

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3



**Propuesta de escenarios arquitectónicos y atributos de calidad para la
evaluación arquitectónica del sistema Cedrux.**

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

Autor(es): Yisét Milán González

Tutor(a): Ing. Larisa González Alvarez

La Habana, 2011.

“Año 53 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Centro CEIGE de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

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

Firma del autor

Yisét Milán González

Firma del tutor

Larisa González Alvarez

Agradecimientos

A mis padres por estar siempre ahí pendiente de mí, por las preocupaciones y por brindarme su apoyo incondicional.

A Fidel y Henedina, por quererme como un hijo, y tratarme como tal.

A mi hermano Yusniel, por su incondicionalidad, y valentía.

A mi ángel, la persona que ilumina mis pasos, Oslaida, por tus muestras inagotables de amor y paciencia, y por abrazar mis problemas como si fueran tuyos.

A Hermis, por su apoyo y cariño, por la preocupación.

A mi tutora por su apoyo incondicional, por las miles de atenciones que tuvo conmigo, y por las enseñanzas que me inculcó.

A los amigos que siempre fueron sinceros, Mandy, Erién, Damián, Cartaya, Luis Ángel, que estuvieron ahí para lo que necesitara.

A Reyneldis, amigo incondicional, de momentos extremadamente malos, y momentos buenos.

A Yiset Hulacia y a Mercedes, por su cariño.

A mis profesores de la primaria que siempre están pendientes de mí.

A Michel y Alain, Loan, profesores, amigos y excelentes personas.

A todos mis amigos del IPI.

A la UCI y los amigos que hice en ella.

A la familia de mi novia, que han sido excelentes conmigo.

A la persona que siempre estuvo ahí y me apoyó cuando todo el mundo dejó de hacerlo, a la persona que si confió, cuando ninguna otra persona cree, sencillamente mi Madre, muestra incansable de amor, resistencia y fe, que me dio de todo sin tener de nada, que me enseñó que a pesar de todo si podía lograrlo, a ti te debía este logro.

A mi papá Antonio y a la memoria de Silvio, por el orgullo que sienten de mí.

A mi hermano Yusniel, tú también estás en mi corazón.

A Oslaida, tú eres parte indiscutible de mí, a ti que con tu amor me iluminaste el camino y me ayudaste a cambiar mi forma de ser, a ti que ríes y lloras junto a mí.

RESUMEN

Durante el desarrollo del sistema de Cedrux, han surgido una serie de inconvenientes causados por la no evaluación arquitectónica, asociados al desconocimiento de ciertos elementos importantes dentro del proceso de evaluación y el insuficiente trabajo con los atributos de calidad. Estos inconvenientes influyen directamente en la calidad y aceptación que pueda tener el producto final.

Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo realizar una propuesta de escenarios arquitectónicos y atributos de calidad para apoyar el proceso de evaluación arquitectónica.

Para la elaboración de la propuesta se toma como población tres sistemas ERP representativos a nivel nacional y mundial: SAP, Versat, Assets NS. Tras el análisis de estos sistemas se determinaron los atributos de calidad y escenarios arquitectónicos que presentan. Sobre esta base se propone cuáles deben ser los atributos y escenarios, y sus respectivas prioridades, para Cedrux. Para esta propuesta se hizo uso de lo estipulado en la Norma ISO/IEC 9126, así como los métodos matemáticos de media Aritmética, Varianza y desviación Estándar.

Palabras Clave: Atributos de calidad, escenarios arquitectónicos, evaluación arquitectónica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
1.1. Nociones generales de Arquitectura de <i>software</i>	7
1.2. Calidad de <i>software</i> y arquitectura.....	8
1.2.1. Atributos de calidad	9
1.2.2. Modelos de calidad	10
1.3. Evaluación de arquitecturas de <i>software</i>	13
1.3.1. Técnicas de evaluación arquitectónica	16
1.3.2. Técnica de evaluación basada en escenarios.....	19
1.3.3. Priorización de atributos y escenarios	21
1.3.4. Métodos de evaluación de arquitecturas	22
1.4. Bases teóricas del Método de Expertos	24
1.4.1. Método Delphi	24
1.5. Análisis arquitectónico de los ERP	27
1.5.1. Consideraciones arquitectónicas.....	30
1.6. Conclusiones parciales.....	31
CAPÍTULO II: PROPUESTA DE ATRIBUTOS Y ESCENARIOS.....	32
2.1. Módulos básicos de los sistemas ERP	32
2.2. Análisis de calidad para sistemas ERP.....	33
2.2.1. Modelo de calidad	33
2.3. Propuesta de atributos y escenarios	41
2.3.1. Propuesta para subsistemas.....	41
2.3.2. Propuesta general para el sistema	50
2.4. Conclusiones parciales.....	56
CAPÍTULO III: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	57
3.1. Proceso de validación de la propuesta	57
3.2. Análisis de los resultados.....	57
3.3. Conclusiones parciales.....	61
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
GLOSARIO	68
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre las propiedades de calidad del producto y los atributos de calidad de alto nivel (Camacho, et al., 2004).....	11
Tabla 2. Coeficiente de conocimiento del experto.	26
Tabla 3. Coeficiente de demostración.....	26
Tabla 4. Clasificación de los módulos de los sistemas de la población y Cedrux en contraste con la clasificación de (Carreón, 2008)	32
Tabla 5. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema SAP.	34
Tabla 6. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema Versat Sarasola.	37
Tabla 7. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema Assets NS.....	39
Tabla 8. Atributos de calidad identificados en los sistemas ERP estudiados.	40
Tabla 9. Datos para el atributo de Funcionalidad.	42
Tabla 10. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Recursos Humanos.	43
Tabla 11. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Contabilidad Gral.	45
Tabla 12. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Activos Fijos.	46
Tabla 13. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Inventario.....	48
Tabla 14. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Ventas.	49
Tabla 15. Valores generales de la priorización de los atributos.....	54
Tabla 16. Concordancia de los expertos.....	58
Tabla 17. Frecuencia absoluta	59
Tabla 18. Frecuencia absoluta acumulada	59
Tabla 19. Frecuencia relativa acumulada	60
Tabla 20. Frecuencia relativa acumulada	60
Tabla 21. Grado de adecuación de cada criterio a la opinión de los expertos.	61

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual el desarrollo de *software* ha alcanzado un peso fundamental en el progreso de un país, entidad o área determinada. El auge que ha tomado este proceso está vinculado a todos los sectores de la sociedad y el sector económico también se ve beneficiado con ello. Hoy en día no se concibe una empresa que no utilice los Sistemas Integrales de Gestión (SIGE) para la organización de sus procesos de forma óptima.

Los SIGE representan un cuantioso ahorro de recursos humanos y materiales, entre ellos se encuentran los sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP¹, del inglés), caracterizados por:

1. Contar con un elevado número de funcionalidades.
2. Estar orientados a procesos de negocios.
3. Poseer un alto grado de abstracción.
4. Ser adaptables.
5. Modulares.

Un sistema ERP es una solución informática general que permite a las empresas evaluar, implementar, automatizar y gestionar de forma eficiente las diferentes operaciones presentadas. Puede ser usado por todo tipo de empresas, pero se requiere de una adaptación según las circunstancias y tipo de organización que poseen cada una de ellas. (Vera, 2006)

Estos sistemas, contribuyen a alcanzar elevados niveles de productividad y minimizan el tiempo para realizar y analizar informes. Su fácil adaptabilidad al marco de trabajo de cada empresa y su integración, permiten lograr un aumento de la calidad y perfección de la gestión integral de las mismas en cualquier parte del mundo.

Debido a las facilidades y ventajas que los sistemas ERP ofrecen para la correcta organización de los procesos empresariales, en el mercado mundial se han posicionado varias soluciones informáticas de este tipo, trayendo consigo una competencia entre ellos, basada independientemente de lo funcional, en cualidades del *software*, tales como: rendimiento, seguridad, escalabilidad, usabilidad, entre otros.

Uno de los pilares fundamentales para alcanzar un producto final con la calidad requerida es definir una sólida línea base de arquitectura de *software*, según se cita en (Valdespino, et al., 2009):

¹ Enterprise Resources Planning

- ✓ La arquitectura de *software* puede considerarse como el “puente” entre los requisitos del sistema y la implementación.
- ✓ La arquitectura constituye un artefacto de la actividad de diseño que servirá de medio de comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo, los clientes y usuarios finales, debido a que contempla los aspectos que interesan a cada uno.
- ✓ La arquitectura de *software*, tiene que ver con el diseño y la implementación de estructuras de *software* de alto nivel. Es el resultado de ensamblar un cierto número de elementos arquitectónicos de forma adecuada para satisfacer la mayor funcionalidad y requisitos de desempeño de un sistema, así como requisitos no funcionales.

Por tanto, es necesario prestar especial atención al momento de estructurar y diseñar un sistema de *software*, ya que este proceso permite definir la línea base del sistema, y establece cuáles serán los niveles de calidad asociados al producto final.

Cuando se trata de garantizar calidad en una etapa temprana y evitar errores costosos, un punto de partida importante es la arquitectura del *software* y dentro de ella como buena práctica de ingeniería se encuentra el proceso de realizar evaluaciones. Si las decisiones que se tomen sobre el diseño realizado determinan el cumplimiento de la calidad del sistema; es necesario evaluar las decisiones de tipo arquitectónico respecto al impacto que causarán sobre las características de calidad.

Un *software* tan complejo como un ERP, según (Cabral, et al., 2005), posee una arquitectura que facilita el flujo entre todas las actividades de la empresa y constituye un amplio sistema de soluciones e información; es decir, son soluciones que se espera sean robustas para que puedan integrar todos los procesos empresariales de manera eficiente, puedan manejar grandes volúmenes de información y tener la capacidad de adaptarse a cualquier empresa. Sobre la base de esto se busca, a la hora de concebir un *software* como este y tomar decisiones desde el punto de vista arquitectónico y de diseño, que el sistema cumpla con una serie de elementos, no solo desde el punto de vista funcional, sino también que pueda llegar a brindar seguridad, buena usabilidad, una interfaz amigable y flexible, por solo citar algunos. Estas cualidades permiten distinguir a un sistema ERP, ya que en términos de competencia y mercado, estos factores pueden llegar a ser determinantes.

Paolo Juvara, quien fuera Director General de OpenBravo, un sistema ERP que se mantiene en la cima del mercado por sus prestaciones y calidad en el servicio que brinda, hacía alusión a que “(...) Los sistemas ERP tradicionales consumen nada menos que un 18% de los ingresos de las grandes empresas,

y el enfoque de que “un mismo sistema es válido para todos” a menudo deriva en cuantiosos desembolsos en adaptaciones, licencias de *software* y en contratos de mantenimiento elevados. El actual panorama de los sistemas ERP resulta desalentador para cientos de miles de pequeñas empresas que pueden ayudar a revitalizar la economía global, pero están atrapadas en aplicaciones de *software* demasiado caras e inflexibles para sus necesidades”.

Por el alto precio de estos sistemas, y debido a que Cuba se encuentra inmersa en un proceso dirigido a buscar vías para un mejor desarrollo económico del país, se hace necesario que en el sector empresarial se logre un máximo de eficiencia productiva. En Cuba se está implementando el proceso de perfeccionamiento empresarial, dentro del cual se inserta el desarrollo de un sistema integrado para la gestión de los procesos empresariales. Este *software*, denominado Cedrux, se está desarrollando en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Actualmente se persigue que la solución arquitectónica de Cedrux equilibre los factores de calidad y que esto tribute a la obtención de un sistema con las normas de calidad requeridas para satisfacer las exigencias del cliente. Para garantizarlo es necesario, por parte de los arquitectos, organizar los procesos de diseño de la arquitectura y realizar un análisis de la misma para mitigar riesgos, para que el producto final no solo tenga impacto en el ámbito nacional, sino que cumpla con lo necesario para posicionarlo en el mercado mundial.

Sobre las bases de la organización y dinámica del proyecto Cedrux, así como a sus características estructurales, se necesita establecer técnicas y métodos de evaluación de arquitectura de *software*. El proceso de evaluación se hace necesario en este ERP, por el impacto económico y la responsabilidad de crear un sistema que se espera sea una vía para impulsar el desarrollo económico del país, por lo se hace necesario para el desarrollo de la investigación sentar bases tomando como punto de partida las experiencias de sistemas de este tipo, que de una manera u otra se consideran exitosos.

Durante el proceso de desarrollo del producto, el equipo de trabajo en general se ha percatado de ciertos factores que afectan de forma directa el avance del proyecto. Estos factores constituyen puntos débiles que quedaron del proceso de diseño y que tienen que ver con la calidad de la arquitectura resultante del proceso de construcción. Esto se manifiesta mediante una encuesta realizada (Ver Anexo 1) a 9 arquitectos del sistema de los cuales el 22.22% tiene 1 año de experiencia en el rol, el 66.6% 2 años de experiencia, y el 11.11% con 3 años de experiencia.

Las deficiencias identificadas en la encuesta se encuentran principalmente en que:

1. No se brinda especial atención al levantamiento de los requisitos no funcionales, y de esta forma se afecta directamente los atributos de calidad.
2. No se encuentra generalizado el uso de técnicas de evaluación, ya que el 88.89% no las utiliza y solo el 11.11% es consecuente con su utilización.
3. No se tiene un procedimiento definido para priorizar atributos de calidad, ya que el 22.22% prioriza sobre la bases de los requisitos no funcionales, el 44.44% lo hace basado en lluvia de ideas, 44.44% se basa en experiencia de desarrollos anteriores y el 33.33% de forma intuitiva. En este caso es preciso aclarar que los por cientos brindados no son exhaustivos ni excluyentes.
4. El equipo de arquitectos está más familiarizado con la utilización de la técnica de escenarios ya que el 33.33%, como cifra de mayor coincidencia, asignó a esta técnica en la encuesta un mayor valor de familiarización.
5. No se conoce, por parte de los involucrados en la evaluación, en qué momento es más factible realizarla y qué evaluar, debido a que el 25% de los entrevistados evalúa en la etapa de implementación y el 75% restante no realiza evaluaciones.

Debido a la fusión de estos factores en el avance del proceso de desarrollo, se han generado inconvenientes como son:

- ✓ En algunos casos, partes del producto presentan atrasos en el desarrollo y entrega, debido a que no se logran los niveles mínimos de calidad requeridos, afectando así la funcionalidad de la aplicación.
- ✓ Durante el proceso de implementación, las formas de localización y corrección de los errores en las decisiones arquitectónicas tomadas se hacen complejas y se le asignan tareas en exceso a los programadores.

Todo esto se debe en gran medida, a que el equipo de arquitectos no cuenta con un proceso lo suficientemente definido, especificado y estructurado que apoye su labor en la construcción y evaluación de la arquitectura.

Por tales motivos se precisa la manera de garantizar una mejora considerable en la labor desempeñada por el equipo de arquitectos, proporcionando mecanismos que den solución a los problemas existentes y ayuden a la toma de decisiones acertada.

Por lo antes expuesto, el **problema a resolver** es el siguiente: ¿Cómo organizar la evaluación arquitectónica de ERP de manera que tribute a la obtención de las cualidades deseadas del producto?

Para dar solución al problema antes expuesto se ubica el **objeto de estudio** en la arquitectura de *software*.

Se define como campo **de acción** el proceso de evaluación de arquitectura de *software*.

Determinando como **idea a defender** la siguiente: Con la elaboración de una propuesta donde se definan los atributos de calidad y los escenarios arquitectónicos para la evaluación de la arquitectura de los SERP, se tributará a la obtención de las cualidades deseadas del producto.

Planteándose el siguiente **objetivo general**: Definir los atributos de calidad y los escenarios arquitectónicos involucrados en un modelo de evaluación para arquitecturas de sistemas de planificación de recursos empresariales, de manera que se tribute a la obtención de las cualidades deseadas del producto.

Para el logro del objetivo general de la investigación se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar el marco teórico de la investigación.
2. Definir los atributos de calidad y los escenarios arquitectónicos.
3. Aplicar la propuesta de escenarios y atributos al sistema Cedrux.
4. Validar la propuesta.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos, se plantean las siguientes **tareas de investigación**:

- ✓ Síntesis del estudio del estado del arte en materia de evaluación de arquitectura de *software* y su impacto en el desarrollo de sistemas de planificación de recursos empresariales.
- ✓ Realizar el procesamiento y evaluación la información obtenida de la investigación del tema y adoptar una posición.
- ✓ Determinación de los atributos de calidad y escenarios arquitectónicos que deben contemplarse en la evaluación arquitectónica de sistemas de planificación de recursos empresariales.
- ✓ Definición de la forma de priorización de atributos y escenarios arquitectónicos.
- ✓ Elaboración de una propuesta formal de escenarios y atributos, con sus respectivas priorizaciones, para Cedrux.
- ✓ Realización de la validación de la propuesta mediante el método experto.

A continuación se relacionan los métodos científicos utilizados en la investigación:

Métodos Teóricos

1. **Histórico-Lógico:** Utilizado para lograr obtener los fundamentos de la arquitectura de *software* y la evaluación de la misma, su comportamiento histórico y la tendencia que tiene hoy en día.
2. **Analítico-Sintético:** Utilizado a la hora de fragmentar la información disponible, buscar la relación entre todos los componentes de esta información y finalmente llegar a un resultado final y emitir criterios.
3. **Sistémico:** Utilizado para determinar algunos elementos de la arquitectura, técnicas de evaluación y su relación.

Métodos Empíricos

1. **Experimentación:** Utilizado para darle validez a la propuesta de evaluación, mediante pruebas, entrevistas, cuestionarios.

