a las puntuaciones de las alternativas respecto a algún criterio.

Los mecanismos más conocidos de agregación son los que se obtienen de la ponderación lineal, o multiplicativa, en tanto que en las metodologías del tipo Electre o Promethee las formas de agregación están dadas por la lógica de las relaciones de superación.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- **Método Compensatorio.**

Este método consiste en que las ventajas de un determinado atributo o criterio pueden ser intercambiadas por las desventajas de otro atributo. Si se realiza el intercambio la elección es Compensatoria, y en caso contrario la estrategia sería No Compensatoria. Los métodos de Ponderación Lineal, de Utilidad Multiatributo y el Proceso Analítico Jerárquico son típicamente compensatorios, en tanto que los métodos Electre no lo son, tal como ocurre por otra parte con el método lexicográfico.

- **Método de Ponderación Lineal.**

Con dicho método se obtiene una valoración a través de la suma de las contribuciones obtenidas de cada atributo. En caso de que varios atributos estén en diferentes escalas y no se puedan sumar directamente, se realiza entonces un proceso de normalización para poder sumar los atributos.

- **Método de Utilidad Multiatributo.**

El decisor expresa sus preferencias sobre un conjunto de atributos o criterios, según la utilidad que le reportan dentro del contexto de la teoría de la decisión en condiciones de inseguridad.

- **Método Lexicográfico.**

Este método parte de una matriz de evaluación, para la cual se han determinado las escalas apropiadas y se designa un criterio principal que será el criterio dictador. Aquella acción potencial que obtiene la mejor puntuación en ese criterio, queda consagrada como la "mejor" acción. En caso que hubiera empate entre pares de acciones, se aplica un procedimiento de desempate, el cual consiste en analizar el criterio según el orden de importancia o en el tercer criterio si fuera necesario, y así seguido. Este procedimiento no es tan trivial, ya que es utilizado frecuentemente en decisiones económicas.

- **Método de Programación por Compromiso (TOPSIS).**

El método de Programación por compromiso, también llamado Topsis, es una técnica de programación matemática utilizada originalmente en contextos continuos y que ha sido modificada para el análisis de problemas Multicriterio de tipo discreto. Además, ha

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

sido utilizada para identificar soluciones que se encuentran lo más cerca posible a una solución ideal, aplicando para ello alguna medida de distancia.

El método se desarrolla en una serie de etapas: primero se normalizan los puntajes asignados a las diversas alternativas; luego se calculan los puntajes normalizados ponderados; de allí se identifican y/o definen las soluciones ideales positiva e ideal negativa del problema bajo análisis, partiendo de los valores normalizados ponderados; así mismo se calculan las medidas de separación o distancia a las soluciones ideales entre las alternativas, mediante alguna noción de distancia métrica. Cualquiera sea la noción de distancia utilizada, esta se calcula respecto a la solución ideal positiva y respecto a la solución ideal negativa; Finalmente se construyen las semejanzas a la solución ideal positiva como índice respecto a la solución ideal negativa, lo que implica que dicho índice combina los dos aspectos o metas definidos al principio.

Por el tipo de atributos bajo análisis y por la heurística aplicada, el método Topsis es muy adecuado al tratamiento Multicriterio de problemas que aparecen en los Sistemas de Información Geográfica.

- **Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), (Analytic Hierarchy Process).**

Este método fue propuesto por Tomas L. Saaty (1977, 1980), Matemático de la Universidad de Pennsylvania, se basa en la obtención de preferencias o pesos de importancia para los criterios y las alternativas. Para ello, el decisor establece “juicios de valores” a través de la escala numérica de Saaty (del 1 al 9) (Anexo 1), comparando por parejas tanto los criterios como las alternativas [21].

Mediante la construcción de un Modelo Jerárquico (Anexo 2), permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto a un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar.

“Se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los sub problemas en una conclusión” (Thomas Saaty, 1998) [22].

Ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio.

- Presenta un sustento matemático.
- Permite desglosar y analizar un problema por partes.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- Incluye la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso.
- Permite verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones, si se da el caso.
- Genera una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad.
- Es de fácil uso y permite que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización [22].

Es especialmente adecuado para decisiones complejas, las cuales involucran la comparación de elementos de decisión que son difíciles de cuantificar. Ha sido usado para diferentes aplicaciones incluyendo planeación estratégica, ubicación de recursos y la selección de la mejor alternativa.

En Europa también se formularon Métodos de Decisión Multicriterio Discreto, dentro de los cuales se encuentran:

- **Método Electre.**

Familia de métodos basado en relaciones de superación para decidir acerca de la determinación de una solución, aunque el procedimiento no sea óptimo se puede considerar satisfactorio; además de obtener una jerarquización de las acciones, alternativas bajo análisis. En la actualidad han sido desarrollados los procedimientos Electre I, II, III, IV, IS y Electre TRI, los que brindan tácticas para resolver diferentes tipos de problemas ocasionados en el tratamiento de la teoría de la decisión.

- **Método Promethee.**

Este método consiste en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna información comprensible por el decisor. Promethee construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas, por lo que utiliza el concepto de pseudo-criterio, teniendo en cuenta la diferencia de puntos que esas acciones poseen respecto a cada atributo.

Se han desarrollado varias versiones II, III, IV, V, todas plantean situaciones más sofisticadas de decisión y en la V versión, se incorpora una filosofía de optimización

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

entera, a efectos de abordar problemas de selección de inversiones con restricciones presupuestarias.

- **Método Macbeth.**

Macbeth es un método interactivo que mide el grado de preferencia de un decisor sobre un conjunto de alternativas. Construye una función criterio de un punto de vista fundamental y determina los parámetros relacionados con la información entre criterios, pesos, en la fase de agregación.

Para la construcción de la función criterio de cada punto de vista, los juicios del decisor corresponden a un solo punto de vista fundamental. Para establecer los pesos se usan los juicios del decisor acerca de la preferencia total de las alternativas. Todo esto permite a Macbeth representar la información de manera cuantitativa, mediante la relación de todos los criterios dentro de un modelo de evaluación global.

Después de realizarse un estudio de los diferentes métodos, se presenta un cuadro comparativo entre el método A.H.P. y los otros métodos de Decisión Multicriterio Discretos (D.M.D.).