La presente investigación consta de 3 capítulos:

Capítulo I: Fundamentación teórica: Definición del marco teórico de la investigación. Realización de un estudio del estado del arte referente a la evaluación de la arquitectura de *software*, abordando temas y conceptos a desarrollar y/o emplear en el transcurso de la investigación, como son: arquitectura de *software* y sus métodos de evaluación, modelos y atributos² de calidad del producto de *software*. El capítulo se centra en el estudio de la técnica de evaluación basada en escenarios, así como el estudio de las arquitecturas presentes en los sistemas ERP, y los atributos que priorizan cada uno de estos sistemas.

Capítulo II: Propuesta de solución: En el capítulo se realizan investigaciones enfocadas al análisis de los indicadores presentes en los sistemas ERP. Se lleva a cabo un estudio correspondiente al análisis de la calidad en este tipo de sistemas, se propone una forma de priorizar los atributos en el proceso de diseño de la arquitectura, además de una serie de escenarios tipos para evaluar la misma, en aras de lograr un producto final con la calidad requerida.

Capítulo III: Validación de la Propuesta: Este capítulo presenta los resultados obtenidos luego de la aplicación del método de expertos para validar la propuesta para el equipo de arquitectos de Cedrux, utilizando para esto el método Delphi. También muestra los criterios de expertos sobre la validez de la propuesta y su puesta en práctica.

² También conocidos en varias bibliografías como factores, propiedades u objetivos.

Capítulo I: Fundamentación teórica

En este capítulo se abordan los conceptos fundamentales de la arquitectura de *software*, se hace referencia al proceso de evaluación de arquitecturas de *software*, así como los involucrados en este proceso. También se enmarca en las tendencias actuales que existen acerca de la evaluación arquitectónica y su impacto a la hora de lograr un producto con la calidad requerida, haciendo énfasis en los modelos de calidad, sus conceptos fundamentales y el peso que tienen para determinar qué se va a evaluar, auxiliándose de técnicas y métodos de evaluación basados en escenarios. Tratando como punto de referencia la importancia de los atributos de calidad para la aceptación del producto final.

1.1. Nociones generales de Arquitectura de *software*

A la hora de profundizar en una rama de conocimientos determinada es imprescindible sentar las bases teóricas, para conocer de manera general todos los conceptos y elementos que giran en torno al tema que va a ser analizado. El proceso de evaluación arquitectónica como elemento que forma parte de la arquitectura de *software*, no está exento de lo que se menciona anteriormente. Debido a que esta define la estructura de los componentes de un programa o sistema, sus relaciones, los principios y pautas que gobiernan su plan y evolución con el tiempo.

Según lo que plantea (Kazman, et al., 2005), se puede definir como la primera fase en creación del *software* en que pueden dirigirse los requisitos de calidad y manifiesta las decisiones que se tomarán en las fases más tempranas del período de creación de un sistema. Estas decisiones tendrán su impacto respecto al sistema que está siendo desarrollado, su despliegue y su mantenimiento. También es el punto más temprano en que pueden analizarse decisiones del plan que gobiernan el sistema a ser construido.

(Kazman, et al., 2005) definen la arquitectura como la base de todo sistema y es el proceso que delimita los recursos para hacerlo y cómo se hará. Para lo que se necesita en cierta medida que el *software* cumpla con una serie de características que influyen en su calidad como los atributos de calidad de los requisitos no funcionales.

Se puede apreciar que la arquitectura se define como la fase donde se establecerán los medios, procesos y elementos que regirán el proceso de desarrollo y que influirán en cierta medida en que sea lo más óptimo, también se enfatizará en prever posibles errores que puedan atentar contra la calidad del producto final.

Por su parte (Hofmeister, et al., 2006), plantean que la arquitectura de *software* puede considerarse entonces como el “puente” entre los requisitos del sistema y la implementación.

En la presente investigación se toma como referencia la conceptualización de arquitectura del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE por sus siglas en inglés), que la define como la estructura del sistema, vista como la interacción de componentes y relaciones entre ellos, el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución.

Contar con un sólido diseño arquitectónico que sea capaz de respaldar los requisitos funcionales y no funcionales del *software*, pero que además permita un uso correcto de los recursos disponibles, que identifique los componentes que puedan llegar a ser reutilizables, que agilice en gran medida la construcción del sistema, incide de forma directa en la calidad del producto.

Esto pudiera lograrse con la definición de un diseño arquitectónico como el mencionado anteriormente, para lo cual los responsables de la arquitectura se deben auxiliar de un proceso de evaluación que certifique y ofrezca resultados acerca de la capacidad del diseño arquitectónico encargado de cumplir con todas sus funciones dentro del proceso de desarrollo.

En (Vigil, 2009) se plantea que garantizar la calidad del sistema depende en gran medida de garantizar calidad en la arquitectura y un elemento fundamental para lograr tal objetivo es realizar el proceso de evaluación arquitectónica.

Más adelante y como ejemplo de lo anterior el autor define que para alcanzar un atributo de calidad específico, es necesario tomar decisiones de diseño arquitectónico que requieren un pequeño conocimiento de funcionalidad. Se establece que al considerar una decisión de arquitectura de *software*, el arquitecto se pregunta cuál será el impacto de esta sobre ciertos atributos y sobre el sistema en general.

Por ello todo el proceso de concepción y diseño de la arquitectura incide de manera directa en la calidad de un sistema de *software*.

1.2. Calidad de *software* y arquitectura

Los niveles de calidad requeridos, deben tenerse en cuenta desde el primer momento en que se concibe un sistema y todo lo que no se realice de manera eficaz va a incidir en algún momento en la calidad del producto. Resulta indispensable a la hora de lograr calidad en el *software*, concebir un sistema realmente eficiente, que sea capaz de brindar la funcionalidad que se espera, esto básicamente es diseñar de forma adecuada la arquitectura del sistema.

1.2.1. Atributos de calidad

(Barbacci, et al., 1995) plantean que la calidad de *software* se define como el grado en el cual el *software* posee una combinación deseada de atributos. (Kazman, et al., 2001) plantean que tales atributos son requisitos adicionales del sistema, y que referencian características que este debe satisfacer, diferentes a los requisitos funcionales. Estos factores o atributos se conocen con el nombre de atributos de calidad. A grandes rasgos, (Bass, et al., 1998) establecen una clasificación de los atributos de calidad en dos categorías:

- ✓ *Observables vía ejecución:* Atributos que se determinan del comportamiento del sistema en tiempo de ejecución.
- ✓ *No observables vía ejecución:* Atributos que se establecen durante el desarrollo del sistema.

Realizar adecuadamente una identificación de la importancia de atributos de calidad, tanto de los observables, como no observables propiciará un correcto desempeño del sistema respecto a temas de calidad, a la vez de dotar al producto con ciertas características, que determinarán en parte el grado de aceptación del mismo, siendo estos atributos independientes de los requisitos funcionales.

Existen atributos que para realizar su caracterización o medición, no es necesario esperar a la implementación, ya que desde el primer momento que se concibe el sistema a desarrollar, se puede ir pensando en ellos, es decir, tener una idea de cómo se realizará el trabajo relacionado con estos, en base a priorizarlos y a la hora de tener presente su impacto sobre el producto.

Durante el proceso de desarrollo se hace necesario predecir la confiabilidad que tendrá el sistema de *software* a desarrollar, dada la relación tan estrecha existente entre la arquitectura de *software* y los atributos de calidad que posea un sistema. Se hace necesario entonces determinar el grado en que dichos atributos son satisfechos, por lo que resulta de mucha utilidad encaminar esfuerzos a lograr un trabajo óptimo con estos.

Suele suceder que factores de calidad o cualidades del sistema, tales como modificabilidad, seguridad, desempeño, tolerancia a fallas, capacidad de prueba, no se tienen en cuenta por los arquitectos del sistema u otras personas interesados en la calidad del producto. La necesidad de que el sistema integre todas o algunas de estas cualidades se percibe cuando este entra en producción o en las etapas finales del desarrollo. El problema de esta situación radica en que por lo general lograr que un sistema casi terminado tenga un desempeño superior, sea modificable, seguro o tolerante a fallas, es casi imposible si

no se pensó desde sus inicios, o lo que es lo mismo, en la fase de diseño de la arquitectura, por lo que se deben incorporar conscientemente en la arquitectura del sistema.

Básicamente, los requisitos funcionales son discretos en el sentido de que agregando o modificando algunas líneas de código es suficiente para implementarlos o corregirlos según sea el caso, mientras que los requisitos no funcionales presentan un alto grado de complejidad en el sentido de que es necesario agregar o modificar código en todas partes para implementarlos y todo este proceso, independientemente de resultar agotador, afecta directamente la fecha de entrega del sistema.

En consecuencia no prever un requerimiento no funcional suele ser mucho más costoso que no tener en cuenta un requisito funcional. Actualmente se considera que los requisitos no funcionales deben guiar la definición de la arquitectura del sistema tanto como los funcionales. (Cristiá, 2007)

1.2.2. Modelos de calidad

En el mundo son muchas las organizaciones que se dedican a organizar y normalizar los elementos de calidad que deben componer a los productos y procesos a realizar, entre ellos está los de *software*. Los modelos de calidad son una forma eficaz que tienen esas organizaciones para recoger y normalizar la calidad, además de facilitar el entendimiento del proceso de la ingeniería de *software*. Los modelos de calidad son de gran utilidad a la hora de realizar la medición del nivel de complejidad de un sistema de *software*.

(Pressman, 2002) indica que los factores que afectan a la calidad del *software* no cambian, por lo que resulta útil el estudio de los modelos de calidad que han sido propuestos en este sentido desde los años 70. Para asegurar que un producto de *software* cumpla con las normas de calidad exigidas, se han desarrollado los modelos de calidad. Estos modelos son basados en la descomposición de la calidad global en características de calidad. (Hoffmann, 2006)

Los modelos de calidad facilitan el entendimiento del proceso de la ingeniería de *software*. Son de gran utilidad a la hora de realizar la medición del nivel de complejidad de un sistema de *software*.

Modelo de McCall

McCall propone uno de los primeros modelos de calidad estructurados. Algunos autores lo consideran al modelo de McCall como el primero. (Panovski, 2008)

Estudiosos del tema defienden la teoría acerca de que la idea principal detrás del modelo de McCall es la valoración de las relaciones entre los factores de calidad externos y criterio de calidad de producto. La

calidad externa se vincula al producto y es moderado por los clientes, mientras la calidad interior es experimentada durante el desarrollo y es moderado por los programadores. (Panovski, 2008)

A decir de (Filottrani, 2007), McCall propone tres perspectivas para agrupar los factores de calidad:

- ✓ Revisión del producto: Habilidad para ser cambiado.
- ✓ Transición del producto: Adaptabilidad al nuevo ambiente
- ✓ Operación del producto: Características de operación

Modelo de Dromey

(Dromey, 1996) propuso un marco de referencia (o meta modelo) para la construcción de modelos de calidad, basado en cómo las propiedades medibles de un producto de *software* pueden afectar los atributos de calidad generales, como por ejemplo, confiabilidad y mantenibilidad. El problema que se plantea es cómo conectar tales propiedades del producto con los atributos de calidad de alto nivel. Para solventar esta situación, (Dromey, 1996) sugiere el uso de cuatro categorías, que se muestran en la tabla 1 y que implican propiedades de calidad:

Tabla 1. Relación entre las propiedades de calidad del producto y los atributos de calidad de alto nivel (Camacho, et al., 2004)

Propiedades del Producto	Atributos de Calidad
Correctitud	✓ Funcionalidad ✓ Confiabilidad
Internas	✓ Mantenibilidad ✓ Eficiencia ✓ Confiabilidad
Contextuales	✓ Mantenibilidad ✓ Reusabilidad ✓ Portabilidad ✓ Confiabilidad
Descriptivas	✓ Mantenibilidad ✓ Reusabilidad ✓ Portabilidad ✓ Usabilidad

Marco ISO/IEC 9126

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

En 1998 la Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO por sus siglas en inglés) publicó su ISO/IEC 9126-1, modelo que estandariza la calidad por cada producto del *software* y fue concebido para que la aplicación de calidad en el *software* se adapte a esta estandarización. (Hoffmann, 2006)

El estándar ISO/IEC 9126 ha sido desarrollado para identificar los atributos claves de calidad para un producto de *software* (Pressman, 2002). La primera versión de este modelo de calidad se propuso en 1991 y es conocido en la literatura como ISO/IEC 9126:1991. Se enfocaba en seis características principales: *funcionalidad*, *fiabilidad*, *utilidad*, *eficacia*, *mantenibilidad* y *portabilidad*, además de 20 características subalternas. Una ventaja de este modelo es que es completamente jerárquico: cada característica tiene un juego de características subalternas. (Panovski, 2008)

A este modelo se le han realizado adaptaciones que se muestran en la figura 1, en la misma se presentan los atributos de calidad planteados por Losavio como un modelo estandarizado.

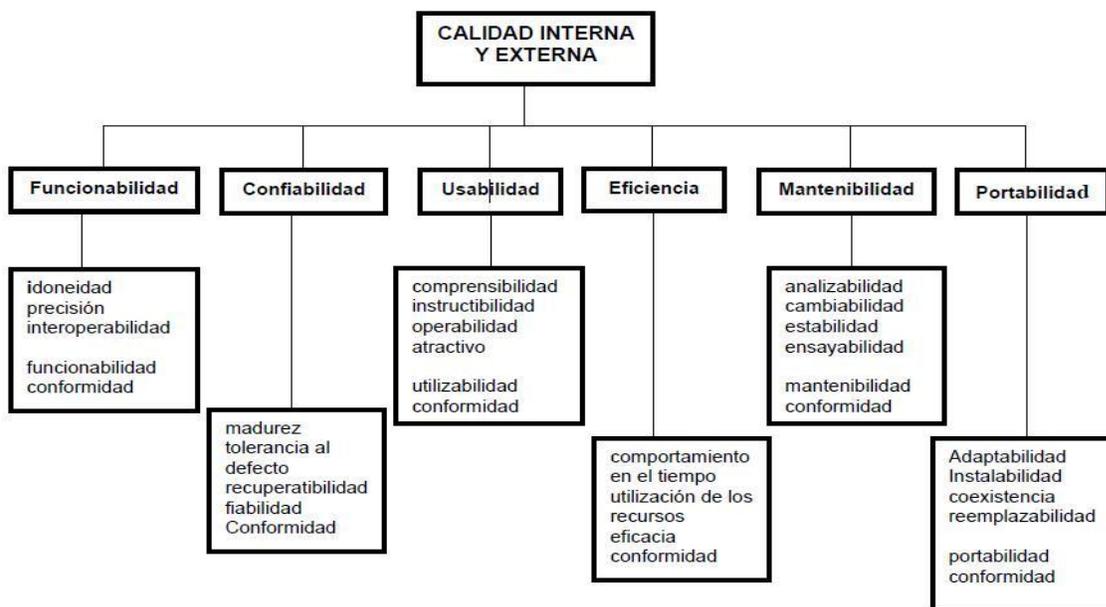


Fig. 1 Atributos de calidad del *software* según la Norma de calidad ISO/IEC 9126-1(Camacho, et al., 2004).

Los modelos de calidad y su estudio permiten explorar el impacto de estos en la evaluación de la arquitectura, es necesario dejar claro que todos los modelos acoplan de una forma u otra y permiten un trabajo detallado con los factores de calidad.

Debido a que este modelo está respaldado por una entidad internacional que se dedica a estudiar y proponer estándares de calidad, además de tener en cuenta una serie de atributos importantes en la calidad de un *software* y que la Oficina Cubana de Normalización, se acogió a este modelo para la producción de sistemas de *software*, el mismo es un perfecto candidato para sentar las pautas de la investigación.

1.3. Evaluación de arquitecturas de *software*

La evaluación de arquitecturas, provee indicadores que ofrecen la oportunidad de resolver problemas que pueden presentarse a nivel arquitectónico. En (Valdespino, et al., 2009), se realiza un estudio de factibilidad que pretende detectar posibles riesgos, así como buscar recomendaciones para contenerlos.

La evaluación trae consigo incontables beneficios, en (Bass, et al., 1998) se exponen y ejemplifican algunos, tales como:

- ✓ Financiero.
- ✓ La preparación forzada para la revisión.
- ✓ El descubrimiento temprano de problemas existentes en la arquitectura.
- ✓ Las arquitecturas mejoradas.

La satisfacción del cliente es una premisa que debe estar presente en todo momento del ciclo de vida del sistema, por tal motivo se realizan una serie de procesos para que el producto final cumpla con estas normativas. El proceso de evaluación influye de una manera u otra en lograr una correcta funcionalidad del producto, tal es así que (Hoffmann, 2006) plantea que la evaluación de arquitectura de *software* es realizada teniendo en cuenta los requisitos del cliente, que incluyen la funcionalidad del sistema y sus atributos de calidad.

La diferencia entre evaluar y verificar es que la evaluación se realiza antes de la implementación de la solución, la verificación se efectúa con el producto ya construido.

Definitivamente, la evaluación debe ser un proceso a tener en cuenta y su cumplimiento debe ser estricto y controlado, ya que si se realiza con los elementos y responsabilidad suficientes, trae consigo innumerables aportes significativos en la calidad del producto. (Kazman, et al., 2005) plantean

específicamente el objetivo de este proceso al asegurar que “*Evaluar una arquitectura es realizar una valoración del potencial de la arquitectura diseñada para alcanzar los atributos de calidad requeridos e identificar cuáles son los puntos de riesgo del diseño evaluado.*”

Para asegurar que se cumplan los objetivos perseguidos con la evaluación, es fundamental escoger el momento adecuado para realizarla. La mayor parte de los autores coinciden en que existen básicamente dos momentos en los cuales se puede evaluar la arquitectura del *software*: temprana y tarde.

Según (Céspedes, et al., 2008), es posible realizar la evaluación en cualquier momento, pero propone dos etapas distintas:

- ✓ *Temprana*: No es necesario que la arquitectura esté completamente especificada para efectuar la evaluación, esto abarca desde las fases tempranas de diseño y a lo largo del desarrollo del *software*.
- ✓ *Tarde*: Consiste en realizar la evaluación de la arquitectura cuando esta se encuentra establecida y la implementación se ha completado, se presenta al momento de la adquisición de un sistema ya desarrollado.

La evaluación en etapa temprana no necesariamente tiene que esperar el diseño total de la arquitectura, la evaluación tardía, se realiza una vez terminada la arquitectura y la implementación, tiene su utilidad en saber si el sistema cumple con las normas esperadas.

Las fases para realizar la evaluación dependerán específicamente de cada área, estructura y condiciones donde se desarrolle el sistema de *software*, sin duda alguna, es un proceso insustituible para lograr el aseguramiento de la calidad. Los responsables de realizar la evaluación escogerán qué fase es más factible para realizarla, pero sin dudas realizar ambas representaría una mayor seguridad y constancia de lograr los objetivos propuestos.

Objetivos de evaluar

Al evaluar una arquitectura es necesario conocer si puede favorecer en cierta medida los requisitos, restricciones y atributos de calidad para tener la seguridad de que el sistema a ser desarrollado cumple con las necesidades de los interesados; además se necesita analizar e identificar riesgos potenciales en la estructura de la línea base diseñada y sus propiedades, que puedan afectar al sistema de *software* resultante. Al evaluar una arquitectura se busca medir propiedades del sistema sobre la base de especificaciones abstractas, como por ejemplo los diseños arquitectónicos.

Evaluar una arquitectura permite:

- ✓ Analizar y evaluar la calidad exigida por los usuarios.
- ✓ Tomar decisiones de diseño.
- ✓ Identificar restricciones de implementación.
- ✓ Fijar la estructura organizacional, tanto del desarrollo, construcción y ejecución del sistema.
- ✓ Satisfacer los atributos de calidad.
- ✓ Realizar estimaciones más certeras.

En ocasiones, la evaluación de una arquitectura de *software* no produce valores numéricos que permitan la toma de decisiones de manera directa.

Kazman y sus colegas afirman que de la evaluación de una arquitectura no se obtienen respuestas del tipo “si - no”, “bueno – malo” o “5.75 de 10”, sino que explica cuáles son los puntos de riesgo del diseño evaluado. (Camacho, et al., 2004)

Especialistas en esta temática concuerdan en este aspecto, (Bosch, 2006) plantea que es observable que una evaluación de arquitectura no genera resultados cuantitativos que incidan directamente en la toma de decisiones, sino que brinda un conjunto de elementos que permiten valorar futuros cambios, un estado del cumplimiento de los atributos de calidad y un conjunto de riesgos del diseño arquitectónico que inciden de manera directa en el proceso de desarrollo de *software*.

Los autores revelan que el proceso de realizar evaluaciones arquitectónicas a un diseño dado no refleja resultados medibles, es decir, no ofrece de forma cuantitativa hasta qué punto el diseño seleccionado es sólido, o hasta qué punto no lo es, sino que brinda los posibles puntos de riesgo, o fases del diseño, que puede no sean los más acertados posibles.

En cuanto a lo anteriormente expuesto, se plantea que existen técnicas cuantitativas de evaluación de arquitectura, pero sucede que los valores que se obtienen del proceso de evaluación deben tener interpretaciones para que sean válidas en la toma de decisiones. Los que ejecuten el proceso de evaluación deben contar con una métrica para lograr estos objetivos.

Es necesario realizar evaluaciones a la arquitectura, ya que es de gran ayuda en la toma de decisiones acertadas, y en proveer una manera de conocer los riesgos potenciales que tiene el diseño y buscar vías para solucionarlo en una fase temprana del desarrollo, evitando así que la solución a estas situaciones indeseadas que puedan surgir, sea costosa en tiempo y recursos en el ciclo de desarrollo del sistema.

No solo para los arquitectos es necesaria la evaluación, el cliente puede tomar un grado mayor de conocimiento acerca de su petición, ya que puede tener una abstracción acerca del sistema y determinar si sigue adelante con el proyecto.

¿Quiénes participan en una evaluación?

Un proceso de evaluación está definido por el método o los métodos que se utilicen para lograr los objetivos propuestos, por tanto, los roles involucrados en el proceso también van a ser dependientes de estos. Cada método propone las personas que deben participar en la evaluación, sin embargo es recurrente la aparición de participantes como: arquitectos, interesados externos, diseñadores y líderes de desarrollo.

(Gómez, 2007) plantea que pueden existir situaciones en las que se involucren a personas especialistas en el tema y el cliente, ya que este último puede tomar decisiones que le sea factible conocer si quiere continuar con el desarrollo del producto, todo esto en dependencia de los resultados que se obtengan de la evaluación.

Al realizar un proceso de evaluación en la arquitectura de un sistema, es necesario estudiar los métodos y técnicas a utilizar, no es conveniente que personas no autorizadas e innecesarias en estos casos se involucren en la evaluación, ya que podrían incidir negativamente en el correcto proceder del proceso, y en los resultados finales del mismo.

1.3.1. Técnicas de evaluación arquitectónica

Para desarrollar un proceso en cualquier ámbito es necesario realizar una correcta planificación de hacia dónde van dirigidos los esfuerzos. Es por ello que en el campo de la evaluación arquitectónica existen determinadas técnicas. Las técnicas de evaluación de arquitectura son instrumentos o herramientas, que conjugadas con otros elementos, proveen a los involucrados en el proceso de una vía para alcanzar sus objetivos y al mismo tiempo pronosticar el comportamiento de la arquitectura de *software* en su etapa de diseño.

Según (Bosch, 2000), las técnicas utilizadas para la evaluación de atributos de calidad requieren grandes esfuerzos por parte del ingeniero de *software* para crear especificaciones y predicciones. Estas técnicas requieren información del sistema a desarrollar que no está disponible durante el diseño arquitectónico, sino al principio del diseño detallado del sistema.

La evaluación de arquitecturas se puede llevar a cabo mediante técnicas y métodos. Las técnicas generalmente se dividen en (Gómez, 2007).

- ✓ *Cualitativas*: Están comprendidas las técnicas de escenarios, cuestionarios y listas de verificación.
- ✓ *Cuantitativas*: Abarca las técnicas basadas en métricas, simulaciones, prototipos, experimentos o modelos matemáticos.

Las técnicas cuantitativas cuentan con mayor aceptación respecto a la obtención de valores luego de su aplicación, sin embargo se necesitan herramientas que las soporten, ya que aplicarlas manualmente es un proceso complejo. Generalmente se utilizan en la fase tardía del proceso de evaluación debido a los elementos que necesitan.

Por su parte las técnicas cualitativas proporcionan estados de las arquitecturas en valoraciones de las decisiones arquitectónicas o de los escenarios arquitectónicos, por lo general su aplicación se centra en etapas tempranas del proceso de evaluación, por lo que en algunos casos son más utilizadas. Por tanto la aplicación de cada técnica está sujeta a las condiciones del proceso de construcción de la arquitectura que se desarrolle y de los factores de calidad a evaluar en cada producto.

Técnicas de evaluación basadas en simulación

Básicamente consiste en la implementación de componentes de la arquitectura y la implementación (auxiliados de cierto nivel de abstracción³) del contexto del sistema donde se supone va a ejecutarse. (Bosch, et al., 2006) La finalidad es evaluar el comportamiento de la arquitectura bajo diversas circunstancias. Una vez disponibles estas implementaciones, pueden usarse los perfiles para evaluar los atributos de calidad.

Al igual que otras técnicas, la simulación también posee instrumentos asociados, como es el caso de los lenguajes de descripción arquitectónica y los modelos de colas. (Bosch, et al., 2006)

(Padua, 2005) plantea que para evaluar la arquitectura de un sistema con esta técnica es necesario tener cierta experiencia en simulación y en especificaciones formales para poder entender las entradas y salidas de la técnica, además de que es medianamente costoso, ya que se necesita adquirir un *software* para poder realizar la simulación.

³ Los involucrados en la aplicación de esta técnica.

Para aplicar las técnicas de evaluación es necesario estudiar el contexto en el que se va a utilizar, esto garantiza, en parte, la obtención de resultados satisfactorios luego de ser aplicadas, se puede apreciar que la simulación presenta una serie de factores que pueden poner en evidencia su utilidad, pero utilizándola en el ambiente adecuado con todos los elementos que se necesitan, esta técnica representaría un considerable ahorro de recursos, en esfuerzo y tiempo.

Evaluación basada en modelos matemáticos

(Bosch, 2000) establece que la evaluación basada en modelos matemáticos se utiliza para evaluar atributos de calidad operacionales. Permite una evaluación estática de los modelos de diseño arquitectónico y se presentan como alternativa a la simulación, dado que evalúan el mismo tipo de atributos. Ambos enfoques pueden ser combinados, utilizando los resultados de uno como entrada para el otro.

Entre las desventajas que presenta esta técnica se encuentra la inexistencia de modelos matemáticos apropiados para los atributos de calidad relevantes (Bosch, 2000), y el hecho de que el desarrollo de un modelo de simulación completo puede requerir esfuerzos sustanciales. (Camacho, et al., 2004)

Para aplicar satisfactoriamente esta técnica es necesario tener en cuenta muchos elementos que en ocasiones no están definidos en el momento que se necesita aplicarla, obliga a los involucrados a definir un alto nivel de especificación de los atributos de calidad.

Evaluación basada en experiencia

(Bosch, 2000) establece que en muchas ocasiones los arquitectos e ingenieros de *software* otorgan valiosas ideas que resultan de utilidad para la evasión de decisiones erradas de diseño. Aunque todas estas experiencias se basan en factores que pueden ser la intuición y la experiencia. Sin embargo, la mayoría de ellas puede ser justificada por una línea lógica de razonamiento, y pueden ser la base de otros enfoques de evaluación.

No está basada en conceptos teóricos, sino que se apoya en factores intrínsecos de las personas, que pueden ser efectivos o no. Su principal dificultad radica en que sus resultados son variables y no confiables. Una aplicación de esta técnica puede dar excelentes resultados en un contexto, mientras que puede ser fatal su aplicación en otros. Es importante para su uso la existencia de un personal que haya acumulado un conjunto de conocimientos y experiencias que brinden un razonamiento lógico a las

decisiones arquitectónicas tomadas. De manera general, puede servir como criterio durante el proceso de evaluación, pero no para tomar decisiones basadas solamente en estos análisis (Vigil, 2009).

1.3.2. Técnica de evaluación basada en escenarios

Los escenarios proveen un vehículo que permite concretar y entender atributos de calidad. (Kazman, 2001), (Kazman, et al., 2007), (Carriere, et al., 2006), (Carriere, et al., 2000) coinciden en la importancia del uso de los escenarios, no sólo para efectos de la evaluación de arquitecturas de *software*. Entre las ventajas de su uso están:

- ✓ Son simples de crear y entender
- ✓ Son poco costosos y no requieren mucho entrenamiento
- ✓ Son efectivos

También refiriéndose a las utilidades de esta técnica (Vigil, 2009) menciona que la técnica de evaluación basada en escenario es una de las más útiles en la evaluación del comportamiento de una arquitectura, debido a su simplicidad y nivel de abstracción, logra ser comprendida por todos los involucrados en un proceso de evaluación, desde los desarrolladores hasta los clientes y usuarios finales; permitiendo ampliar el espectro de opiniones valorativas sobre la arquitectura de *software* propuesta.

(Padua, 2005) plantea que con respecto a características de calidad, se puede observar que la técnica basada en escenarios es la más factible y fácil de aplicar para evaluar las características de calidad de un sistema. Manifestándose de esta forma variadas razones para usar esta técnica en la evaluación de arquitecturas candidatas.

Según (Kazman, 2001) un escenario consta de tres partes: estímulo, ambiente y la respuesta, que se muestran en la Fig 2:

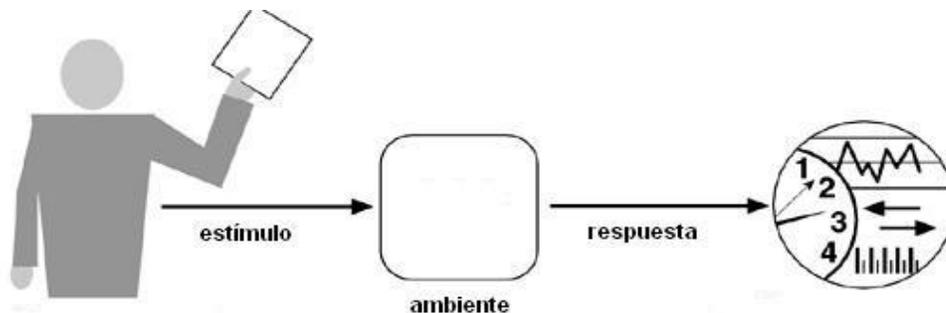


Fig. 2 Elementos que componen un escenario. (Kazman, 2005)

El estímulo es la parte del escenario que explica o describe lo que el involucrado en el desarrollo hace para iniciar la interacción con el sistema. Puede incluir ejecución de tareas, cambios en el sistema, ejecución de pruebas, configuración, etcétera. El ambiente describe qué sucede en el sistema al momento del estímulo. La respuesta describe, a través de la arquitectura, cómo debería responder el sistema ante el estímulo, este último elemento es el que permite establecer cuál es el atributo de calidad asociado.

Hasta hoy en día, las técnicas basadas en escenarios cuentan con dos instrumentos de evaluación relevantes: Árbol de utilidad (*Utility Tree*, del inglés) propuesto por (Kazman, 2001), (Bosch, 2000) propone los Perfiles (*Profiles*, del inglés). (Camacho, et al., 2004)

Perfiles (Profiles)

Un perfil es un conjunto de escenarios, generalmente con alguna importancia relativa asociada a cada uno de ellos. El uso de perfiles permite hacer especificaciones más precisas del requerimiento para un atributo de calidad (Bosch, 2000). Los perfiles tienen asociados dos formas de especificación: *perfiles completos* y *perfiles seleccionados*.

Árbol de utilidad (Utility Tree)

Según (Kazman, et al., 2001), un Árbol de utilidad es un esquema en forma de árbol que presenta los atributos de calidad de un sistema de *software*, refinados hasta el establecimiento de escenarios que especifican con suficiente detalle el nivel de prioridad de cada uno.

Su uso está centrado en la identificación de los atributos de calidad más importantes para un proyecto en específico. No existe un conjunto preestablecido de atributos, sino que son definidos por los involucrados en el desarrollo del sistema al momento de la construcción del árbol.

El Árbol de utilidad contiene como nodo raíz el propósito general del sistema. Los atributos de calidad asociados al mismo conforman el segundo nivel del árbol (Kazman, 2001), los cuales se refinan hasta la obtención de un escenario lo suficientemente concreto para ser analizado y otorgarle prioridad a cada atributo considerado.

El Árbol de utilidad es el instrumento más utilizado, por su sencillez y la representación jerárquica de los atributos de calidad que inciden en un escenario. (Kan, et al., 2005)

Como se puede apreciar existen varias técnicas de evaluación, unas más novedosas que otras, algunas dirigidas hacia algunos factores específicos. Existen técnicas que tienen definidos métodos para ser

usados por las mismas, algunas fundamentadas por investigaciones realizadas y otras se basan en el conocimiento previo de los involucrados en su aplicación. Es necesario a la hora de aplicar una de estas técnicas estudiar el contexto en el que se va a utilizar, esto garantiza, en parte, la obtención de resultados satisfactorios en la aplicación.

La presente investigación está dirigida hacia el sistema Cedrux y específicamente en proponer escenarios para la evaluación de dicho sistema, técnica escogida por ser novedosa y por las herramientas que brinda para su correcta aplicación y garantizar el éxito total en su aplicación.

La evaluación de arquitecturas de *software* basada en escenarios es una técnica factible en la evaluación de la línea base de la arquitectura de un ERP, ya que a la hora de realizar una adecuada priorización de atributos de calidad esta técnica brinda instrumentos de evaluación que tributan a que este proceso de priorización se realice de forma adecuada, como es el caso de los Perfiles y Árbol de utilidad.

1.3.3. Priorización de atributos y escenarios

Cuando se quiere lograr que el producto final posea las normas de calidad exigidas por el cliente y sea de la aceptación de este, además de ser totalmente funcional. Un elemento de peso consiste en prestarle mucha atención a la definición y priorización de atributos de calidad ya que, independientemente de los requisitos funcionales que también dan criterio de la calidad del sistema, definen cualidades que debe cumplir el *software*. Aunque la funcionalidad y otras cualidades están estrechamente relacionadas, lo que sucede en ocasiones es que en lograr la funcionalidad se centran todos los esfuerzos en el esquema de desarrollo.

Estas propiedades tienen un gran impacto en el desarrollo y mantenimiento del producto, su operatividad y el uso sobre los recursos (Buschmann, 2008)

(Kazman, et al., 2005) presenta las caracterizaciones de los atributos como una colección de escenarios generales; sin embargo, para traducir la caracterización de los atributos en los requisitos para un sistema particular, los escenarios generales pertinentes necesitan ser hechos por el sistema específico.

Refiriéndose al impacto de los atributos de calidad en el producto final, a la hora de posicionarlo en el mercado y que cumpla exigencias de los clientes que lo diferencien de otras soluciones de su mismo tipo, (Kazman, et al., 2005) plantean que a la hora de definir la arquitectura de un sistema, independientemente de los objetivos para los que ha sido diseñado, el sistema debe cumplir con ciertas condiciones que exige

el mercado actual, y para optimizar el tiempo de desarrollo, y un punto fundamental para lograr esto son los atributos de calidad que posee un sistema.