Método AHP	Otros Métodos D.M.D	Resultados de la Comparación
Lo fundamental es el ejercicio de análisis del problema de decisión.	Lo fundamental es obtener un ordenamiento confiable.	El A.H.P. es más objetivo que la D.M.D.
El decisor es racional, puede identificar las alternativas y establecer sus preferencias.	El decisor es racional, puede identificar las alternativas y establecer sus preferencias.	Coincidencia
El decisor puede estructurar el problema de decisión mediante una jerarquía de criterios.	El decisor puede especificar los criterios a considerar.	El A.H.P. amplía los requisitos de la D.M.D.
Es conveniente que el ordenamiento sea específico, comparando por pares.	El decisor puede especificar tantos ordenamientos globales como específicos.	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.
Se utilizan varias funciones de utilidad, utilizando la tabla de escalas de preferencias de Saaty.	Las preferencias pueden expresarse como números reales (funciones de utilidad).	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.
Se desea expresar la intensidad las preferencias, por lo que el método debe de ser cardinal, es decir, de principios.	Pueden emplearse métodos ordinales y cardinales, es decir, de orden y de principios.	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Por inconsistencias, hay juicios que se deben de replantear, se estandariza eliminando el grado de inconsistencia.	La estandarización no debe deformar los juicios.	Es mejor replantear juicios (A.H.P.), que trabajar con un D.M.D. con juicios que me darán resultados poco confiables.
--	--	---

Tabla 1: Cuadro comparativo entre AHP y otros métodos D.M.D.

1.8. Priorización de requisitos en la UCI.

Con el objetivo de obtener información sobre el proceso de priorización de requisitos, se realizaron varias entrevistas (Anexo 3) a diferentes proyectos de la UCI, entre ellos se encuentra, el de Sistemas de Gestión Penitenciario, realizado en Venezuela, donde se llegó a la conclusión de que la priorización es realizada por los arquitectos de forma empírica, que a su vez fueron los creadores de la línea base de la arquitectura.

También se investigó en el proyecto de Información Hospitalaria, donde se prioriza por Casos de Uso (CU), según la dependencia; debido a las características del sistema, estos CU se clasifican en comunes, públicos y otros, los de mayor criticidad son los comunes, pues responden a funcionalidades del sistema y los públicos son los servicios a prestar. Para determinar la prioridad de los requisitos es utilizada la Guía del proceso de mejoras disponible en el Área de proceso.

Los proyectos que conforman la Línea de Productos SCADA (SCADA Etecsa, SCADA Meteorología, SCADA Oficina del Historiador, SCADA Centro de Ingeniería Molecular, SCADA Configurador), utilizan el proceso de mejora propuesto por la universidad.

Para obtener un conocimiento de cómo se realiza la priorización de requisitos en la LPS SCADA, fue necesario tener un intercambio de información con analistas y arquitectos de los distintos proyectos, llegándose a la conclusión de que ningún proyecto en esta LPS tiene un modelo o método, que sirva de guía en el momento de realizar la priorización de requisitos de un producto.

1.9. Entrevista.

La entrevista con fines de investigación, puede ser entendida como la conversación que sostienen dos personas, celebrada por iniciativa del entrevistador, con la finalidad específica de obtener alguna información importante para la indagación que realiza.

Entonces las autoras consideran, que es el intercambio de información que se efectúa entre el entrevistado y el entrevistador de forma libre o forzada, es un canal de comunicación que sirve para obtener información en forma verbal.

Con el propósito de identificar los criterios de priorización más importantes utilizados en la LPS del SCADA, se realizó una consulta a expertos, utilizando la entrevista como método para obtener información de forma independiente.

1.10. Consulta a Expertos.

La consulta a expertos consiste en preguntar a uno o varios expertos sobre un tema en cuestión, teniendo en cuenta que el aspecto central de la misma es la revelación de información.

Se debe de emplear cuando la persona no cuenta con los argumentos necesarios y esto hace que se defina de forma imprecisa o aproximada [23].

Esta consulta a expertos se realiza mediante el Método Delphi.

1.11. Método Delphi.

Es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal, que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo [24].

Las autoras consideran, que consiste en la selección de un grupo de expertos, a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, con el objetivo de tratar de conseguir un consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes.

Puede ser empleado en varios momentos o fases del proceso investigativo, sin embargo, resulta fundamental durante el estudio exploratorio. Además puede ser tomado mediante encuestas o entrevistas, cuya experiencia y opiniones pueden ser de una valiosa contribución.

Las principales características del método están dadas por el anonimato de los participantes (excepto el investigador), iteración (manejar tantas rondas como sean necesarias), retroalimentación (feedback) controlada, sin presiones para la conformidad, respuesta de grupo en forma estadística (el grado de consenso se procesa por medio de técnicas estadísticas) y justificación de respuestas (discrepancias/consenso).

Este método se utiliza para obtener la opinión de los expertos en cuanto a los criterios que se quieren estandarizar, utilizados en los proyectos de la LPS de SCADA para evaluar las funcionalidades a priorizar.

1.12. Criterio.

Un criterio es una medida, pauta, principio u otra forma de tomar una decisión. Se conviene en la forma en que se toma una decisión colectiva. A menudo, al tomar decisiones, se usa más de un criterio al mismo tiempo. Algunas veces, el grupo analiza los criterios a usar y se pone de acuerdo en cuáles basarán sus opiniones los participantes [25].

1.13. GNU/Linux.

Como apoyo a la investigación se realizará una aplicación que automatiza los cálculos matemáticos, que facilitará el uso del método. Se desarrollará en el sistema operativo GNU/Linux en su distribución Debian, pues no se pagan licencias, tiene independencia total de cualquier sector privado o empresa, es inmune ante la inmensa mayoría de los virus que afectan a Windows, además las aplicaciones están en continua mejora y en proceso de evolución ya que los posibles errores se corrigen de forma inmediata.

1.14. Eclipse.

Como plataforma de desarrollo se utilizó Eclipse pues permite integrar diferentes aplicaciones para construir un entorno integrado de desarrollo (IDE), que es un programa constituido por un conjunto de herramientas destinado a los programadores. Además, se seleccionó para desarrollar la interfaz de la aplicación el framework de desarrollo multiplataforma QT que viene acompañado por diferentes herramientas que facilitan su uso.

1.14.1. Herramientas del framework Qt.

- Las librerías Qt (clases en C++).
- Qt Designer, para crear formularios visualmente.
- Qt Assistant, acceso rápido a la documentación.
- Qt Linguist, traducción rápida de programas [26].

1.15. Conclusiones Parciales.

La priorización de requisitos es un proceso decisivo para seleccionar las funcionalidades que serán implementadas en cada versión del producto y que satisfaga de manera creciente las exigencias del cliente.

En el mundo existen varias técnicas, herramientas y métodos para realizar la priorización de los requisitos de software, en el capítulo se analizaron sus principales características.

Además, se expusieron las características y funcionalidades de los Sistemas SCADA, evidenciando la necesidad de realizar una adecuada priorización de sus requisitos debido a la inherente complejidad y criticidad de los mismos.

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos.

2.1. Introducción.

En este capítulo se realizará una consulta a expertos, dónde se utilizan algunos elementos del Método Criterio de Expertos, Delphi, para conocer la opinión de los especialistas sobre los criterios más importantes, que se quieren estandarizar, para los proyectos que conforman la LPS de SCADA. Como técnica de recopilación de información se realiza una entrevista a un conjunto de especialistas. Además, se efectuará el análisis del método que se eligió para realizar la priorización de requisitos en los proyectos.