Es muy importante el estudio de todo lo relacionado con los atributos, para conocer su importancia y de esta manera lograr que los arquitectos le otorguen el valor que realmente tienen estos en el diseño arquitectónico de un sistema, y a la hora de realizar la evaluación del mismo. Debido a que todos los elementos que intervienen en este proceso, si se utilizan de manera correcta garantizarán la calidad de un producto. Elementos que no se deben olvidar y que son de obligado estudio son los métodos de evaluación, los cuales definen cómo evaluar una arquitectura, proporcionando vías a escoger de acuerdo a lo que se quiere lograr.

1.3.4. Métodos de evaluación de arquitecturas

Debido a la necesidad de evaluar la estructura y el potencial de la arquitectura, surgen los métodos de evaluación de arquitecturas, elemento fundamental dentro del proceso de evaluación. Debido al impacto de estos métodos se han propuestos muchos de ellos para el correcto análisis de las arquitecturas de los sistemas a ser desarrollados. En su mayoría unos dan origen a otros o sirven de base para ello y en otros casos son dirigidos a situaciones y contextos en específico. A continuación se sintetiza una serie de métodos de evaluación seleccionados por su nivel de importancia y representatividad con respecto a los existentes en la actualidad y al objetivo de la investigación.

ATAM (Architecture Trade-off Analysis Method)

Según (Kazman, et al., 2001) el Método de Análisis de Acuerdos de Arquitectura (Architecture Trade-off Analysis Method, ATAM por sus siglas en inglés) está inspirado en tres áreas distintas: los estilos arquitectónicos, el análisis de atributos de calidad y el método de evaluación SAAM⁴. El nombre del método ATAM surge del hecho de que revela la forma en que una arquitectura específica satisface ciertos atributos de calidad y provee una visión de cómo los atributos de calidad interactúan con otros.

El método se concentra en la identificación de los estilos arquitectónicos o enfoques arquitectónicos utilizados. Estos elementos representan los medios empleados por la arquitectura para alcanzar los atributos de calidad, así como también permiten describir la forma en la que el sistema puede crecer,

⁴ Software Architecture Analysis Method

responder a cambios, integrarse con otros sistemas, entre otros. Además de que es más profundo para evaluar aspectos más relacionados con la arquitectura, como la confiabilidad o el rendimiento.

ARID (Active Reviews for Intermediate Design)

En (Valdespino, et al., 2009) se plantea que ARID es un híbrido entre Revisión Activa del Diseño (ADR) y ATAM. ARID es conveniente para realizar la evaluación de diseños parciales en las etapas tempranas del desarrollo.

En ocasiones, es necesario saber si un diseño propuesto es conveniente, desde el punto de vista de otras partes de la arquitectura. (Valdespino, et al., 2009)

Prácticamente la idea bajo la que se sustenta es la necesidad de evaluar en fases tempranas de la arquitectura y la utilización de escenarios generados por los implicados en el sistema que plantea ATAM. Según (Gómez, 2007) se basa en ensamblar el diseño de los *stakeholders* para articular los escenarios de uso importantes o significativos y probar el diseño para ver si satisface los escenarios. Como resultado de la aplicación de dicho procedimiento se obtiene un diseño de alta fidelidad acompañado de una alta familiarización con el diseño de los *stakeholders*. Este método consta de nueve pasos agrupados en dos fases (Actividades Previas y Evaluación).

Método de Evaluación de Arquitecturas de Software Basadas en Componentes (MECABIC)

Este método está inspirado en ATAM, aunque con el objetivo de facilitar su aplicación sobre Arquitectura de *Software* Basada en Componentes (ASBC) se incluyó en algunos de sus pasos un enfoque de integración de elementos de diseño, inspirado en la construcción de partes arquitectónicas adoptado por el ABD (Architecture Based Design, del inglés). Además se propone un árbol de utilidad inicial basado en el modelo de calidad ISO/IEC-9126 instanciado para Arquitectura de *Software* propuesto por Losavio.

La adopción de este modelo por parte del MECABIC permite concentrarse en características que dependen exclusivamente de la arquitectura y ser un estándar que facilita la correspondencia con diferentes características de calidad. El MECABIC propone utilizar escenarios de calidad para representar los intereses de todos los grupos de la evaluación y confirmar que se han evaluado los requisitos deseados de calidad. (Céspedes, et al., 2008)

Estos métodos constituyen una herramienta de obligada utilización en el proceso de evaluación de arquitecturas de *software*, por lo que su correcta utilización brindará resultados satisfactorios.

Están vinculados de una forma u otra con la técnica de escenarios, por lo que en algunos casos la generación de estos está basada en la visión de los interesados en realizar el proceso de evaluación. Además de que proveen elementos importantes mediante la utilización de escenarios que cubran todas o gran parte de las situaciones que puedan surgir en una evaluación.

Un elemento fundamental de estos métodos es el nivel de atención que le brindan a los atributos de calidad o cualidades del *software*, y también la facilidad de que algunos de ellos están centrados en lograr resultados aceptables partiendo de una evaluación temprana de la arquitectura.

1.4. Bases teóricas del Método de Expertos

La validación de la propuesta se realizará mediante la utilización de métodos de expertos, estos esgrimen como fuente de información a un conjunto de personas que ostenten un conocimiento elevado en la materia que va a ser tratada. Los mismos son muy efectivos para su objeto de trabajo por lo que presentan ventajas aceptables para lograr resultados satisfactorios.

1.4.1. Método Delphi

Se estudió este método ya que es económico porque no exige que se reúna a los expertos en un lugar determinado. Puede parecer un método limitado porque los expertos no pueden intercambiar sus opiniones, puntos de vista y experiencia, ya que se les entrevista individualmente; no obstante, esta limitación puede ser precisamente lo que se esté buscando para asegurar la veracidad de los datos en caso de existir conflictos interpersonales, y evitar de cierta manera presiones entre los expertos.

Presenta un serie de ventajas importantes, entre las que se encuentran que el consenso logrado sobre la base de los criterios es muy confiable, permite valorar alternativas de decisión, el experto se siente involucrado plenamente en la solución del problema y facilita su implantación, permite la formación de un criterio con mayor grado de objetividad, la toma de decisiones sobre la base de los criterios de expertos, tiene altas probabilidades de ser eficiente.

El método Delphi consiste en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos en un tema específico para obtener un consenso entre las opiniones informadas, utilizando para estos fines una serie de cuestionarios que se responden de forma anónima, para lograr una mayor efectividad.

Para lograr aplicar el método de una manera más efectiva y organizada, se definieron etapas o pautas que quedaron conformadas como se detalla a continuación:

- ✓ Selección de expertos.
- ✓ Análisis de los resultados.

Selección de Expertos

Para la selección de un experto, se requiere como requisito básico que este tenga experiencia en el tema a consultar, dado por sus años de trabajo y experiencias adquiridas durante todo su desempeño, esto a su vez tiene que ser complementado con conocimientos teóricos adquiridos a través de las distintas formas de superación y grado académico o científico alcanzado en relación al tema.

En la estrategia de validación de la propuesta, para lograr que cada encuestado exponga específicamente su criterio, las respuestas a cada una de las interrogantes de la encuesta se realizarán de manera independiente.

En la estrategia de validación de la propuesta, para lograr que cada encuestado exponga específicamente su criterio, las respuestas a cada una de las interrogantes de la encuesta se realizarán de manera independiente. Para luego calcular su coeficiente de competencia. Este coeficiente de competencia da una seguridad sobre la medida en que ellos serán capaces de responder las encuestas exitosamente.

En el caso de esta investigación la selección de los especialistas está influenciada por el conocimiento de los mismos en cuanto a:

- ✓ Evaluaciones arquitectónicas.
- ✓ Trabajo con los atributos de calidad.
- ✓ Conocimiento de la técnica de escenarios.
- ✓ Experiencias adquiridas en evaluaciones anteriores.

La encuesta que le fue aplicada para conocer su autovaloración puede verse en el Anexo 4.

Para determinar el nivel competencia que poseen los expertos, se utiliza el coeficiente K , su valor va a estar en correspondencia con el nivel de conocimiento que posee el experto acerca de la situación que se está solventando y con las bases que permiten argumentar sus criterios.

Este coeficiente de competencia se obtiene mediante: $K=1/2(K_a + K_c)$, donde K_c representa el coeficiente de conocimiento que posee el experto en el problema analizado, para ello el propio experto valora en una escala de 0 a 10 y multiplicado por 0.1, si el resultado es 0 esto manifiesta que el experto no tiene conocimiento alguno sobre el tema, siendo 10 el valor que representa total conocimiento sobre lo que le

ocupa. Como se puede apreciar, entre estos dos valores extremos se encuentran valores intermedios, que el experto seleccionará el que considere, los que se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento del experto.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

K_a representa el coeficiente de demostración de los criterios del experto, el que se obtiene de sumar los puntos alcanzados a partir de una tabla predefinida, la que se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Coeficiente de demostración.

Fuentes de argumentación	Grado		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

La tabla anterior se le muestra al encuestado sin las cifras que se pueden apreciar, explicándole que debe marcar las fuentes que él considera lo ha llevado a alcanzar el conocimiento actual que posee, y en qué medida (*alto, medio, bajo*). Concluido este proceso, se calcula la cantidad de puntos que obtuvo el experto en total, para esto es necesario situar los campos seleccionados en la tabla 16. Si el valor de $K_a = 1.0$, el nivel de influencia de las fuentes propuestas, con $K_a = 0.8$ define un nivel de influencia medio, y $K_a = 0.5$, infiere un nivel bajo de influencia.

Alcanzados los valores de K_a y K_c , se procede a calcular el valor de K , mediante la aplicación de la fórmula mostrada previamente, el valor resultante se evalúa en la escala presentada a continuación, para determinar el nivel de competencia que poseen los expertos seleccionados:

- ✓ **Alto:** $0,8 \leq K \leq 1$
- ✓ **Medio:** $0,5 \leq K < 0,8$

✓ **Bajo:** $K < 0,5$

El proceso destinado al *análisis de los resultados* dentro de la estrategia de validación de la propuesta se explica en el capítulo tres. Hasta este punto se define la base de la validación de la propuesta a realizar, para que esta contribuya a obtener resultados satisfactorios luego de realizar el proceso de evaluación a la arquitectura de Cedrux.

1.5. Análisis arquitectónico de los ERP

En la década de los noventa, producto de la globalización, las empresas comenzaron a requerir de sistemas que apoyaran la gestión empresarial, integraran las partes del negocio, promovieran la eficiencia operativa y sirvieran de soporte para aspectos críticos de la administración.

Así la industria de *software* en un comienzo desarrolló aplicaciones para integrar distintos sistemas MRP⁵ I y MRP II, que años más tarde se transformaron en los sistemas empresariales integrados, conocidos actualmente como ERP. (Vera, 2006)

Estos sistemas se han definido como un sistema global de planificación de los recursos y de gestión de la información que, de forma estructurada, puede satisfacer la demanda de las necesidades de gestión de la empresa. (Gallardo, et al., 2003)

Son sistemas que integran y automatizan muchos de los procesos operativos o productivos de una empresa. Los mismos están compuestos por diferentes módulos integrados en una única aplicación. Estos módulos están dirigidos a diversas áreas, por ejemplo: producción, compra y venta, logística, contabilidad, inventarios, pedidos, nóminas. Un ERP solo se puede definir como la integración de todas estas partes. De no ser así solo se dispone de un simple programa de facturación como un ERP, por el simple hecho de que una empresa integre únicamente esa parte. Esta es la diferencia fundamental entre un ERP y otro sistema de gestión.

Para una mejor organización del sistema y para facilitar su estudio, (Carreón, 2008) hace un estudio a nivel global tomando como muestra a representativos sistemas de este tipo y que se encuentran en la cima del mercado por sus prestaciones y aceptación por parte del cliente, donde define una serie de *módulos básicos* que deben estar presentes en cualquier sistema de este tipo. Este estudio será el que se

⁵ Manufacturing Resource Planning

tomará como base a la hora de realizar un estudio detallado de cada sistema, en el transcurso de la investigación.

Con la utilización de estos sistemas se busca suplir la necesidad de disponer de toda la información existente para todo el colectivo todo el tiempo.

Estos sistemas resultan ser muy importantes, ya que si se realiza una correcta implantación y uso de ellos, la empresa estaría en condiciones de brindar apoyo a los clientes del negocio. Además de proporcionar un eficiente manejo de información, para un correcto estudio de esta mediante la *Inteligencia de Negocios*, que permita la toma oportuna de decisiones, estudiar las posibles respuestas a problemas que puedan existir. Se pueden caracterizar prácticamente de decisivos en el correcto desempeño y desarrollo de una empresa, es una herramienta que correctamente utilizada, eleva la calidad de los servicios y operaciones realizadas en una empresa o sector, al tiempo que eleva las ganancias y las oportunidades de expansión y desarrollo.

Actualmente con el desarrollo de diversas herramientas de mercado, para obtener el máximo de ganancias, el uso de los ERP permitirá a la organización obtener una ventaja competitiva, o en el peor de los casos, contribuirá a situarse a la par de sus competidores. Estableciendo una solución que permitirá una integración de sus operaciones, con el objetivo de gestionar satisfactoriamente cada una de las áreas de la empresa. Es una solución que permitirá una integración total entre sus diferentes módulos y el intercambio de datos entre ellos, con el fin de gestionar adecuadamente cada una de las áreas de la empresa. Aunque las soluciones que tiene cada empresa implantada para la gestión de cada una de las áreas de su negocio funcionen muy bien y sus posibilidades de crecimiento sean bastante aceptables, los entornos de trabajo y su intercomunicación en muchos casos son muy complicados de realizar.

Algunos ejemplos existentes

Por las facilidades que brindan los sistemas ERP, enfocadas en la manipulación correcta de los datos y estudio de la información disponible en una empresa, se ha diversificado la producción de estos en varias partes del mundo. Muchos se han desarrollado para países específicos, sectores, empresas, cada productor de estos sistemas dirige el producto al mercado que crea satisfactorio. Se han desarrollado muchos sistemas bajo *software* libre, otros bajo *software* propietario y en algunos casos fusionan tecnologías libres y propietarias. De cualquier modo el objetivo fundamental es lograr que el producto final sea de la satisfacción del cliente, que tribute al desarrollo de las empresas en el área que abarcan y

responda a los objetivos generales que tienen los sistemas ERP. A continuación se relacionan algunos ejemplos de estos sistemas:

Assets NS: Assets NS Sistema de Gestión Integral que facilita el intercambio de información con el fin de consolidar los datos, obtener los resultados contables y sus Estados Financieros a distintos niveles. Es un producto extranjero, pero que posee una sucursal en el país, ampliamente utilizado por varias entidades del Consejo de Estado, Ministerio del Turismo (MINTUR), todas las universidades del país y especialmente la UCI.

SAP: SAP es uno de los grandes exponentes y líder en soluciones corporativas. Este sistema abarca muchos módulos completamente integrados, que comprenden prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial. SAP ve el negocio como un todo, de esta manera ofrece un sistema único que soporta prácticamente todas las áreas en una escala global. Así ofrece un sistema modular capaz de sustituir diferentes sistemas independientes desarrollados dentro de las empresas. Es utilizado por varias entidades en el país entre las que se destaca la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), pero por el alto costo de la licencia de este, precisamente esta empresa apoya el desarrollo del sistema Cedrux en la universidad.

Versat Sarasola: Es el primer sistema de contabilidad cubano certificado, en cuya evaluación participaron el Ministerio de Finanzas y Precios, consultorías internacionales y el organismo encargado de la seguridad informática. Es un sistema económico integrado.

Es un sistema cubano de contabilidad confiable, permite enviar información eficaz de forma inmediata, desde lugares apartados, a la vez que ofrece mayor organización, control y disciplina en cada gestión. (Del Toro Ríos, et al., 2008). Versat es un sistema muy utilizado en el país por las facilidades de trabajo que brinda, actualmente lo utilizan alrededor de 200 entidades de varias provincias. Sus principales clientes son: Ministerio de Transporte (MITRANS), Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX), Empresa de Campesinato Popular, Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT), Ministerio del Azúcar (MINAZ), Oficina Nacional de Administración Tributaria (ONAT).

Estos sistemas constituyen un referente del ámbito nacional e internacional, en cuanto a sistemas de gestión. Responden a las necesidades básicas de varias entidades del país, por lo que se ha hecho necesaria la inclusión de nuevos módulos y funcionalidades, independientemente de la facilidad que brindan para ser estudiados al detalle en el transcurso de la investigación.

El uso de estos sistemas ha traído consigo un aumento en la competitividad de las empresas dirigidas a un sector determinado, lo que obliga a cada una de estas a superarse.

1.5.1. Consideraciones arquitectónicas

Los sistemas ERP sin duda alguna son una herramienta de gran utilidad para el correcto desempeño de las empresas, por las garantías y facilidades que ofrece. Debido al peso que tendrán en el correcto proceder de estas y en los resultados que se esperan luego de su implantación. A la hora de diseñar su arquitectura hay que pensar cuidadosamente acerca de lo que se abarcará con el sistema, la fortaleza que debe poseer para un correcto funcionamiento, la seguridad, facilidad de uso, y una serie de factores para que cumpla con las normas que caracterizan a los ERP.

En (Cabral Padilha, et al., 2005) presentan un pequeño análisis de la arquitectura y las funcionalidades de los ERP donde menciona:

- ✓ Poseen una arquitectura de *software* que facilita el flujo entre todas las actividades de la empresa, son un amplio sistema de soluciones e información.
- ✓ A través de un banco de datos único, operan en una plataforma común que interactúe con un conjunto integrado de aplicaciones, consolidando todas las operaciones de negocio en un simple ambiente computacional.
- ✓ Sus funcionalidades representan una solución genérica que refleje una serie de consideraciones sobre la forma en que las empresas operan en general. Para flexibilizar su utilización en un mayor número de empresas de diversos segmentos, los sistemas ERP son desarrollados de forma tal que una solución genérica pueda ser personalizada en cierto grado.

La gran mayoría de ellos son desarrollados con tecnologías Web, como es el caso de Java, debido a que muchos de estos sistemas brindan servicios a las empresas y las administran vía Web, auxiliándose de la Internet en diversos casos. Los ERP que están posicionados en la cima del mercado, por sus facilidades y ventajas sobre el resto, utilizan como gestor de Bases de Datos a ORACLE, aunque en algunos casos utilizan SQL Server.

Sistemas como Assets NS y Versat Sarasola no necesariamente necesitan una infraestructura específica para realizar sus funciones, es decir, pueden perfectamente desempeñarse como una aplicación desktop, que no utilice red, o también como una aplicación que sí utilice este recurso, lo que permite su adecuación

en la gran mayoría de las empresas del país, ya que no todas ellas cuentan con la infraestructura tecnológica necesaria para trabajar a nivel de cliente servidor.

La mayoría de estos sistemas son diseñados utilizando el modelo Cliente-Servidor, pero además presentan características importantes en su arquitectura, entre las que se encuentran:

- ✓ Multiplataforma
- ✓ Modularidad
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Seguridad

Estas entre otras son las particularidades de estos sistemas, la satisfacción de estas a la hora de diseñar la arquitectura de un ERP, garantizará los niveles de calidad necesarios, y comprobar el cumplimiento de lo planteado anteriormente es tarea prioritaria del equipo de arquitectos a la hora de diseñar la línea base.

1.6. Conclusiones parciales

- ✓ Luego del estudio y análisis de diferentes técnicas asociadas a la evaluación arquitectónica, en la investigación se seleccionó la técnica basada en escenarios ya que es una de las más útiles en la evaluación del comportamiento de una arquitectura, debido a su simplicidad y nivel de abstracción, además de que logra ser comprendida por todos los involucrados en un proceso de evaluación.
- ✓ Dentro del proceso de evaluación, otro de los elementos fundamentales estudiados son los modelos de calidad, se seleccionó como posible candidato para la investigación el modelo ISO 9126, ya que es un modelo respaldado por una entidad internacional que se dedica a definir estándares de calidad, independientemente de que la Oficina Cubana de Normalización se acogió a este modelo.
- ✓ Los sistemas ERP son una solución que tienen por objetivo organizar la gestión de los procesos empresariales, además de permitir que se cuente con una fuente de información importante para que esta pueda ser analizada y estudiada posteriormente, para en garantizar de cierta manera una acertada toma de decisiones sobre el negocio. Es por ello que definir un sólido diseño arquitectónico de los ERP es fundamental para obtener como resultado un sistema que cumpla con la satisfacción del cliente además de que brinde total funcionalidad en cada proceso que se necesite realizar.

Capítulo II: Propuesta de atributos y escenarios.

En el presente capítulo se realiza un estudio encaminado a establecer elementos importantes dentro de la investigación, como es el proceso de determinar los atributos presentes en los Sistemas ERP estudiados: Versat Sarasola, Assets NS y SAP.

Se determinan los atributos por subsistemas empleando la técnica de escenarios con usuarios que poseen experiencia en la explotación de los sistemas estudiados. Luego se realiza la priorización mediante la aplicación de la *Media Aritmética*, para el caso de los subsistemas, y los criterios de *Desviación Estándar* y *Varianza* para el caso del sistema en general. Se completa la propuesta con la definición de escenarios por subsistemas y para el sistema.

2.1. Módulos básicos de los sistemas ERP

Cada sistema ERP se desarrolla para satisfacer un conjunto de funcionalidades que responden a situaciones determinadas, esto depende en gran medida de factores como: zona geográfica en que se encuentre el cliente que necesita el sistema y área específica que abarcará el sistema. Es de suma importancia para la investigación determinar la manera de agrupar una serie de subsistemas de acuerdo al área de negocio que gestionan.

Para esto se toma como referencia el estudio realizado por (Carreón, 2008), donde define los módulos básicos que deben contemplarse en un sistema ERP. En la tabla 4 se muestra cómo los sistemas de la población incluido Cedrux satisfacen la definición analizada.

Tabla 4. Clasificación de los módulos de los sistemas de la población y Cedrux en contraste con la clasificación de (Carreón, 2008)

Módulos Básicos (Carreón, 2008)	Assets	Versat	SAP	Cedrux
Finanzas	Contabilidad	Finanzas Caja y Banco	Contabilidad Financiera	Gestión financiera
Ventas	Ventas, Control Inventario	Inventario	Ventas y Distribución	_____
Compras	Compras	Inventario	Ventas y Distribución	_____

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Recursos Humanos	Recursos Humanos	Nóminas	Producción	Capital Humano
Producción	Control Inventario	Inventario	Gestión del Personal	Producción y/o Servicios
Logística	Devoluciones, Control Inventario	_____	Gestión Logística	Logística
Análisis	Auditorías Contables	Paquete de Gestión	Enterprise Controlling	Información Organizacional
Mantenimiento	Útiles y Herramientas	_____	Gestión del Mantenimiento	Gestión Mantenimiento
Proyectos	Auditorías Contables, Contabilidad	Generador de Reportes	Gestión de Proyectos	Apoyo a las Decisiones
Aplicaciones Cruzadas	Crystal Reports	Finanzas Caja y Banco	_____	Configuración

Analizando la tabla 4 se puede verificar el nivel de satisfacción que muestran los sistemas analizados conjunto a Cedrux, con respecto a la definición de (Carreón, 2008). Por tanto quedan sentadas las bases para una vez identificados los subsistemas presentes en los sistemas ERP, determinar el modelo de calidad que guiará la investigación para determinar qué atributos de calidad priorizar para estos sistemas.

2.2. Análisis de calidad para sistemas ERP

Para lograr una mayor organización dentro del proceso de evaluación es necesario definir los indicadores de calidad que debe cumplir Cedrux, y el orden de prioridad para cada indicador, con esa información y un desglose de escenarios se obtendrán los elementos necesarios para realizar el proceso de evaluación utilizando las técnicas de escenarios. Todo lo anterior se logra como primer paso mediante la identificación del modelo de calidad y luego examinando cómo este se manifiesta en los sistemas de la población.

2.2.1. Modelo de calidad

En sistemas tan complejos como los ERP, es necesario sentar pautas que guiarán el proceso de calidad, en textos anteriores se mencionan algunas de ellas, como el correcto diseño de la arquitectura y su

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

evaluación, dentro de este último, es imprescindible contar con un modelo que garantice tener en cuenta a la hora de evaluar todos los atributos del sistema. En el desarrollo de la investigación se hace necesario determinar el modelo de calidad al cual acogerse, teniendo en cuenta la cantidad de atributos y elementos que contempla el modelo ISO/IEC 9126 para la definición de la calidad de un producto *software* en general.

Para realizar el proceso de selección del modelo de calidad, se realizó un estudio para determinar hasta qué punto satisface el análisis de calidad de sistemas ERP. Se tomaron como población 3 sistemas de gestión: Versat Sarasola, Assets NS, SAP y se estudió como muestra el 65%, de esta población, quedando sin ser analizado el 35%, debido a que los usuarios entrevistados, no tenían experiencia en la explotación de todos los módulos de los sistemas que conforman la población.

La técnica empleada para el proceso de selección de la muestra, fue el *Muestreo intencional*, ya que se seleccionaron explícitamente los elementos representativos debido a lo explicado en el párrafo anterior y que de cierta manera son elementos representativos de la población o con posibilidades de brindar mayor información.

La tabla 5 muestra el grado de satisfacción del modelo en cuestión para el sistema SAP:

Tabla 5. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema SAP.

Atributos de calidad	Evidencia (Sistema SAP)	Bibliografía
Funcionalidad	El sistema SAP incluye una colección de herramientas que trabajan fusionadas con al ABAP Workbench muy estrechamente y conjunto a las funciones personalizadas, que son muy importante para manejar y coordinar el desarrollo y el trabajo personalizando dentro de un grupo de sistemas de SAP. Estas herramientas forman el Cambio global y Sistema de Transporte (CTS).	(Hernández, 2000)
	Se integra perfectamente con iBOLT All-in-One vía un adaptador certificado xAPPs empleando NetWeaver. Maximiza la facilidad de uso al retener la familiaridad	

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

	<p>de la interface de sus aplicaciones clave. Se adapta flexiblemente a soportar un amplio rango de escenarios de uso "Integración" de sitios Web:</p> <p>Monitoreo de procesos de negocios.</p> <p>Sincronización de datos maestros.</p> <p>Intercambio de datos entre sistemas.</p>	(Velázquez, 2005)
Usabilidad	<p>La interfaz que presenta SAP se comporta muy semejantemente a cualquier otra aplicación, con las ventanas típicas. Esto hace que no tenga mucho sentido para administradores y los consultores técnicos saber y controlar en esencia el sistema sin ser capaz usar los elementos esenciales de la presentación.</p>	(Hernández, 2000)
Confiabilidad	<p>SAP también tiene la capacidad para recuperar datos que por determinadas condiciones se pierdan o cancelen, por ejemplo:</p> <p>En el proceso de copiar datos de un cliente o agregar uno y por cualquier razón (como los problemas de almacenamiento de base de datos) el proceso de copia o creación se ha cancelado. Al intentar ejecutar de nuevo el mismo proceso el sistema le permite reiniciar la copia al punto donde previamente terminó o se canceló, permitiendo usar los mismos parámetros existentes anteriormente.</p>	(Hernández, 2000)
	<p>El sistema de la autorización está basado en un complejo sistema de objetos que realizan pruebas multicondicionales al sistema de privilegios de acceso. El sistema de la autorización prueba las condiciones múltiples antes de conceder a los usuarios el permiso para realizar una tarea en el sistema. Una prueba de</p>	(Hernández, 2000)

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

	acceso de multicondicional se define en el objeto de la autorización.	
Confiabilidad (continuación)	Los usuarios se definen y se mantienen, y la seguridad del sistema se fortalece en el caso de los usuarios, mediante las autorizaciones de SAP y el uso de los perfiles. (Hernández, 2000)	(Hernández, 2000)
Eficiencia	La gran cantidad de funcionalidades que abarca el sistema SAP proporciona que en la mayoría de los casos el sistema responda con un 100% de eficiencia en la realización de las tareas que se necesitan realizar	(Hernández, 2000)
Portabilidad	Permite a los usuarios navegar y escoger de las funciones disponibles para realizar sus tareas sin la necesidad de que memorice combinaciones del teclado o códigos. La navegación en los menús de la aplicación es posible con el ratón o con el teclado, seleccionando las opciones simplemente es como cualquier otra aplicación de las ventanas típica.	(Velázquez, 2005)
Mantenibilidad	El sistema de autorización de SAP ofrece muchas opciones para organizar la administración de usuarios, las autorizaciones y perfiles, haciéndolo bastante flexible al definir los roles.	(Hernández, 2000)

Versat Sarasola es una muestra representativa de las necesidades de las empresas cubanas y es de vital importancia que su estudio muestre qué modelo de calidad se ajusta al mismo, debido a sus peculiaridades, en la tabla 6 se recoge la satisfacción y el estudio realizado a este sistema:

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Tabla 6. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema Versat Sarasola.

Atributos de calidad	Evidencia (Sistema Versat Sarasola)	Bibliografía
Funcionalidad	Versat establece conciliaciones internas entre los distintos sistemas, como una de las posibilidades reales de la organización, para garantizar el control interno y cuadro de la composición de los saldos de las cuentas controladas por estos y los que muestra la Contabilidad General. Por las características del Sistema Integrado Versat Sarasola, es necesario instalar al menos los Subsistemas de Configuración, Contabilidad General y Costos y Procesos.	(González, y otros, 2000)
Funcionalidad (continuación)	Se puede definir los usuarios que trabajarán en el Sistema, asignar a los usuarios los permisos de trabajo en las Unidades Contables y dentro de estas a qué Subsistemas tienen acceso definir los niveles de Acceso dentro de cada Subsistema. Se pueden asignar niveles de acceso, cada uno de estos Niveles de Acceso se define por cada Subsistema, y tiene tareas específicas dentro de cada Subsistema, además que cada uno de ellos se define en dependencia del Subsistema en que realizarán sus tareas. El administrador del Sistema es el autorizado a crear usuarios en el sistema, a los cuales se le asignan en qué unidades contables trabajarán, dentro de ellas a qué Subsistema y por último qué Nivel de Acceso tendrán	(González, y otros, 2000)
Usabilidad	El sistema integrado de gestión Versat Sarasola ofrece facilidades a los usuarios para el trabajo en el sistema, ya que un usuario medio, sin plenos conocimientos de informática, puede comprender en poco tiempo todo el proceso de funcionamiento que necesita, además de contar con una interfaz agradable y familiar.	(González, y otros, 2000)

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Confiabilidad	<p>También es tolerante a fallas, para propiciar la seguridad del sistema y la confiabilidad que tendrá el mismo, en caso de realizarse una acción incorrecta en el sistema, problemas y otros aspectos de las actividades financieras de inventarios, de Activos Fijos como de otros Subsistemas. El sistema envía mensajes de error que alertan sobre estas situaciones, pero también proporciona reportes para el análisis de estas acciones, que se registran en una bitácora que posee el Versat.</p>	(González, y otros, 2000)
Eficiencia	<p>Analiza los resultados económico-financieros de la entidad y cada uno de los eslabones de dirección, en forma totalmente automatizada, esto trae consigo que no exista margen de error en los cálculos y otras acciones a realizar por parte del sistema, ya que se realizan con datos que se encuentran disponibles, y el sistema se encarga de los cálculos y demás acciones.</p>	(González, y otros, 2000)
Portabilidad	<p>Es un sistema que se puede adaptar a las características de la institución en que se desarrolla, y específicamente a Cuba, ya que al no contar con muchos recursos en algunas entidades estatales, en ocasiones se dificulta el trabajo con este tipo de sistemas. Los requisitos técnicos que exige Versat Sarasola son accesibles para cualquier empresa del país, además de que si no existe una red corporativa, se puede trabajar con el sistema como una estación de trabajo.</p>	(González, y otros, 2000)
Mantenibilidad	<p>El sistema presenta flexibilidad en muchos aspectos de su funcionamiento, tal es el caso mencionado anteriormente a la hora de definir formatos financieros. El administrador del sistema los puede definir de manera que se comprenda y domine mejor en la</p>	(González, y otros,

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

	apertura de cuentas y sus respectivos análisis en las Unidades Contables	2000)
--	--	-------

El estudio de este sistema se realizó mediante una encuesta (Ver Anexo 2) realizada al Administrador de Assets NS en el Departamento de Recursos Humanos de la Universidad de las Ciencias Informáticas, el mismo cuenta en su haber con una experiencia en la explotación del sistema, de 11 años, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Satisfacción de los atributos de calidad por el modelo ISO 9126 para el sistema Assets NS.

Atributos de calidad	Evidencia (Sistema Assets NS)	Bibliografía
Funcionalidad	El sistema colabora y opera con otros sistemas externos, en algunos casos, es necesario modificar datos, de manera más rápida y eficiente, también exportar datos para que trabajen en otros departamentos, como por ejemplo, los pertenecientes al Banco Metropolitano, para lo cual se exportan los datos en FoxPro para que puedan ingresarlos en su Base de Datos y trabajar con su sistema particular, con los datos que brinda el Assets NS. Cuando se necesitan reportes de datos, el sistema como no tiene un gestor de reportes propio, opera en conjunto con el Crystal Reports. Exporta datos para trabajar con ellos mediante el paquete de Office, como por ejemplo: Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft Access.	Anexo 2
Usabilidad	Es un sistema con el cual, según los datos proporcionados por el entrevistado, es muy fácil interactuar, ya que los iconos dan una idea de para qué se utilizan. El sistema cuenta con suficiente ayuda y documentación para facilitar el trabajo al usuario.	Anexo 2
	Cuando se va a ingresar al sistema, se escoge el usuario que va a entrar y con cuál Base de Datos	

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Confiabilidad	<p>trabajarán, ya que cuenta con varias Bases de Datos a las que tienen acceso los usuarios del sistema, en dependencia de su nivel de acceso y tareas que realicen.</p> <p>Assets NS tiene implementando mecanismos de Control de Acceso, ya que el Administrador define los usuarios y permisos que estos tendrán para realizar determinadas acciones en el sistema, en dependencia del usuario y de las tareas a realizar, así será su nivel de acceso.</p>	Anexo 2
Eficiencia	<p>Según los datos proporcionados en la encuesta, el sistema se puede calificar relativamente del 98 % en salida de datos eficiente, ya que en algunos casos existe margen de error al realizar tareas y cálculos complejos, aunque esto depende en gran medida de la exactitud de los datos de entrada. En ocasiones es necesario revisar la salida de datos, en caso que necesite una revisión previa por parte de los especialistas.</p>	Anexo 2
Portabilidad	<p>El sistema permite adaptarlo hasta cierto punto a las necesidades de la empresa donde se encuentre en explotación, además de poder reemplazar a otro sistema de gestión en cualquier para realizar las mismas tareas del anterior.</p>	Anexo 2

La tabla 8 constituye el resumen de las tablas 5,6, y 7, en la cual, se puede verificar la satisfacción de la norma para este tipo de sistemas.

Tabla 8. Atributos de calidad identificados en los sistemas ERP estudiados.

Indicadores	SAP	Assets NS	Versat Sarasola
Funcionalidad	X	X	X
Mantenibilidad	X	X	X

Confiabilidad	X	X	X
Portabilidad	X	X	X
Usabilidad	X	X	X
Eficiencia	X	X	X

Se puede presenciar que el modelo en cuestión abarca los atributos de calidad para los sistemas de la muestra, por lo que se evidencia la utilidad que representa este modelo para la evaluación de un sistema ERP, por tanto es el modelo que regirá y proporcionará las bases de la evaluación en su desarrollo.