2.2. Consulta a Expertos.

Para la realización de esta consulta a expertos se aplicaron algunos elementos del Método Delphi.

1. Planificación del criterio de Expertos.
 - Concepción inicial del problema.
 - Selección de los expertos.
2. Elaboración y aplicación de las encuestas o entrevistas.
3. Procesamiento y análisis de información.

2.2.1. Planificación del criterio de expertos.

Objetivos.

Conocer la opinión de los expertos sobre los criterios más importantes para medir los requisitos a priorizar en los proyectos la LPS de SCADA, como un elemento que influirá en la validación de la selección de estos criterios para tener en cuenta en la elaboración del método a proponer.

Situación actual.

Los criterios utilizados para medir los requisitos en el momento de priorizarlos, se utilizan a conveniencia de los analistas, es decir, no existe en la LPS una serie de criterios estándar para establecer prioridad a los requisitos.

Selección de los expertos.

Los expertos se seleccionaron según su rol en el proyecto, su conocimiento sobre el tema a tratar, por su capacidad de análisis y pensamiento lógico y su disposición para participar en la validación. La elección de los expertos atendiendo a estas características hace que las opiniones brindadas sean confiables y válidas para el objetivo propuesto, lo que propicia obtener resultados con calidad.

Se seleccionaron ocho expertos, entre ellos analistas y arquitectos, que se encargan directamente de la priorización de requisitos en cada proyecto; jefes de proyectos que supervisan el proceso de la toma de decisión de los requisitos importantes.

2.2.2. Elaboración y aplicación de las encuestas o entrevistas.

Una vez conformado el paso anterior se procede a la elaboración y aplicación de la entrevista (Anexo 4), para ello es aplicada una ronda de preguntas a los expertos en priorización de requisitos, conocedores de métodos para la priorización y especialistas de líneas de productos de software. Esta entrevista se realiza en el CEDIN, pues en ese centro está enfocada la investigación y donde se va a aplicar el método de priorización de requisitos a proponer.

2.2.3. Procesamiento y análisis de información.

Definir los criterios según los expertos.

Los expertos señalan los requisitos, teniendo en cuenta la primera pregunta que corresponde a la entrevista: ¿Qué criterios necesita tener en cuenta para priorizar requisitos en su proyecto?

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

En la siguiente Tabla se muestran los criterios seleccionados para ser evaluados por los expertos.

Competencias(Ct)	Expertos							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Prioridad por cliente	x	x			x	x	x	x
Beneficio	x		x					
Dependencia	x		x	x	x	x	x	x
Estabilidad				x				
Complejidad	x	x	x	x			x	x

Tabla 2: Matriz de Competencias (C) expresada por los expertos (E).

No fue necesario agregar a la lista ningún otro criterio, pues los expertos estuvieron de acuerdo con los propuestos anteriormente. A partir de los resultados alcanzados se calculó la concordancia según la siguiente fórmula:

$$Cc = (1 - Vn / Vt) \times 100$$

Dónde:

Cc: Coeficiente de concordancia expresado en porcentaje.

Vn: Cantidad de expertos en contra del criterio predominante.

Vt: Cantidad total de expertos.

Competencias(Ct)	Expertos								Cc %
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Prioridad por cliente			N	N					75
Beneficio		N		N	N	N	N	N	25
Dependencia		N							87.5
Estabilidad	N	N	N		N	N	N	N	12.5
Complejidad					N	N			75

Tabla 3: Matriz de Competencias (C) Depuradas con Nivel de Concordancia.

Si el coeficiente de concordancia expresado en porcentaje de una competencia resulta mayor que el 60 % se considera aceptable la concordancia de esa competencia, mientras que si coeficiente de concordancia expresado en porcentaje resulta menor

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

que 60 % se elimina la competencia por baja concordancia o poco consenso entre los expertos.

Finalmente, se seleccionan las competencias que obtengan un coeficiente de concordancia expresado en porcentaje mayor que 60 % quedando de la siguiente manera:

- Dependencia.
- Prioridad por cliente.
- Complejidad

Con la aplicación del método Delphi, se llega a la conclusión de que existe concordancia entre los expertos entrevistados sobre algunos de los criterios propuestos, finalmente, los criterios seleccionados fueron: Dependencia, Prioridad por cliente y Complejidad, estos criterios definidos son los utilizados en el método de priorización propuesto.

2.3. Propuesta del método a utilizar.

Con el objetivo de establecer la prioridad de requisitos de software en los proyectos de la LPS de SCADA, y por el análisis efectuado de diferentes métodos de priorización, se ha seleccionado el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), como la mejor opción, pues se trata de un método Multicriterio Discreto ampliamente utilizado con gran éxito en la solución de problemas de toma de decisiones, que entrega una ordenación de las alternativas de solución desde la mejor hasta la peor.

Algunos de los elementos del modelo pueden ser medidos fácilmente porque se refieren a aspectos cuantitativos. Su ventaja consiste en que permite incorporar adicionalmente aspectos cualitativos que suelen ser complejos de analizar pero que pueden ser relevantes en la toma de decisión. El AHP permite la ordenación de las alternativas respecto a posibles cambios en la importancia de los criterios, esta característica es de gran valor, ya que hay procesos de toma de decisión en los que están involucrados factores que cambian a lo largo del tiempo.

Generalmente todas las decisiones que se deben tomar en el momento de desarrollar un software Scada son difíciles y de gran importancia, por lo que este proceso permite analizar el problema por partes, facilitando mejor comprensión sobre lo que se quiere

resolver. Este método cuenta con algunas bases matemáticas importantes para lograr aplicarlo de manera eficiente:

2.3.1. Bases Matemáticas.

1. Los axiomas del AHP son:
 - Axioma No. 1; referente a la condición de juicios recíprocos: La intensidad de preferencia de A_i/A_j es inversa a la preferencia de A_j/A_i .
 - Axioma No. 2; referente a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.
 - Axioma No. 3; referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento. Dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
 - Axioma No. 4; referente a condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.
2. El Apéndice matemático presentado por el Dr. Thomas Saaty. Presente en el capítulo 2, Método Analítico Jerárquico AHP: Principios Básicos, que forma parte del libro “Evaluación y Decisión Multicriterio, Reflexiones y Experiencias”, publicado en junio de 1998.

“Suponga que se tienen n piedras, A_1, \dots, A_n , con ponderaciones conocidas w_1, \dots, w_n , respectivamente, y suponga que se forma una matriz de relaciones paralelas cuyas filas dan la relación de las ponderaciones de cada piedra con respecto a todas las otras. Por lo tanto, se tiene la ecuación que se muestra en la siguiente figura.

$$\begin{array}{r}
 \mathbf{A_1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \mathbf{A_n}
 \end{array}
 Aw =
 \begin{pmatrix}
 w_1/w_1 \dots w_1/w_n \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 w_n/w_1 \dots w_n/w_n
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \mathbf{w_1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 w_n
 \end{pmatrix}
 = n
 \begin{pmatrix}
 \mathbf{w_1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 w_n
 \end{pmatrix}
 = nw$$

Figura 1: Ecuación, apéndice matemático.