2.3. Propuesta de atributos y escenarios

Uno de los objetivos de la presente investigación se basa en definir los escenarios tipos que pueden llegar a ser valiosos en la evaluación de un sistema ERP, para ello es necesario previamente estudiar la muestra que se escogió de la población, para determinar los posibles escenarios que puedan converger en ellos y así conformar los que se utilizarán para estos sistemas de forma general. Destacar que estos escenarios se elaborarán a partir de las definiciones para cada atributo del modelo de evaluación ISO/IEC 9126.

2.3.1. Propuesta para subsistemas

La investigación toma como base el estudio de (Carreón, 2008) para agrupar los subsistemas de un ERP, pero se precisa agrupar los sistemas de la población utilizada, por las Áreas de negocios que gestionan, por tanto en lo adelante en algunos casos se tomará la definición que plantea el estudio y en otros casos esta se desglosará en dependencia de los subsistemas de la población identificados en Un área específica.

Se analizarán los subsistemas que coincidan en dos o más sistemas, y los que se encuentran en este criterio son también representativos, ya que guardan similitudes muy marcadas con los subsistemas de CedruX que se encuentran en desarrollo.

Para la priorización de atributos se hizo un estudio de las posibles causas que puedan haber llevado a priorizar de esa forma el escenario (infraestructura, tecnologías), se analizó también sobre la base de su importancia, en dependencia de la priorización de un mismo escenario en módulos semejantes se calculó el promedio, para obtener el valor del escenario general.

Luego se utilizaron elementos estadísticos como es el caso de la *Media Aritmética*, la cual se ajustó al caso de los escenarios y atributos, para calcular la prioridad de estos últimos en los diferentes módulos, expresada en la fórmula: $\bar{X} = (\sum X_i \cdot f_i) / f_i$

Siendo:

X_i = Promedio de los valores del intervalo

f_i = Cantidad de escenarios dentro del rango.

Tomando como *Rango de Priorización* los posibles valores que se encuentran en la priorización de todos los escenarios, como *Promedio* y es algo que exige el criterio estadístico utilizado, es el promedio de los valores antes descritos, *Cantidad de Escenarios* representa la cantidad de escenarios para el módulo en general que se encuentran en ese rango de prioridad, aclarar aquí que los escenarios comunes se tomaron como uno solo a la hora de representarlo en el rango, los *Valores Resultantes* no son más que la multiplicación de *Promedio* y *Cantidad de Escenarios*. Necesario destacar aquí que la prioridad se define: a mayor valor de la media, mayor prioridad del atributo.

Los datos necesarios para aplicar el criterio para el atributo de *Funcionalidad* se muestran en la tabla 9:

Tabla 9. Datos para el atributo de Funcionalidad.

Rango Priorización	Promedio x_i	Cantidad escenarios f_i	Valores Resultantes $X_i \cdot f_i$
2 – 2.99	2.4	1	2.4
3 – 3.99	3.4	7	23.8
4 - 5	4.5	8	36
		16	62.2

Para el atributo de *Funcionalidad* en el subsistema de Recursos Humanos, el cálculo de la prioridad del atributo se realizó como sigue:

$$\bar{X} = (62.2) / 16 = 3.8$$

Análogamente para el resto de los atributos por subsistemas se utilizó este criterio, quedando la propuesta como sigue:

Resultado de la priorización y Propuesta de atributos para el módulo Recursos Humanos:

✓ *Funcionalidad: 3.9*

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ *Confiabilidad: 3.4*
- ✓ *Usabilidad: 3.7*
- ✓ *Eficiencia: 3.7*
- ✓ *Mantenibilidad: 3.6*
- ✓ *Portabilidad: 3.4*

Por lo resultados anteriores, se propone la priorización para el subsistema Recursos Humanos de la siguiente manera:

1. Funcionalidad
2. Eficiencia
3. Usabilidad
4. Mantenibilidad
5. Confiabilidad
6. Portabilidad

En lo adelante se muestran los resultados del cálculo de prioridad para los restantes subsistemas, y escenarios con sus respectivas medidas de respuesta, la tabla 10 muestra lo relacionado a Recursos Humanos:

Tabla 10. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Recursos Humanos.

Módulos	Versat Sarasola (Nóminas)	Assets NS	SAP (Gestión del Personal)	Coinciden
Funcionalidad	7	14	9	4
Mantenibilidad	4	6	5	3
Confiabilidad	5	6	4	3
Portabilidad	5	9	7	3
Usabilidad	6	11	9	4
Eficiencia	4	6	4	2

Como se hace alusión en el epígrafe 1.3.2 donde se menciona las partes que componen un escenario, las cuales son: *estímulo*, *ambiente* y *respuesta*, esta última cuenta con una *medida*, que consiste en el posible resultado del escenario al estímulo, este resultado puede variar cuando se aplique el escenario en un

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

contexto determinado, pero la medida de la respuesta permite tener una idea del resultado que se puede obtener.

Para el proceso de selección de la medida de la respuesta para los escenarios propuestos en el ambiente del sistema Cedrux se tuvo en cuenta en algunos casos el mayor valor de datos que proyectó la respuesta al escenario, y en casos que devuelvan un valor numérico, el criterio de selección es un promedio entre los dos valores que pueden divisarse en la respuesta y siempre escogiendo el mínimo valor.

Existen atributos que pueden generar igual o parecida medida de respuesta, por lo que estos se definirán como generales a nivel de sistema.

Funcionalidad:

- ✓ *Cuando se actualiza un infotipo (set de registros de datos relacionados), los datos antiguos no se pierden, sino que se graban en el módulo para realizar evaluaciones históricas.*
- ✓ *Al usuario actualizar los datos personales de un empleado, los datos antiguos se delimitan en el tiempo automáticamente. El sistema crea un período de validez para cada registro de los datos personales de un trabajador.*
- ✓ *El módulo importa información de sistemas externos tales como VLSY.*
- ✓ *El sistema permite importar y exportar de Fox Pro (dbf) y archivos de textos.*

En estos escenarios se escogió un caso común que estaba presente en la muestra, era ineludible pasar por alto estos casos, ya que se encontraba con excelentes resultados de su aplicación en los sistemas estudiados.

Eficiencia:

- ✓ *El módulo, para operaciones de recuperación de datos: solicitados por el usuario, brinda las respuestas a peticiones del cliente en un tiempo máximo de 20 segundos (esta cifra no incluye los retardos por concepto de tráfico de red).*

Este es un caso puntual, la medida de la respuesta se estableció como sigue: promedio de los tiempos resultantes de la aplicación de los escenarios en la muestra.

Mantenibilidad:

- ✓ *El módulo es capaz de someterse a un cambio que necesite el usuario, sin afectar su desempeño y estar disponible.*

Portabilidad:

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ *En caso de instalar una nueva versión del sistema, el módulo garantiza la compatibilidad de los datos de la versión antigua con la nueva*

La mayoría de los subsistemas de la muestra se evaluaron prácticamente con los mismos escenarios, y en otros módulos surgieron escenarios específicos, que en lo adelante a medida que se analicen de forma puntual estos subsistemas se indicarán dichos escenarios.

Confeccionada la propuesta para el subsistema anterior, se define posteriormente el mismo proceso para Contabilidad, conjunto con los datos mostrados en la tabla 11:

Tabla 11. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Contabilidad Gral.

Módulos	Versat Sarasola	Assets NS	SAP	Coinciden
Funcionalidad	7	16	-	5
Mantenibilidad	4	6	-	3
Confiabilidad	5	8	-	3
Portabilidad	5	15	-	5
Usabilidad	6	12	-	5
Eficiencia	4	5	-	1

Funcionalidad:

- ✓ *El sistema tarda en responder a la funcionalidad abrir el Reporte de Reintegro en un periodo de tiempo mínimo de 20 segundos.*

Medida de la respuesta: promedio de los tiempos resultantes de la aplicación de los escenarios en la muestra, y luego se procede a escoger el menor tiempo resultante.

- ✓ *El módulo importa información de sistemas externos tales como VLSY.*
- ✓ *El sistema permite importar y exportar de Fox Pro (dbf) y archivos de textos.*
- ✓ *El usuario que realiza el proceso de dar alta en el módulo no puede efectuar el proceso de baja, el módulo limita los procesos según el nivel de acceso que posea un cliente.*
- ✓ *Al usuario ejecutar la funcionalidad de cálculo de nómina el tiempo de respuesta del sistema oscila en un periodo de tiempo entre 20 y 30 segundos.*

En estos casos fue necesario plasmar estos casos comunes que estaban presentes en los sistemas muestra, y que contaban con excelentes resultados de su aplicación en los sistemas estudiados.

Propuesta de atributos para el módulo:

Los resultados obtenidos del proceso de priorización concerniente a cada atributo se disponen a continuación:

- ✓ *Funcionalidad: 3.10*
- ✓ *Confiabilidad: 3.9*
- ✓ *Usabilidad: 3.8*
- ✓ *Eficiencia: 3.7*
- ✓ *Mantenibilidad: 3.3*
- ✓ *Portabilidad: 3.4*

Por lo resultados anteriores, se proponen para el subsistema analizado los atributos en el siguiente orden de importancia:

1. Funcionalidad
2. Confiabilidad
3. Usabilidad
4. Eficiencia
5. Portabilidad
6. Mantenibilidad

La tabla 12 mostrada a continuación resume de manera general todo el análisis realizado con el subsistema Activos Fijos:

Tabla 12. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Activos Fijos.

Módulos	Versat Sarasola	Assets NS	SAP	Coinciden
Funcionalidad	7	14	-	5
Mantenibilidad	4	6	-	4
Confiabilidad	5	6	-	5
Portabilidad	5	9	-	5
Usabilidad	6	11	-	6
Eficiencia	4	6	-	2

Confiabilidad:

- ✓ *El módulo posee recuperación ante fallos en el centro de datos en tiempo de ejecución de manera transparente al usuario.*

Escenario que se escogió por ser un caso específico y necesario, pero además necesario e influyente en la calidad de las prestaciones de uno de los módulos de la muestra.

Usabilidad:

- ✓ *Luego de ejecutar cualquier funcionalidad en el ambiente de trabajo, para salvar la información se hará solo cuando esta se encuentre, de no estarlo el usuario recibe una notificación de que son necesarios dichos datos y no se continúa el guardado.*

Escenario que también representa un caso específico y necesario, pero además necesario e influyente en la calidad de las prestaciones de uno de los módulos de la muestra. Este escenario es común en todos los subsistemas estudiados pero no tan general como para ser un escenario propuesto para el sistema.

Propuesta de atributos para el módulo:

El proceso de priorización concerniente a cada atributo aportó los datos que se muestran a continuación:

- ✓ *Funcionalidad: 4*
- ✓ *Confiabilidad: 3.9*
- ✓ *Usabilidad: 3.6*
- ✓ *Eficiencia: 3.8*
- ✓ *Mantenibilidad: 2.8*
- ✓ *Portabilidad: 3.5*

Obtenidos los resultados de la priorización para el subsistema en análisis, se procede a definir la priorización de los atributos de calidad:

1. Funcionalidad
2. Confiabilidad
3. Eficiencia
4. Usabilidad
5. Portabilidad
6. Mantenibilidad

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Con los datos relacionados en la tabla 13 se realizará el proceso anterior para el subsistema Inventario:

Tabla 13. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Inventario.

Módulos	Versat Sarasola	Assets NS	SAP	Coinciden
Funcionalidad	7	14	-	6
Mantenibilidad	4	6	-	4
Confiabilidad	5	6	-	5
Portabilidad	5	9	-	4
Usabilidad	6	11	-	6
Eficiencia	4	6	-	2

Funcionalidad:

- ✓ *En un 10% el módulo no cumple con las funciones que se necesitan en el ambiente de trabajo ya que es necesario implementar consultas a la BD.*
- ✓ *El módulo maneja la seguridad de acceso y administración de usuarios mediante el otorgamiento de privilegios y roles, asignación de perfiles, para ejecutar cualquier funcionalidad en el ambiente de trabajo.*
- ✓ *Si el usuario necesita importar información desde sistemas externos, el módulo importa información de sistemas tales como VLSY.*
- ✓ *Si el usuario necesita contener información en sistemas externos, el módulo permite exportar a Fox Pro (dbf) y archivos de textos.*
- ✓ *El módulo define una serie de roles asociados con acciones específicas que en un módulo específico pueden realizar una función determinada y en otro modulo efectuar más funciones pero que no tengan relación entre ellas.*

Escenarios que representan unos casos específicos y necesarios, pero además necesarios para lograr un punto máximo de calidad en las prestaciones de uno de los módulos de la muestra.

Propuesta de atributos para el módulo:

Resultados obtenidos:

- ✓ *Funcionalidad: 4.4*
- ✓ *Confiabilidad: 3.7*

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ Usabilidad: 3.5
- ✓ Eficiencia: 3.5
- ✓ Mantenibilidad: 3
- ✓ Portabilidad: 3.2

Con los resultados obtenidos del análisis y cálculo de la prioridad para los atributos del subsistema, finalmente se propone que los mismos para el subsistema Activos Fijos sea de la siguiente manera:

1. Funcionalidad
2. Confiabilidad
3. Usabilidad
4. Eficiencia
5. Portabilidad
6. Mantenibilidad

La tabla 14 recoge el análisis específico del módulo Ventas de la muestra, este subsistema se estudió aunque no esté presente como un subsistema en Cedrux, pero este proceso se realiza mediante Inventario, por lo que se decide realizar el estudio y propuesta también para este subsistema:

Tabla 14. Cantidad de escenarios por atributos para el módulo Ventas.

Módulos	Versat Sarasola	Assets NS	SAP	Coinciden
Funcionalidad	-	15	11	5
Mantenibilidad	-	6	4	3
Confiabilidad	-	6	4	2
Portabilidad	-	9	7	3
Usabilidad	-	11	10	5
Eficiencia	-	6	4	2

Funcionalidad:

- ✓ El sistema permite importar y exportar de Fox Pro (dbf) y archivos de textos.
- ✓ El sistema permite importar información de Microsoft Access, SQL.

Escenarios que representan unos casos específicos y necesarios, pero además necesarios para lograr un punto máximo de calidad en las prestaciones de uno de los módulos de la muestra.

Propuesta de atributos para el módulo:

Resultados obtenidos del proceso de priorización:

- ✓ *Funcionalidad: 3.7*
- ✓ *Confiabilidad: 3.8*
- ✓ *Usabilidad: 3.6*
- ✓ *Eficiencia: 4*
- ✓ *Mantenibilidad: 3.5*
- ✓ *Portabilidad: 3.4*

Para este subsistema, se propone el trabajo con los atributos de calidad como se detalla a continuación:

1. *Eficiencia*
2. *Confiabilidad*
3. *Funcionalidad*
4. *Usabilidad*
5. *Mantenibilidad*
6. *Portabilidad*

Construida sobre la base de la aplicación de los escenarios definidos en la investigación a los especialistas de cada sistema, se ha realizado la especificación de la propuesta de escenarios con sus respectivas medidas de respuestas y atributos por módulos. La priorización de atributos enfocada en la utilización de la media aritmética, definió los valores finales que se proponen para dichos atributos en los subsistemas analizados, obteniéndose resultados fundamentados y que resumen el trabajo realizado con los escenarios arquitectónicos empleados.

Posteriormente se procederá a definir una propuesta similar a la realizada anteriormente, pero generalizada para el sistema.

2.3.2. Propuesta general para el sistema

Tomando como referencia los datos obtenidos con anterioridad, se ha identificado una serie de escenarios generales para el sistema. Estos han sido seleccionados en dependencia de su nivel de coincidencia en los sistemas estudiados, y necesidad para la evaluación arquitectónica de dichos escenarios. Los mismos se pueden seguir perfeccionando y en la medida de su aplicación en evaluaciones posteriores, enriquecer la propuesta con una mayor cantidad de escenarios que tributen a una evaluación exhaustiva.

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

La propuesta queda definida por atributos de calidad y se presenta a continuación:

Funcionalidad:

- ✓ *Un usuario necesita exportar información hacia sistemas externos, y el sistema en explotación debe realizar esta funcionalidad como mínimo hacia 3 sistemas de manera eficiente.*

Para este escenario se escogió el menor valor de sistemas a los que exportan los subsistemas de la muestra utilizada en la investigación.

- ✓ *Un usuario ejecuta un evento de gestión en el ambiente de explotación y el tiempo máximo de respuesta del sistema debe ser inferior a los 20 segundos.*

Para estimar en este caso la medida de la respuesta, se utilizó el criterio de promedio de los tiempos resultantes de la aplicación de los escenarios en la muestra

- ✓ *Para el usuario ejecutar acciones en el ambiente de trabajo del sistema, este debe tener definidas las tareas, de acuerdo a los niveles de acceso que definirá un administrador del sistema en general.*
- ✓ *El sistema debe registrar todas las tareas realizadas por un usuario en su tiempo de explotación.*
- ✓ *El sistema debe exportar salidas de información que necesite el usuario, al paquete de Microsoft Office de manera eficiente.*
- ✓ *Si el usuario necesita información contenida en sistemas externos, el sistema permite las operaciones de importar/exportar dicha información, de manera eficiente.*
- ✓ *El sistema cuenta con un mecanismo para prevenir errores, en caso de existir un fallo como un dato incorrecto o una acción indebida por parte del usuario, los módulos que no sean afectados por el error siguen funcionando.*

En estos escenarios se escogieron casos comunes que estaban presentes en los sistemas muestra, era ineludible pasar por alto estos casos, ya que se encontraban con excelentes resultados de su aplicación en los sistemas estudiados.