Donde A ha sido multiplicado a la derecha por el vector de ponderaciones w. El resultado de esta multiplicación es nw. Por lo tanto, para recobrar la escala de la matriz de relaciones, se debe resolver el problema $Aw=nw$ o $(A-nI) w=0$. Este es un sistema homogéneo de ecuaciones. Tiene una solución no trivial si y sólo si el determinante de $A-nI$ es nulo, o sea, n es un valor propio de A. Ahora A tiene rango unitario ya que cada fila es un múltiplo constante de la primera fila. Por lo tanto, todos sus valores propios excepto uno son cero. La suma de los valores propios de una matriz es igual a su traza, la suma de sus elementos diagonales, y en este caso la traza de A es igual a n. Por lo tanto, n es un valor propio de A, y uno tiene una solución no trivial. La solución consiste en entradas positivas y es única dentro de una constante multiplicativa.

Para hacer w único, se puede normalizar sus entradas dividiendo por su suma. Por lo tanto, dada la matriz de comparación, se puede recobrar la escala. En este caso, la solución es cualquier columna de A normalizada. Note que en la A la propiedad recíproca $a_{ji} = 1/a_{ij}$ se aplica, por lo tanto, también $a_{ii} = 1$. Otra propiedad de A es que es consistente: sus entradas satisfacen la condición $a_{jk} = a_{ik}/a_{ij}$. Por lo tanto, toda la matriz puede ser construida de un conjunto de n elementos que forman una cadena a través de las filas y las columnas.

En el caso general, el valor preciso de w_i/w_j no se puede dar, sino sólo una estimación de él como juicio. Por el momento, se considera una estimación de estos valores por un experto que se supone perturba muy poco a los coeficientes. Esto significa perturbaciones pequeñas a los vectores propios. El problema ahora se convierte $A'w = \lambda_{max}w'$ donde λ_{max} es el mayor valor propio de A' . Para simplificar la notación, se seguirá escribiendo $Aw = \lambda_{max}w'$, donde A es la matriz de pares ordenados. El

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

problema es ahora qué tan buena es la estimación de w . Si w se obtiene resolviendo el problema, la matriz cuyas entradas son w_i/w_j es una matriz consistente.

Es una estimación consistente de la matriz A . A en sí misma no necesita ser consistente. De hecho, las entradas de A ni siquiera precisan ser transitivas; o sea, $A1$, puede preferirse a $A2$ y $A2$ a $A3$, pero $A3$ puede preferirse a $A1$.

Cuando la consistencia ha sido calculada, el resultado se compara con aquellos del mismo índice de una matriz recíproca aleatoria de una escala desde 1 hasta 9, con recíprocos forzados. Este índice se llama índice aleatorio (R.I). La siguiente tabla da el orden de la matriz (primera fila) y el valor promedio del R.I (segunda fila).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C _{lrandom}	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tabla 4: Orden de la matriz y valor promedio del índice aleatorio.

La relación de C.I con el promedio R.I para la misma matriz de orden se llama relación de consistencia (C.R). Una relación de consistencia de 0.10 o menos es evidencia positiva para un juicio informado.

Las relaciones $a_{ji}=1/a_{ij}$ y $a_{ii}=1$ se conservan en estas matrices para mejorar la consistencia. La razón de ello es que si la piedra No. 1 se estima que es k veces más pesada que la piedra No. 2, uno debería exigir que la piedra No. 2 se estime $1/k$ veces el peso de la primera. Si la relación de consistencia es muy pequeña, las estimaciones se aceptan; de lo contrario se intenta mejorar la consistencia mediante la obtención de información adicional. Lo que contribuye a la consistencia de un juicio es: La homogeneidad de los elementos de un grupo, o sea, no comparar un grano de arena con una montaña; la escasez de elementos en un grupo, porque un individuo no puede mantener en su mente simultáneamente las relaciones de muchos objetos y el conocimiento y cuidado del decisor sobre el problema en estudio”.

2.3.2. Esquematización del Método AHP

El método operativo AHP puede esquematizarse de la siguiente manera:

1. Estructuración del Modelo Jerárquico.
 - Identificación del Problema.

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

- Definición del Objetivo.
 - Identificación de Criterio.
 - Identificación de Alternativas.
2. Selección de la medida.
 3. Evaluación del Modelo.
 - Establecimiento de prioridades.
 - Emisión de los juicios y las evaluaciones.
 4. Resultado final.

2.3.2.1. Estructuración del Modelo Jerárquico.

Identificación del Problema.

La identificación del problema consiste en identificar la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone, o mediante la priorización o ranking de todas ellas.

Definición del Objetivo.

Un objetivo es una dirección identificada para mejorar una situación existente. El objetivo está en un nivel independiente, y todos los demás elementos del modelo jerárquico, criterios y alternativas, apuntan en conjunto a la consecución del mismo. El objetivo u objetivos serán establecidos por el grupo decisor involucrado y deben representar las necesidades e intereses generales.

Identificación de Criterios.

Son las dimensiones relevantes que afectan significativamente a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión. Se deben incluir aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de decisión.

Identificación de Alternativas.

Corresponden a propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general.

2.3.2.2. Selección de la Medida.

Se pueden utilizar dos clases de medida en el AHP:

La medida relativa.

Recomendable cuando el número de alternativas es hasta 7, en cuyo caso el método compara por pares tanto criterios como alternativas. Una vez evaluado todo el modelo, la medida relativa entrega las alternativas priorizadas de la mejor a la peor.

La medida absoluta.

Maneja todas las alternativas que se desean, porque las alternativas no se comparan unas frente a otras, sino que las alternativas se comparan contra un estándar. En este último caso el modelo jerárquico se debe construir igual: meta, criterios, pero las alternativas no se incluyen en el modelo. En lugar de las alternativas se generan escalas (cualitativas o cuantitativas) para cada uno de los criterios. Seguidamente se inician las comparaciones por parejas para conocer las preferencias (los pesos) entre los criterios y las escalas. De esa forma se obtiene un estándar, contra el cual se evaluará en forma independiente cada una de las alternativas.

2.3.2.3. Evaluación del Modelo.

Una vez establecidos los criterios en base a los cuales se va a realizar la evaluación de la criticidad, se procede a determinar la importancia relativa que otorga el decisor a cada criterio (pesos).

El proceso de evaluación consta de las siguientes etapas:

1. Comparar los criterios por parejas.
2. Construir la matriz de comparación.
3. Normalizar la matriz de comparación.
4. Hallar el vector de prioridades o pesos.
5. Hallar el vector de sumas ponderadas.
6. Obtener el valor de consistencia de la valoración.