- ✓ *El sistema garantiza en un 95% el cumplimiento de todas las funciones que requiere el usuario para realizar de forma correcta su labor, en el ambiente de trabajo.*

Para seleccionar esta medida de respuesta se hizo énfasis en una media de los valores arrojados por la muestra estudiada, donde el 75% de esta se veía afectada por solo ser idóneo en un 90% y solo el 25% era competente en un 100%.

Confiabilidad:

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ *El sistema permite detectar fallos internos y notificar al usuario de la ocurrencia de estos, además de adaptarse de acuerdo las necesidades de explotación del ambiente donde se utilice.*
- ✓ *El sistema maneja entrada de datos incorrectos por parte del usuario en el ambiente de trabajo, al mismo tiempo que permitirá que los módulos que no sean afectados por el error se mantengan funcionales todo el tiempo.*
- ✓ *El sistema posee recuperación ante fallos en el centro de datos en tiempo de ejecución, y este proceso se realiza de manera transparente para el usuario.*
- ✓ *En caso que se cae la conectividad y el usuario se encuentra ejecutando una funcionalidad o proceso en el sistema, este debe establecer un estado de recuperación para los datos en los que se estaba trabajando, y cuando se restablezca del incidente, no empezar las operaciones desde cero.*

Usabilidad:

- ✓ *El trabajo con las funcionalidades del módulo ha de ser intuitivo para el usuario en el ambiente donde se utilicen, facilitando que los iconos den una idea de su funcionalidad además de que tengan una breve descripción de su utilidad.*
- ✓ *En el ambiente de trabajo, el sistema deberá ser consistente en el uso de abreviaturas, utiliza la misma abreviación siempre para la misma palabra y nunca en un elemento de selección o menú.*
- ✓ *Al usuario cometer algún error en la realización de alguna funcionalidad con el sistema en el ambiente de trabajo, estos errores le son notificados al usuario y los mensajes incluyen sugerencias de las posibles soluciones.*
- ✓ *El sistema le brinda al usuario la posibilidad de acceder con un clic o apretando una tecla a la ayuda, desde cualquier interfaz de trabajo, del mismo modo, posee una documentación clara y entendible que facilite el trabajo.*
- ✓ *Los iconos del sistema brindan al usuario una idea de su funcionalidad, además de que todos los elementos que lo componen posean una descripción breve de para qué se utilizan.*
- ✓ *El sistema se encuentra estandarizado con uniformidad en cuanto a la posición de iconos, menús, funcionalidades, para facilitar al usuario el trabajo en el ambiente.*

Para estos atributos, se escogió un argumento usual que se encontraba en los sistemas muestra, el cual se encontraba con altos valores de prioridad y necesidad en el 100% de la muestra estudiada, en lo

adelante las propuestas de medidas de respuestas de un escenario, también se acogerán a dicho criterio, en caso de que existan casos específicos se acentuarán estos.

Eficiencia:

- ✓ *El usuario puede ejecutar en el módulo una funcionalidad en un periodo de tiempo menor a los 30 segundos.*
- ✓ *El sistema, para operaciones de modificación o búsqueda de datos, brinda las respuestas a peticiones del usuario en un tiempo máximo de 20 segundos (esta cifra no incluye los retardos por concepto de tráfico de red).*
- ✓ *El sistema, para operaciones de recuperación de datos, brinda las respuestas a peticiones del usuario en un tiempo máximo de 20 segundos (esta cifra no incluye los retardos por concepto de tráfico de red).*

Para estimar en este caso la medida de la respuesta, se utilizó el criterio de promedio de los tiempos resultantes de la aplicación de los escenarios en la muestra.

- ✓ *Cuando el sistema trabaja bajo condiciones establecidas, controla que ningún proceso realizado por el usuario, se quede sin recursos (memoria) cuando los necesita, o al menos que todos puedan seguir funcionando correctamente.*
- ✓ *El sistema facilita a sus subsistemas compartir la Base de Datos.*

Mantenibilidad:

- ✓ *En caso de realizarle modificaciones al sistema por necesidad y pedido de los clientes en el ambiente donde se utiliza, estos cambios se pueden validar.*
- ✓ *El sistema se puede adaptar de acuerdo a las necesidades de explotación del usuario en el ambiente donde se utilice.*
- ✓ *El sistema es capaz de someterse a un cambio que necesite el usuario, sin afectar su desempeño y estar disponible.*
- ✓ *El usuario puede personalizar el ambiente de trabajo para su satisfacción (modificar colores, posición de elementos).*
- ✓ *El sistema permite detectar módulos o funciones que necesitan ser modificadas para el ambiente de trabajo y notificar al usuario.*

Portabilidad:

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ Para el usuario garantizar la funcionalidad de un módulo no tiene necesidad de instalar todos los del sistema, ya que puede realizarse una instalación personalizada.
- ✓ El sistema permite sustituir otro sistema de gestión en cualquier ambiente para que el usuario realice las mismas tareas del anterior.
- ✓ El sistema permite que sus módulos puedan instalarse fácilmente en todos los ambientes donde necesite el usuario, en máquinas con Sistema Operativo Windows, Linux, y además con ip autorizado en la subred en caso de que exista una conexión.
- ✓ La errónea ejecución de ciertas funciones de un módulo en el sistema no afectan funcionalidades del otro.
- ✓ Si el usuario instala una nueva versión del sistema, este garantiza la compatibilidad de los datos entre las versiones.

Propuesta de atributos para el sistema:

Para obtener el valor de los atributos del sistema se utilizó el criterio de la *Varianza y Desviación Estándar*. Para utilizar este criterio, se necesita contar con el valor de la media (\bar{X}), para el elemento que se va a calcular el valor de la desviación.

Luego se obtiene el valor de la *Varianza* mediante la fórmula: $S^2 = \sum^n (X_i - \bar{X})^2 / n - 1$. Donde:

X_i = Valor del atributo en cada subsistema

\bar{X} = Valor de la media del atributo para todos los subsistemas.

n = cantidad de subsistemas.

Los valores de cada atributo para cada subsistema se muestran en la tabla 15:

Tabla 15. Valores generales de la priorización de los atributos.

Módulos	Funcionalidad	Confiabilidad	Usabilidad	Eficiencia	Mantenibilidad	Portabilidad
Recursos Humanos	3.9	3.4	3.7	3.7	3.6	3.5
Contabilidad	3.10	3.9	3.8	3.7	3.3	3.4
Activos Fijos	4	3.9	3.6	3.8	2.8	3.5
Inventario	4.4	3.7	3.5	3.5	3	3.2
Ventas	3.7	3.8	3.6	4	3.5	3.4

La *Desviación Estándar* básicamente se utiliza cuando hay varios resultados posibles y están muy dispersos. En ese caso se ve claramente que hay inseguridad en el resultado final, mientras más concentrados estén los resultados, más confianza en el resultado final.

Lo anterior se traduce a que entre menos sea el valor calculado entre una serie de elementos con valores dispersos, mayor será la probabilidad de ocurrencia de ese elemento. Según la estadística se puede calcular con la siguiente fórmula: $S = \sqrt{S^2}$. Donde:

S^2 = Valor de la varianza

Empleo del criterio estadístico para obtener el valor del atributo **Funcionalidad** para el sistema:

Datos:

$X_1 = 3.9, X_2 = 3.10, X_3 = 4, X_4 = 4.4, X_5 = 3.7, \bar{X}_F = 3.8, n - 1 = 4$

Sustitución:

$$S^2 = (3.9 - 3.8)^2 + (3.10 - 3.8)^2 + (4 - 3.8)^2 + (4.4 - 3.8)^2 + (3.7 - 3.8)^2 / 4 = 0.2$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.2} = 0.44$$

Análogamente se realizó el cálculo para todos los atributos mediante el criterio explicado anteriormente y utilizando los valores de la tabla 13. Los valores obtenidos se muestran a continuación:

- ✓ **Funcionalidad:** 0.44
- ✓ **Confiabilidad:** 0.2
- ✓ **Usabilidad:** 0.1
- ✓ **Eficiencia:** 0.17
- ✓ **Mantenibilidad:** 0.33
- ✓ **Portabilidad:** 0.1

Por lo que la propuesta queda definida como sigue:

1. **Usabilidad**
2. **Portabilidad**
3. **Eficiencia**
4. **Confiabilidad**
5. **Mantenibilidad**
6. **Funcionalidad**

De esta forma queda definida la Propuesta de escenarios arquitectónicos y atributos de calidad para la evaluación arquitectónica de Cedrux. Confeccionada luego del estudio de las bases teóricas que tutelan

dicho proceso, y otros criterios de la Estadística, con el objetivo de brindar una solución a determinados problemas identificados en el sistema.

2.4. Conclusiones parciales

- ✓ El modelo ISO 9126 resultó adecuado para la definición de calidad de los sistemas ERP, pues abarcó los indicadores evidenciados en los sistemas analizados
- ✓ La definición de los escenarios y atributos por subsistemas con sus respectivas priorizaciones, es fundamental, para tener elementos que apoyen el proceso de evaluación arquitectónica de los ERP, ya evaluando cada subsistema se tributa de cierta manera a la calidad general del sistema.
- ✓ Con la definición de escenarios arquitectónicos y atributos de manera general por sistema, se persigue que el proceso de evaluación general del sistema arroje resultados satisfactorios que ayuden en la toma de decisiones acertadas a los arquitectos, independientemente si se evaluó o no cada subsistema.

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

En el transcurso de esta tesis se hizo evidente la necesidad de realizar un correcto trabajo con los atributos de calidad en el momento de definir la línea base de la arquitectura, en el caso de la priorización de estos, así como la necesidad de contar con escenarios arquitectónicos definidos para la evaluación arquitectónica. Sin embargo, luego de ser realizada la propuesta, es necesario validar su eficacia en la solución de los problemas presentados con anterioridad y su carácter práctico. Este capítulo explica las distintas acciones trazadas para lograr la validación de la metodología de evaluación de arquitectura.

3.1. Proceso de validación de la propuesta

Con el objetivo de validar el nivel de utilidad de la propuesta de atributos y escenarios para la evaluación arquitectónica, a la hora de brindarle solución a los problemas identificados en el proceso de evaluación de la arquitectura del sistema Cedrux, se diseñó una estrategia de validación.

Esta estrategia abarca en la primera etapa la utilización de un método de evaluación técnica basado en criterios de expertos, que mida el grado de aceptación de la propuesta.

El uso de esta estrategia permite a los arquitectos poseer resultados medibles del punto de factibilidad de la propuesta desde el punto de vista de los resultados emitidos por los expertos en el tema, para posteriormente aplicarla en el sistema Cedrux, lo que aumenta la posibilidad de éxito de la aplicación de la propuesta.

3.2. Análisis de los resultados

Alcanzados los resultados finales de las encuestas realizadas a los expertos seleccionados para determinar su nivel de competencia, se escogieron 8 expertos que cumplieran que dicho coeficiente era alto o medio.

Se procede a realizar la encuesta de validación de la propuesta (Ver Anexo 3), para conocer la opinión de los encuestados sobre el nivel de aprobación con que cuenta esta.

Con tal objetivo se utilizó el modelo matemático Torgerson que según (González, 2010), ofrece objetividad a los criterios de los expertos, al convertir la escala ordinal en escala de intervalo para realizar los cálculos a los que hace referencia este modelo. En la tabla 16 se exponen los resultados para calcular la concordancia de los expertos mediante el coeficiente de concordancia Kendall (**W**) y el Chi cuadrado (**X²**):

Tabla 16. Concordancia de los expertos

Elementos	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	R _j
Pregunta 1.1	4	5	5	5	5	5	4	5	38
Pregunta 1.2	5	4	5	5	5	5	4	4	37
Pregunta 1.3	5	5	5	4	5	4	4	4	36
Pregunta 1.4	5	4	5	5	4	5	5	4	37
Pregunta 1.5	5	4	5	4	4	4	4	5	35
Pregunta 1.6	4	5	5	5	5	4	5	5	38
Pregunta 2.1	4	4	5	4	5	4	4	5	35

- ✓ Para cada criterio se determina:

ΣE: Sumatoria del peso dado por cada experto

E_p: Puntuación promedio del peso dado por cada experto

MΣE: Media de los ΣE

C: Diferencia entre ΣE y MΣE

- ✓ Se determina la desviación de la media, que posteriormente se eleva al cuadrado para obtener la dispersión (**S**) por la expresión:

$$S = \sum (\Sigma E - \Sigma \Sigma E / C)^2$$

- ✓ Conociendo la dispersión se puede calcular el coeficiente de concordancia de Kendall (**W**)

$$W = S / E2 (C3 - C) / 12$$

- ✓ El coeficiente de concordancia de Kendall permite calcular el Chi cuadrado real

$$X^2 = E (C-1) W$$

- ✓ El Chi cuadrado calculado se compara con el obtenido de las tablas estadísticas (**X² (α, c-1)**).

Se toma este valor de (alfa) $\alpha = 0.05$, por dos motivos, primero porque consultando al Dr. Efrén Vázquez Silva del Departamento Docente Central de Matemáticas de la UCI, explicaba que ese valor lo prefija el investigador. El otro motivo de selección se debe a que (Hernández León, 2009) en el epígrafe 5.2 referente al procedimiento para la evaluación de proyectos, selecciona el coeficiente alfa con un valor de 0.05, como el valor adecuado para la valoración de la fiabilidad de las medidas asociadas a la validación. Luego de fijar el valor de alfa, si se cumple $X^2_{real} < X^2(\alpha, c-1) \rightarrow$ Existe concordancia en el trabajo de expertos.

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

Como resultado de los cálculos realizados anteriormente se obtuvo $1.74 < 12.59$, entonces se cumple la afirmación anterior con un nivel de confianza que depende el alfa seleccionado

Luego del análisis de los datos de concordancia entre los expertos, se cometen las siguientes acciones con el objetivo de lograr los resultados esperados:

- ✓ Se define una tabla que contiene la frecuencia absoluta, donde se pone la cantidad de expertos que le dieron a cada pregunta un criterio determinado, la misma se muestra en la tabla 17:

Tabla 17. Frecuencia absoluta

Elementos	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	Total
Pregunta 1.1	6	2	0	0	0	8
Pregunta 1.2	5	3	0	0	0	8
Pregunta 1.3	4	4	0	0	0	8
Pregunta 1.4	5	3	0	0	0	8
Pregunta 1.5	3	5	0	0	0	8
Pregunta 1.6	6	2	0	0	0	8
Pregunta 2.1	3	5	0	0	0	8

- ✓ Luego de culminada la tabla anterior, se pasa al otro paso del método, el cual es construir la tabla de frecuencias absolutas acumuladas; en la misma se mantiene la primera columna igual, y las restante se calculan sumando la anterior, la tabla se muestra en la Tabla 18:

Tabla 18. Frecuencia absoluta acumulada

Elementos	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Pregunta 1.1	6	8	8	8	8
Pregunta 1.2	5	8	8	8	8
Pregunta 1.3	4	8	8	8	8
Pregunta 1.4	5	8	8	8	8
Pregunta 1.5	3	8	8	8	8
Pregunta 1.6	6	8	8	8	8
Pregunta 2.1	3	8	8	8	8

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ Luego se prosigue a llenar la tabla de frecuencias relativas acumuladas, la cual se obtiene dividiendo cada elemento de la tabla entre la cantidad de expertos y se muestra en la tabla 19:

Tabla 19. Frecuencia relativa acumulada

Elementos	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Pregunta 1.1	0,7500000000	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 1.2	0,625	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 1.3	0,5	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 1.4	0,625	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 1.5	0,375	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 1.6	0,75	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Pregunta 2.1	0,375	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

- ✓ Finalmente se calculan los puntos de cortes, los cuales representan numéricamente el grado de adecuación de cada criterio según la opinión de los expertos consultados. Para calcular estos puntos de cortes se le aplica a la tabla de frecuencias relativas acumuladas (Tabla 20) la función de distribución normal (Dist. Normal. Standard Inv.) Ver Anexo 5.

Tabla 20. Frecuencia relativa acumulada

Elementos	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	Suma	P	N - P	Categorías
Pregunta 1.1	0,67	3,72	3,72	3,72	11,83	2,96	-0,69	Muy adecuado
Pregunta 1.2	0,32	3,72	3,72	3,72	11,48	2,87	-0,60	Muy adecuado
Pregunta 1.3	0,00	3,72	3,72	3,72	11,16	2,79	-0,52	Muy adecuado
Pregunta 1.4	0,32	3,72	3,72	3,72	11,48	2,87	-0,60	Muy adecuado
Pregunta 1.5	-0,32	3,72	3,72	3,72	10,84	2,71	-0,44	Muy adecuado
Pregunta 1.6	0,67	3,72	3,72	3,72	11,83	2,96	-0,69	Muy adecuado
Pregunta 2.1	-0,32	3,72	3,72	3,72	10,84	2,71	-0,44	Muy adecuado
Suma	1,35	26,03	26,03	26,03	79,45			
Puntos de corte	0,19	3,72	3,72	3,72				

Capítulo III: Validación de la propuesta de solución

- ✓ Luego de realizado los cálculos anteriores se calcula los puntos de cortes para determinar la categoría o grado de adecuación de cada criterio a la opinión de los expertos, los cuales se observan en la tabla 21:

Tabla 21. Grado de adecuación de cada criterio a la opinión de los expertos.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	No Adecuado
0,19	3,72	3,72	3,72	-

Observación: A menor valor del punto de corte, mayor nivel de aceptación para el criterio.

Luego de efectuado el proceso de validación se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Los expertos seleccionados para la validación tienen un nivel medio y alto.
- ✓ Todas las preguntas fueron catalogadas por los expertos de *Muy adecuado* y *Bastante adecuado*.
- ✓ Aproximadamente el 57.14% de las preguntas fueron catalogadas por los expertos de muy adecuado, y el 42.85% de bastante adecuado, por lo que se puede apreciar el alto grado de aceptación de la propuesta.

Analizando los valores de los puntos de corte obtenidos, se define que el 100% de los expertos coinciden con que la propuesta realizada, constituye un elemento necesario para incluir en el proceso de evaluación de la arquitectura de Cedrux, para mitigar riesgos arquitectónicos mediante la evaluación basada en escenarios, entre otros elementos de importancia.

3.3. Conclusiones parciales

- ✓ La utilización del método Delphi para realizar la validación de la propuesta es muy efectivo debido a las características que posee, y en cuanto a la secuencia de las acciones que se realizan para obtener los resultados finales de la validación.
- ✓ Como criterio de aceptación de la propuesta se obtuvo un significativo 0.19, otorgado al criterio de *Muy Aceptable*, esto se debe en parte a que el 57.14% de las preguntas de la encuesta utilizada para validar, fueron catalogadas con este criterio, quedando evidenciado la validez y aceptación final que obtuvo la propuesta, por parte de los arquitectos involucrados en el proceso de validación.

CONCLUSIONES

La investigación realizada conllevó a las siguientes conclusiones:

- ✓ La evaluación arquitectónica de los sistemas ERP es fundamental en el logro de la obtención de un producto con calidad.
- ✓ El modelo de calidad 9126 abarca satisfactoriamente los elementos de calidad a tener por un sistema ERP.
- ✓ La técnica de escenarios es una práctica válida para la evaluación arquitectónica de sistemas de este tipo, ya que puede ser entendida por todos los involucrados.
- ✓ La propuesta no constituye una ley o reglamento para cumplir tal y como se establece, es una medida, un punto de comparación hacia donde debe dirigirse Cedrux para estar en equilibrio con las soluciones que existen en el mercado.
- ✓ Se identificaron un conjunto de escenarios y atributos, con sus priorizaciones respectivas, lo que permitió sentar bases para la evaluación y por tanto tributar a la calidad del producto, dando cumplimiento así al objetivo de la investigación.

RECOMENDACIONES

- ✓ Tomar la Propuesta como base para concientizar a arquitectos y equipo de trabajo en general sobre el impacto de los atributos de calidad en el producto final.
- ✓ Continuar enriqueciendo la propuesta con escenarios y tiempos de respuesta que surjan luego de aplicarla con éxito en Cedrux.

BIBLIOGRAFÍA

- Angeleri, Paula María. 2007.** *NORMAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE*. 2007.
- Arriojas, Mercedes. 2004.** *Teoría de las Probabilidades*. 2004.
- Astudillo, Hernán. 2004.** *Arquitectura de Software IV: Procesos y evaluación*. 2004.
- Bachmann, Felix y Bass, Len. 2001.** *Introduction to the Attribute Driven Design Method*. 2001.
- Carnicero, Antonio Toledo y Pérez, Pablo Pérez. 2004.** *Gestión de Sistemas de Información*. 2004.
- Colindres, Julio César Rosales. 2010.** *EL ROL DEL ARQUITECTO DE SOFTWARE* . 2010.
- Gómez, Omar Salvador Gómez. 2005.** *Proceso de evaluación para arquitecturas de software usadas en el sector empresarial (PEASSE)*. 2005.
- González, Aleksander, y otros. 2005.** *Método de Evaluación de Arquitecturas de Software Basadas en Componentes (MECABIC)*. 2005.
- Kazman, R. y Pree, W. 2000.** *Architecture analysis: The SAAM, ATAM*. 2000.
- Kronbichler, Stephan A., Ostermann, Herwig y Staudinger, Roland. 2010.** *A COMPARISON OF ERP-SUCCESS MEASUREMENT APPROACHES*. 2010.
- Medina, Cesar Julio Bustacara. 2008.** *Evaluación de Arquitecturas de Software*. 2008.
- Menezes, Paulo André da Conceição y Ladrón-de-Guevara, Fernando González. 2010.** *MAXIMIZACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS ERP*. 2010.
- Morilla, José Joaquín Ruiz. 2009.** *ISO 9126 vs. SQuaRE*. 2009.
- Muñoz, David Ruiz. 2004.** *Manual Estadística*. 2004.
- Ozkaya, Ipek, Kazman, Rick y Klein, Mark. 2007.** *Quality-Attribute-Based Economic Valuation of Architectural Patterns*. 2007.
- Pereira, Betzabeth, y otros. 2009.** *Métricas de Calidad de Software*. 2009.
- Rozanski, Nick y Woods, Eoin. 2005.** *Software Architecture with Viewpoints and Perspectives*. 2005.
- Velasco, Carlos Canal. 200.** *Un Lenguaje para la Especificación y Validación de Arquitecturas de Software*. 200.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbacci, M, y otros. 1995.** *Quality Attributes. Carnegie Mellon University. Technical Report.* 1995.
- Bass, L, Clements, P y & Kazman, R. 1998.** *Software Architecture in practice. Addison-Wesley.* 1998.
- Bosch, J. 2006.** *Design & Use of Software Architectures. s.l. : Addison-Wesley. 2da Edición.* 2006.
- Cabral Padilha, Thais Cássia and Silva Marins, Fernando Augusto. 2005.** *Sistemas ERP: características, custos e tendências. s.l. : Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá – UNESP, 2005. Vol. 15.*
- Bosch, J. 2000.** *Design & Use of Software Architectures. Addison-Wesley.* 2000.
- Buschmann, F., y otros. 2008.** *Pattern – Oriented Software Architecture. A System of Patterns. Inglaterra : John Wiley & Sons. 3ra Edición, 2008.*
- Carreón Suarez del Real, María Cristina. 2008.** *Tesis de Maestría: Construcción de un catálogo de patrones de requisitos funcionales para ERP.* 2008.
- Carriere, J, Kazman, R y Woods, S. 2000.** *Toward a Discipline of Scenario based Architectural Engineering.* 2000.
- Carriere, J, Kazman, R y Woods, S. 2006.** *Toward a Discipline of Scenario-based Architectural Engineering. s.l. : Software Engineering Institute, Universidad Carnegie Mellon, 2006.* 2006.
- Céspedes Vega, Anisleydi, Chaviano Gómez, Enrique y Carrascoso Puebla, Yoan Arlet. 2008.** *Procedimiento para la Evaluación de Arquitecturas de Software basadas en Componentes. La Habana : UCI.* 2008.
- Cristiá, Maximiliano. 2007.** *Introducción a la Arquitectura de Software. Ingeniería de Software. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.* 2007.
- del Toro, Ríos, Dr.C José Carlos y González, Brito, Ing. Henry Raúl. 2008.** *Documento Visión Rector. ERP CUBA.* 2008.
- 2011.** *DiarioTi: Diario Tecnologías de la Información.* [En línea] 16 de 2 de 2011. [Citado el: 1 de 3 de 2011.] [http://www.diarioti.com/gate/n.php?id=28983.](http://www.diarioti.com/gate/n.php?id=28983)
- Erika Camacho, Fabio Cardeso y Gabriel Nuñez. 2004.** *ARQUITECTURAS DE SOFTWARE Guia de Estudio.* 2004.
- Fillottrani, Pablo R. 2007.** *Calidad en el Desarrollo de Software. Modelos de calidad de software. .* 2007.
- Gallardo, L, González, C y Tapia, F. 2003.** *Sistemas ERP: Importancia de sus aplicaciones en la gestión empresarial. Seminario para optar al título de Ingeniero en Información y Control de la Gestión.* 2003.
- Gómez, Omar Salvador. 2007.** *Evaluando Arquitecturas de Software. Parte 1. Panorama General.* 2007.
- Gómez, Omar Salvador Gómez. 2007.** *Evaluando Arquitecturas de Software. Parte 2. Métodos de Evaluación.* México : Brainworx S.A , 2007. 1870-0888.

- González, Lebrato, Karel Luis. 2010.** *Estrategia organizativa para despliegues masivos de Software de Gestión desarrollados en la UCI.* Ciudad de La Habana : s.n., 2010.
- Hernández, José Antonio. 2000.** *The SAP R/3 Handbook, Second Edition.* 2000.
- Hernández León, Rolando Alfredo. 2009.** *Una Introducción a la Gestión de Proyectos.* 2009.
- Hofmeister, C, Nord y R, Soni, D. 2006.** *Applied Software Architecture. s.l. : Addison Wesley,.* 2006.
- Juaristi, Ana. 2007.** *Procesos de Negocios en SAP.* 2007.
- Kan, S, Basili y V, Shapiro, L. 2005.** *Software Quality: An overview from the perspective of Total Quality Management. s.l. : IBM Systems Journal.* 2005.
- Kazman, R, Bass, L y Clements, P. 2005.** *Software Architecture in practice. s.l. : 3ra Edición. Adison Wesley.* 2005.
- Kazman, R, Clements, P y Klein, M. 2001.** *Evaluating Software Architectures.* Addison Wesley. 2001.
- Kazman, R, Clements, P y Klein, M. 2007.** *Evaluating Software Architectures. Methods and case studies. s.l. : 2da Edición. Adison Wesley, 2007.* 2007.
- McCall J.A., J.P. Cavano. 1978.** *A Framework for the Measurement of Software Quality, Proceedings of the ACM Software Quality Assurance Workshop.* 1978.
- Padua, Anna Cecilia Grimán. 2005.** *Evaluación Arquitectónica de la Calidad del software.* 2005.
- Pamungkas, Bayu Cahya. 2009.** *ADempiere 3.4 ERP Solutions. Desgin, configure, and implement a robust enterprise resource planning system in your organization by using ADempiere.* 2009.
- Panovski, Gregor. 2008.** *MASTER'S THESIS. Product Software Quality.* 2008.
- Reynoso, Billy. 2004.** *Introducción a la Arquitectura de Software. Presentación de Power Point. Universidad de Buenos Aires.* 2004.
- S, H, Kan, V, R, Basili y L, N, Shapiro. 2006.** *Software quality: An overview from the perspective of total quality management.* 2006.
- Valdespino González, Adriana y Matos Cobas, Yaimairis. 2009.** *Guía práctica para realizar pruebas de concepto a la arquitectura de software de sistemas de gestión.* Ciudad Habana : s.n., 2009.
- Velázquez, José. 2005.** *Breaking Through the Barriers of Business Integration.* 2005.
- Vera, Angelo Benvenuto. 2006.** *Implementación de Sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC.* 2006.

Vigil, Regalado, Yamila. 2009. *Metodología de evaluación de arquitectura de software. TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MÁSTER EN GESTIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS.* 2009.

Woods, Dan y Word, Jeffrey. 2004. *SAP NetWeaver For Dummies.* 2004.

GLOSARIO

ERP (Enterprise Resource Planning): Los sistemas de planificación de recursos de la empresa son sistemas de gestión de información que integran y automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa. Los sistemas ERP son sistemas integrales de gestión para la empresa. Se caracterizan por estar compuestos por diferentes partes integradas en una única aplicación.

ISO: Organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

Modelos de Calidad: Conjunto de prácticas vinculadas a los procesos de gestión y el desarrollo de proyectos. Este modelo supone una planificación para alcanzar un impacto estratégico, cumpliendo con los objetivos fijados en lo referente a la calidad del producto o servicio.

Escenarios arquitectónicos: Breve descripción de la interacción entre los involucrados y el sistema.

Atributos de calidad: Son el resultado del refinamiento de la Especificación de los requisitos de *software*, pero incluyendo el modelo de calidad seleccionado.

Stakeholder: Persona o grupo de personas interesados, involucrados en un proceso determinado.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de la encuesta realizada a arquitectos de Cedrux.

1. Cuántos años de experiencia tiene en el rol de arquitecto: _____
2. En qué subsistema está trabajando actualmente : _____
3. En cuántos subsistemas ha desempeñado su rol: _____
Cuáles: _____
4. Conoce usted la importancia de realizar evaluaciones a la Arquitectura de un sistema:
Sí ___ No ___

1. Seleccione de la lista siguiente las actividades que usted considere podría realizar evaluando la arquitectura.

- ___ Verifico que los requisitos no funcionales estén presentes en la arquitectura.
- ___ Identifico riesgos potenciales en la estructura de la arquitectura y que puedan influir negativamente en la calidad del producto final.
- ___ Mitigo los riesgos del diseño arquitectónico diseñado.
- ___ Se obtienen resultados cuantitativos que reflejen cuán satisfactorio es mi diseño arquitectónico.
- ___ Logro que se agilice el proceso de desarrollo.
- ___ Alcanzo una mejor utilización de estilos y patrones arquitectónicos, que se tendrán en cuenta a la hora de diseñar la arquitectura.
- ___ Mejoro la eficiencia y calidad del proceso de desarrollo.
- ___ Se pueden tomar decisiones más certeras con respecto a la arquitectura a diseñar.

2. ¿Se ha realizado alguna evaluación a la Arquitectura en el proyecto al que pertenece?

Sí ___ No ___

En caso afirmativo

3. En qué fase o paso del modelo de desarrollo: _____
4. ¿Utiliza algún método de evaluación de arquitectura en el proceso evaluativo?
Sí ___ No ___
5. Diga qué métodos de los mencionados utiliza en la evaluación de la arquitectura de *software* de su proyecto.

SAAM ___ ALMA ___ SALUTA ___ QASAR ___
 ATAM ___ CBAM ___ Losavio ___ Otros: ___

6. ¿Utiliza alguna técnica de evaluación?

Sí ___ No ___

a) Diga qué técnicas de las que se muestran a continuación utiliza para realizar la evaluación arquitectónica de su proyecto.

Escenarios ___ Simulación ___
 Experiencia ___ Modelos Matemáticos ___ Otras ___

b) De no utilizar ninguna técnica en su proyecto diga al menos con cuáles se siente más familiarizado (valores 1-5, a menor valor mayor familiarización)

Escenarios ___ Simulación ___
 Experiencia ___ Modelos Matemáticos ___ Otras ___

7. Indique con valores del 1-15 cuáles factores de calidad o indicadores se han tenido en cuenta a la hora de realizar la evaluación (a menor valor mayor prioridad).

Usabilidad ___ Flexibilidad ___ Interoperabilidad ___
 Integridad ___ Eficiencia ___ Funcionalidad ___
 Confiabilidad ___ Mantenibilidad ___ Portabilidad ___
 Facilidad de uso ___ Rendimiento ___ Integridad ___
 Reusabilidad ___ Capacidad de Prueba ___ Otros: ___

a) ¿En base a qué elemento le dio usted dicha prioridad a los atributos?

Requisitos no funcionales ___
 Lluvia de ideas con su equipo de trabajo ___
 Experiencia de sistemas anteriores ___
 Intuitivamente ___

b) ¿Tuvo en cuenta los efectos que podía provocar la priorización de un atributo sobre otro?

Sí ___ No ___

8. ¿Cuál o cuáles Modelo(s) de Calidad utiliza o se ha(n) utilizado para clasificar los atributos de calidad?

McCall ___ ISO 9126 ___ FURPS ___
 Dromey ___ Boehm ___ Otro ___

9. ¿Utiliza las métricas de este modelo?

Sí ____ No ____

Anexo 2. Modelo de la encuesta realizada al administrador de sistema Assets Ns en la UCI.

Datos del Encuestado:

Nombre: _____

Cargo: _____

Años experiencia con el sistema: _____

A continuación se muestran una serie de situaciones, por lo que es necesario que usted seleccione las que tienen que ver con el sistema.

____ Las operaciones de cálculo se realizan eficientemente, o presentan algún margen de error.

____ El sistema garantiza la seguridad y fiabilidad de los datos

____ El sistema permite obtener información de sistemas externos, o exportar hacia ellos.

____ El sistema permite que se le realicen adaptaciones en base a las necesidades o está estandarizado.

____ Permite coexistencia con otras aplicaciones o componentes sin fallar por falta de recursos.

____ El sistema es tolerante a fallas que puedan surgir en su explotación.

____ El sistema permite recuperar datos eliminados por error, o por otro agente externo.

____ Es amigable la interfaz de trabajo con el sistema.

____ Se le pueden realizar diagnósticos al sistema, o en caso de algún error informa al usuario.

____ El sistema permite que el usuario ejecute cualquier funcionalidad sin ningún problema.

Anexo 3. Encuesta de validación de la propuesta.

Referencias del encuestado

Cuántos años de experiencia tiene en el rol de arquitecto: _____

En qué subsistema está trabajando actualmente: _____

En cuántos subsistemas ha desempeñado su rol: _____

Cuáles: _____

Resuma brevemente sus experiencias anteriores en la evaluación arquitectónica:

1. A continuación se muestran una serie de criterios de evaluación sobre la propuesta de escenarios y atributos, el nivel en que está de acuerdo se define como sigue: De acuerdo 3, Parcialmente 2, En desacuerdo 1.

___ Posibilidades de aplicación en el sistema Cedrux

___ Mejora en la gestión del conocimiento sobre el impacto e importancia de los atributos en la calidad del producto final.

___ Capacidad de mitigar riesgos arquitectónicos mediante la evaluación basada en escenarios.

___ Las técnicas y elementos utilizados para conformar la propuesta garantizan que estén presentes principios básicos de la arquitectura y calidad de *software*

___ Uso de técnicas y métodos existentes para la evaluación de la arquitectura

___ Necesidad del uso de la propuesta

1. De acuerdo a su juicio, que categoría le otorga de manera general a la propuesta:

___ Excelente ___ Bueno ___ Aceptable ___ Malo

2. ¿Alguna recomendación de mejora en algún aspecto?

Anexo 4. Cálculo de coeficiente de Competencia de los expertos.

Fuentes de argumentación	Grado		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Anexo 5. Tabla de distribución de chi cuadrado (x2).

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,3404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8160	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8794	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2105	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0125	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0225	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3425
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9572	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3415
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3395
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,9679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9614	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1153	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2895	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361