El AHP se fundamenta en juicios de valor realizados por expertos en base a información científica, técnica y en base a su propia experiencia.

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

La valoración de los juicios se realiza mediante la comparación binaria (por pares) entre elementos. En cada comparación el experto prioriza la importancia de un elemento frente al otro, asignando un valor de acuerdo con la escala propuesta por Saaty. Con estos valores es conformada la matriz de comparación según las siguientes normas:

- La diagonal principal tiene todos tienen valor 1, pues se compara el mismo criterio entre sí.
- Los elementos del triángulo inferior son los inversos de los elementos simétricos del triángulo superior, porque corresponden a comparaciones recíprocas.

Por esta razón es suficiente realizar las comparaciones por pares correspondientes al triángulo superior.

Es muy importante comprobar la consistencia (IC) de los juicios de las comparaciones por pares realizadas por el experto, resulta aceptable, si la razón de inconsistencia (RC), es menor que 0,10. Saaty recomienda revisar las comparaciones cuando la razón de inconsistencia sea mayor al 10%.

Posteriormente se normaliza la matriz de comparación. Aplicando el método fracción de la suma que consiste en dividir cada elemento de la matriz de comparación entre el sumatorio de la columna a la que pertenece.

Los pesos o vector de prioridades se obtienen calculando la media de cada fila de la matriz normalizada.

El vector de sumas ponderadas se obtiene multiplicando cada uno de los valores de la primera columna de la matriz de comparación por el vector de prioridades; Multiplicando cada uno de los valores de la segunda columna por el vector de prioridades, y después sumando los valores ubicados a lo largo de los renglones.

Los valores valor propio (λ) se obtienen dividiendo los elementos del vector de sumas ponderadas entre el valor del vector de prioridades correspondiente.

Al promedio de los valores λ se denomina λ_{max} , que se aproxima al valor propio máximo de la matriz de comparación.

Capítulo 2: Método para la priorización de requisitos

El índice de consistencia, $IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$; donde n es el rango de la matriz de comparación.

La razón de inconsistencia, $RC = IC / RI$; donde RI es el índice aleatorio (Tabla1).

2.3.2.3.1. Priorización de las funcionalidades atendiendo a su criticidad.

Una vez obtenidos los pesos de cada criterio y comprobada la consistencia de la matriz de comparación, se procede a comparar cada uno de las alternativas con la escala en el caso de seleccionar la medida absoluta, valorando cada criterio según los escalonamientos establecidos.

El nivel de criticidad, puede representarse por el índice de criticidad (I_c) aplicando la siguiente expresión:

$$I_c = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (n_i p_i)}{n \sum_{i=1}^n p_i}$$

Figura 2: Índice de criticidad.

Dónde:

n = número de criterios.

p_i = peso de cada criterio.

n_i = valor del nivel de riesgo asignado a cada criterio.

N = valor del nivel de riesgo máximo de todos los criterios.

2.3.2.4. Resultado Final.

El resultado final del análisis de criticidad realizado consiste en la priorización u ordenación de las alternativas analizadas atendiendo a su criticidad.

2.4. Conclusiones Parciales.

Después del análisis realizado al Proceso de Jerarquía Analítica, se considera que este método reúne las condiciones necesarias para realizar la priorización de requisitos en la Línea de Productos SCADA.

Para obtener un resultado que otorgue una validez al método seleccionado, será aplicado a uno de los proyectos de la línea de productos SCADA, para ello es utilizando un demo desarrollado, con el fin de automatizar los pasos matemáticos del AHP.

Capítulo 3: Evaluación del método propuesto.

3.1. Introducción.

Con el objetivo de demostrar que el proceso utilizado es aplicable a esta Línea de Productos. Se empleará el método propuesto para priorizar los requisitos a un módulo del proyecto de la LPS de SCADA llamado Configurador SCADA, este tiene como objetivo supervisar y controlar los recursos hidráulicos del Acueducto Aguas Santiago, además, presenta un alto nivel de configuración y seguridad.

El método se evaluará en módulo Interface Hombre Máquina (HMI), es la interfaz ante el usuario, que permite diseñar todo el funcionamiento del SCADA, donde se configuran todos los nodos y proyectos.

También se utiliza un demo desarrollado en la investigación que realiza los cálculos matemáticos necesarios y entrega como resultado final una lista priorizada de funcionalidades. Esta aplicación muestra una interfaz factible, que permite seguir con facilidad los pasos a tener en cuenta para obtener el resultado deseado.

3.2. Estructuración del Modelo Jerárquico.

Identificación del Problema.

En el caso de la investigación, el problema a resolver sería, identificar cuáles son las funcionalidades que le aportan un mayor valor al cliente y al grupo de trabajo en el menor tiempo posible.

Definición del Objetivo.

El objetivo que se persigue con la aplicación del método AHP, es listar las funcionalidades del sistema atendiendo a su nivel de criticidad, para comenzar a implementar el proyecto y obtener una ordenación jerárquica de los mismos.

Identificación de Criterios.

Para identificar los criterios, se tomó el resultado arrojado por la consulta a expertos de los proyectos productivos del CEDIN, esta decisión tiene como propósito estandarizar los criterios más importantes a tener en cuenta para priorizar las funcionalidades. El

Capítulo 3: Evaluación del modelo propuesto

primero se refiere a la naturaleza y cantidad de relaciones que se establece entre una funcionalidad y otra. El segundo a la importancia que le atribuye el cliente a la funcionalidad, y el tercero permite estimar el esfuerzo de implementación de la funcionalidad.

Criterios	
A	Dependencia
B	Prioridad por cliente
C	Complejidad

Tabla 5: Criterios seleccionados para evaluar funcionalidades en la LPS de SCADA.

Identificación de Alternativas.

Las alternativas seleccionadas corresponden al módulo HMI del proyecto Configurador SCADA, perteneciente a la LPS de SCADA y en el que se le aplicará la evaluación del método. En la que se tomó como muestra las funcionalidades más críticas.

Funcionalidad	
Ítem	Denominación
RF1	El sistema debe gestionar el sumario de alarmas.
RF2	El sistema debe gestionar los tipos de alarmas.
RF3	El sistema debe permitir gestionar y manipular el nivel de severidad de las alarmas según su jerarquía.
RF4	El sistema debe permitir gestionar el grupo de alarmas que se encuentran dentro de la clasificación según el tipo de comportamiento.
RF5	El sistema debe posibilitar la representación de las alarmas en el sumario gráfico.
RF6	El Sistema debe garantizar el refrescamiento de los datos en las consolas.
RF7	El Sistema debe garantizar el refrescamiento de los datos históricos en las consolas.
RF8	El sistema debe notificar la detección de usuarios no autorizados.
RF9	El sistema debe permitir al Mantenedor seleccionar la condición de las alarmas.
RF10	El sistema debe brindar soporte a widgets.
RF11	El sistema debe permitir el reemplazo de widgets.
RF12	El sistema debe permitir la creación de nuevos despliegues en el proyecto.

Capítulo 3: Evaluación del modelo propuesto

RF13	El sistema debe proveer acciones para el manejo de objetos gráficos en el despliegue.
RF14	El sistema debe proveer una forma de Interacción de la Interfaz basada en ventanas.
RF15	El sistema debe proveer una interfaz de Editor de despliegues.
RF16	El sistema debe posibilitar la navegación entre los despliegues.
RF17	El sistema debe proveer un menú de despliegue para la navegación desde cualquier despliegue.
RF18	El sistema debe visualizar el despliegue de alarmas sin interferir en la visualización de los demás despliegues.
RF19	El sistema debe visualizar las alarmas por colores dependiendo del valor de los atributos asociados.

Tabla 6: Alternativas seleccionadas del Módulo HMI.

3.3. Selección de la Medida.

En los proyectos del CEDIN se manejan muchas funcionalidades, por lo que resulta impracticable la medida relativa entre las alternativas (requisitos), pues la cantidad de comparaciones desborda el proceso.

Como se aplicará la medida absoluta, es necesario establecer como estándar una escala donde cada criterio se ha escalonado en cinco niveles de riesgo, con valores del 1 al 9, donde el valor de 1=Muy Bajo, 3=Bajo, 5=Medio, 7=Alto y 9=Muy Alto, 2,4,6,8 son valores intermedios entre juicios adyacentes. Esta escala es utilizada para evaluar el impacto de cada uno de los criterios respecto a una funcionalidad. A continuación se declaran las normas a tener en cuenta para expresar los juicios.

Dependencia.

- Es medible en cuanto a la cantidad de funcionalidades que dependan de la funcionalidad a evaluar y la importancia que estos posean para el grupo de trabajo.

Prioridad por cliente.

- Medible en cuanto al tipo que cliente que solicita la funcionalidad y en cuanto la importancia que este le otorga.

Complejidad.

- Se toman en cuenta varios atributos, como el nivel de experiencia del equipo de trabajo en las tecnologías y herramientas a utilizar, cantidad y calidad de la documentación disponible, soporte que tienen en la comunidad de software libre, si existen o no estas herramientas que minimicen el esfuerzo de implementación.

- Por reutilización.

Alta: Si no se reutilizan elementos, la funcionalidad se codifica por completo por un programador.

Media: Si se reutilizan elementos donde es necesario ajustar la codificación antes de la generación de la implementación.

Baja: Si solo sólo es necesario realizar pequeños ajustes.

- Por Número de transacciones.

Alta: Si el esfuerzo de implementación, de un número elevado de procedimientos reflejados en una transacción contiene más de 8 transacciones.

Media: Si contiene de 5 a 8 transacciones medias.

Baja: de 1 a 4 transacciones.

3.4. Evaluación del Modelo.

En la siguiente Figura se muestra el juicio emitido por el experto perteneciente al proyecto en cuestión, respecto a los criterios que se encuentran en la siguiente matriz de comparación.

Capítulo 3: Evaluación del modelo propuesto

Matriz de Comparación

	Dependencia	Prioridad por Cliente	Complejidad
Dependencia	1	0.33	0.5
Prioridad por Cliente	3	1	3
Complejidad	2	0.333333	1

Calcular

Figura 3: Matriz de Comparación.

Una vez realizados los cálculos se muestra la Priorización de 0 a 1 obtenida en cuanto al peso o importancia relativa de los criterios.

	Criterios	Pesos
1	Prioridad	0.590127
2	Complejidad	0.251427
3	Dependencia	0.158446

Figura 4: Priorización de los Criterios.

En la siguiente Figura se muestra los pesos obtenidos de cada criterio, expresados en porcentaje.

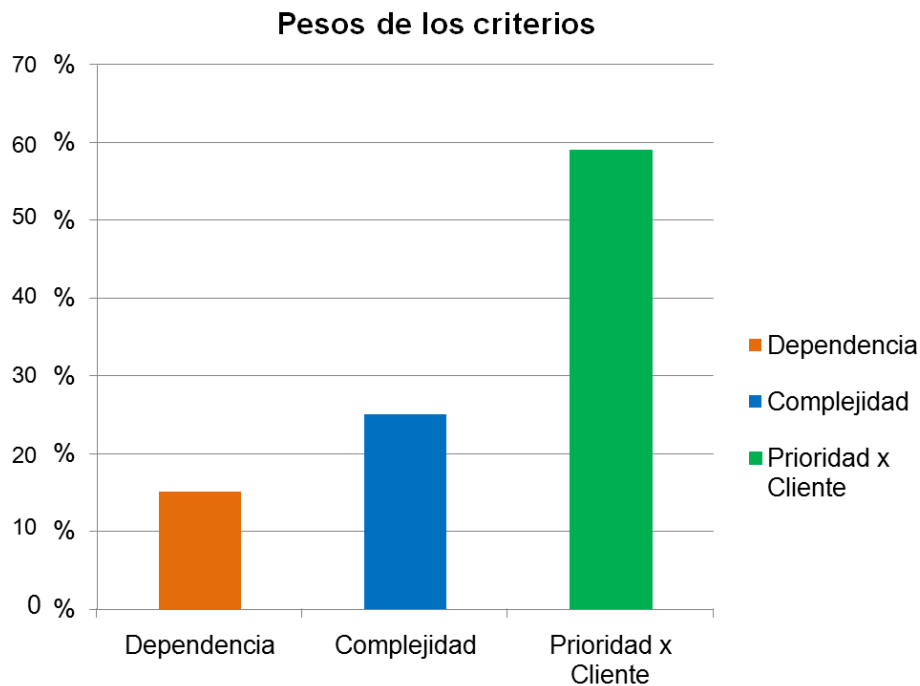


Figura 5: Pesos de los criterios.

Una vez realizados los cálculos se obtiene la inconsistencia de los juicios del experto (Razón de Inconsistencia).



Figura 6: Razón de Inconsistencia.

Una vez comprobada que la Razón de Inconsistencia es menor que 0.10, valor de inconsistencia máximo que propone Saaty, se puede continuar con el proceso. De lo contrario se recomienda revisar los juicios nuevamente.

Se procede a comparar cada una de las funcionalidades con la escala propuesta, valorando cada criterio según los escalonamientos establecidos y posteriormente se realiza el cálculo de la criticidad dependiendo de la valoración realizada.

3.4.1. Priorización de las funcionalidades atendiendo a su criticidad.

	Funcionalidad	Dependencia	Prioridad	Complejidad	Criticidad
1	RF1	7	9	7	90.8917
2	RF2	5	7	6	71.4631
3	RF3	6	7	6	73.2236
4	RF4	5	7	6	71.4631
5	RF5	6	7	6	73.2236
6	RF6	5	8	7	80.8137
7	RF7	7	8	7	84.3347
8	RF8	6	7	6	73.2236
9	RF9	5	7	6	71.4631
10	RF10	5	7	6	71.4631
11	RF11	5	7	6	71.4631
9	RF9	5	7	6	71.4631
10	RF10	5	7	6	71.4631
11	RF11	5	7	6	71.4631
12	RF12	6	7	6	73.2236
13	RF13	6	7	6	73.2236
14	RF14	5	7	6	71.4631
15	RF15	6	8	7	82.5742
16	RF16	5	7	6	71.4631
17	RF17	6	7	6	73.2236
18	RF18	6	8	7	82.5742
19	RF19	7	8	7	84.3347

Figura 7: Evaluación de las funcionalidades atendiendo a su criticidad.

3.5. Resultado Final.

Ordenamiento de las Funcionalidades.

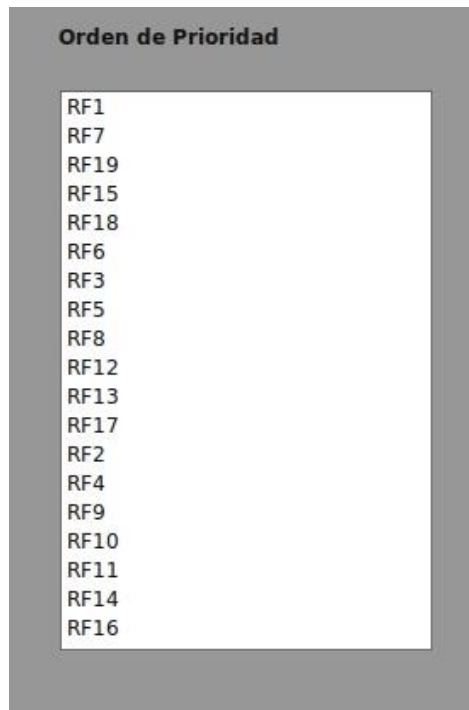


Figura 8: Orden de Prioridad.

3.6. Conclusiones Parciales.

Fue aplicado el método al módulo HMI del proyecto Aguas Santiago obteniéndose un resultado favorable, los analistas se apoyaron en el método propuesto, lográndose priorizar los requisitos con mayor eficiencia que cuando se realizaba de manera empírica, pues se redujo el riesgo de equivocación, que puede causar daños que perjudican el trabajo del proyecto. Además, se logró dar respuesta a la demanda de un cliente en menor tiempo.

Conclusiones Generales.

La priorización de requisitos es un proceso crítico para la selección del orden en que se van a implementar las funcionalidades del demo a construir.

Se propuso un método para la priorización de requisitos en la Línea de productos de Software SCADA, teniendo en cuenta las características de la misma, obteniéndose un procedimiento estándar para determinar los requisitos más importantes del sistema.

La aplicación del método al proyecto Configurador SCADA del Centro significó una reducción de los riesgos durante el proceso de priorización de requisitos.

El demo demostrativo desarrollado constituye una automatización del proceso de priorización de requisitos utilizando el método propuesto y resulta un apoyo al trabajo de los analistas y arquitectos del Centro.

Recomendaciones

Se recomienda:

Aplicar el método a los nuevos proyectos de la LPS SCADA, que se inicien en el Centro.

Desarrollar una herramienta para automatizar el proceso de priorización de requisitos para que sea utilizado por los analistas y arquitectos del Centro.

Referencias Bibliográficas

- [1] Carreón Suárez del Real María Cristina, CSRMC, Construcción de un catálogo de patrones de requisitos funcionales para ERP. 2008.
- [2] Martínez Carod Nadina, MCN. Priorización de Requerimientos de Software utilizando una estrategia cognitiva. Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires. 1400. Neuquén. Argentina.
- [3] Reyes Bermúdez Enrique, RBE. Sistema de autenticación para el módulo Seguridad del proyecto Guardián del ALBA.UCI. Ciudad de La Habana. 2009
- [4] Lozano Castro de Carlos, LCC, Morales Romero Cristóbal, MRC. Introducción a SCADA.
- [5] Goiuría Sagardui, GS. Ingeniería del software. 2009.
- [6] Grajales Gilberto, GG. Líneas de Productos de Software. 2009. páginas 96.
- [7] Landazuri Mcdonald A. Bárbara, LMAB. Definición de Perfiles en Herramientas de Gestión de Requisito. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid. España. 2005.
- [8] Durán Toro Amador, DTA. Un entorno Metodológico de Ingeniería de Requisitos para Sistemas de Información. 2000.
- [9] Torres de Paz Rosa María, TPRM. El proceso de Ingeniería de Requisitos en el ciclo global del software.
- [10] Pérez Teruel Karina, PTK. Modelo de Referencia para la Ingeniería de Requisitos en Proyectos de Bioinformática. 2007.
- [11] Puello Plinio, PP, García Fabio, GF. GERESOFT – Gestión de la Verificación y Validación de Requisitos.
- [12] Leffingwell, D., Widrig, D. Managing Software Requirements: A Use Case Approach. 2 ed. New Jersey: Addison Wesley Longman. 2000. pp. 15-17.
- [13] Guía Práctica de Gestión de Requisitos. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación. 2008.
- [14] Kariné Ramos Blanco¹, KRB, Aracelis Reina Betancourt Cruz, ARBC, Anielis Rodríguez Sotolongo, ARS, Ludisley La Torre Hernández, LLTH, Kenia Fernández Parra, KFP, Maidileydys Castellano Baez, MCB, Sasha Valdés Jiménez, SVJ, Maikel Yelandi Leyva Vázquez, MYLV. Proceso para la Administración de Requisitos en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Referencias Bibliográficas

- [15] Robin Alberto Castro Gil, RACG, Liliana Franco Marulanda, LFM. Capability Maturity Model Integration. Modelo integrado de madurez de la capacidad. Administración de los requerimientos [REQM].
- [16] Karlsson, J. & Ryan, K. (1997). A Cost-Value Approach for Prioritizing
- [17] Disponible en: http://www.mindtools.com/pages/article/newHTE_92.htm
- [18] Wieggers Karl E, WKE, Ffirst Things First: Prioritizing Requirements.
- [19] Disponible en: http://www.qfdlat.com/Herramientas_QFD/herramientas_qfd.html
- [20] Maurtua Ollaguez Diego Edher, MODE. Criterios de Selección de Personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods S.A.C. 2006.
- [21] Profesora: Concepción Cortés Rodríguez, CCR, Métodos Multicriterio Discretos (II). Técnicas de decisión multicriterio, Dpto. Economía General y Estadística. Unidad Docente de Estadística y Econometría. Universidad de Huelva, 2005-2006.
- [22] Ruth Maritza Ávila Mogollón, RMAM, El AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) y su aplicación para determinar los usos de las tierras, el caso de Brasil, Proyecto regional "INFORMACIÓN SOBRE TIERRAS Y AGUAS PARA UN DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE". Santiago Chile. diciembre 2000.
- [23] Barraza Macías Arturo, BMA. La Consulta a expertos como estrategia para la recolección de evidencias de validez basadas en el contenido.
- [24] Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis/2008/dfr/metodo%20Delphi.htm>
- [25] Bravo Estévez María de Lourdes, BEML, Arrieta Gallastegui José Joaquín, AGJJ. El Método Delphy. Su implementación en la estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas.
- [26] Alemany Garrido Salvador, AGS. Introducción a Qt. Programación gráfica en C++ con Qt4. 2009.

Bibliografías

Wiegers Karl E, WKE, Ffirst Things First: Prioritizing Requirements.

Disponible: http://www.mindtools.com/pages/article/newHTE_92.htm.

Clayton Vieira Fraga Filho, CVFF, José Maurício dos Reis, JMR, Controla: Herramienta de apoyo al proceso de desarrollo de software en las pequeñas compañías. Revista Ingeniería Informática. Edición 12. Abril 2006.

Bárbara A. Mcdonald Landazuri, BAML, Edmundo Tovar Caro, ETC. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid. Definición de Perfiles en Herramientas de Gestión de Requisitos. Septiembre de 2005.

Puello Plinio, PP, García Fabio, GF, GERESOFT – Gestión de la Verificación y Validación de Requisitos.

Jornadas sobre las necesidades de los usuarios, como base para la obtención de software de calidad. Universidad-Empresa. Gestión de Requisitos: hacia la mejora de la calidad y la productividad en proyectos software. Almería. 4 de febrero de 2005.

Pedro Francisco Ruiz Huete, PFRH. Análisis de criticidad de los equipos de un hospital aplicando el método AHP. Máster “Experto Universitario en Mantenimiento de Medios e Instalaciones Industriales”. Escuela Universitaria Politécnica (Universidad de Sevilla). Curso 2007-2008.

Ruth Maritza Ávila Mogollón, RMAM, EI AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) y su aplicación para determinar los usos de las tierras, el caso de Brasil. Proyecto regional "Información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible". Santiago. Chile. diciembre 2000.

Anexos

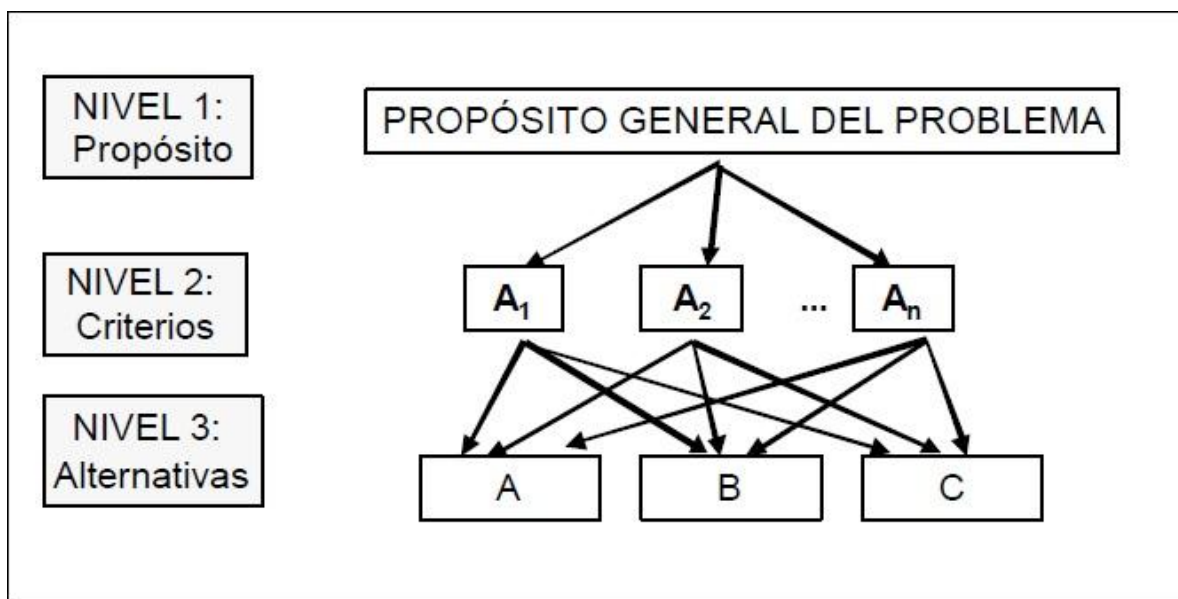
Anexos

1.

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1.0	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma.
3.0	Moderada importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio favorecen a un elemento por sobre el otro.
5.0	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7.0	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9.0	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2.0,4.0,6.0,8.0	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (por ejemplo 5.2 es una entrada válida).	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

Escala de Saaty (Matemático de la Universidad de Pennsylvania, creador del AHP)

2. Modelo de Jerarquía.



3.

Entrevista para obtener información acerca de cómo se realiza el proceso de priorización de requisitos en diferentes proyectos de la UCI.

Datos del Encuestado

Nombre y Apellidos: _____

Ocupación Laboral: _____

Rol del proyecto: _____

Facultad: _____

Nombre del proyecto: _____

Cuestionario

1- ¿En el proyecto se utiliza algún método para la priorización de requisitos?

___ Si ___ No ___ No se.

En caso negativo: ¿Cómo se realiza la priorización?

En caso positivo: ¿Puede decir el nombre del método? _____

1.1- ¿De qué depende este método para su funcionamiento? _____

2 - ¿Han investigado o probado otro tipo de métodos? ___ Si ___ No

Anexos

En caso positivo: ¿Puede decir el nombre? _____

En caso positivo: ¿Por qué no fueron aprobados?

2.1- ¿Poseen alguna documentación que sirva como referencia?

2.2- ¿Qué resultado ha tenido este método?

2.3- ¿Ha sido aprobado y utilizado por otros proyectos?

4.

Entrevista para obtener información acerca de los criterios utilizados para evaluar funcionalidades en el proceso de priorización de requisitos en el proyecto SCADA

Datos del Encuestado

Nombre y Apellidos: _____

Ocupación Laboral: _____

Rol del proyecto: _____

Facultad: _____

Nombre del proyecto: _____

Cuestionario

1. ¿Qué criterios se tienen en cuenta a la hora de priorizar los requisitos?

2. ¿Cuál usted cree que es el más importante?

3. Para priorizar requisitos que variables necesitan tener en cuenta.

__ Dependencia del requisito __ Frecuencia

Anexos

__ Estabilidad

__ Complejidad

__ Nivel de importancia de la funcionalidad requerida.

4. Propone alguna otra variable a tener en cuenta para priorizar los requisitos.

5. ¿Cree que es necesario un modelo para la priorización de los requisitos?

6. Qué importancia le atribuye a la priorización de los requisitos.
