

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6



Sistema de Métricas de Calidad para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación en el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC)

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

Autor: Frank Fernando Álvarez Borges

Tutores: Ing. Dairys Febles Pérez

Ing. Daimi Bretones Lorenzo

Co-Tutor: MSc. Asnier Enrique Góngora Rodríguez

La Habana, diciembre 2012

“Lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar y lo que no se mejora se deteriora.”

Lord Kelvin

Declaración de autoría:

Declaro ser el autor del presente trabajo Sistema de Métricas de Calidad para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación en el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo.

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

Frank Fernando Álvarez Borges.

[Firma del autor]

Dairys Febles Pérez.

[Firma del tutor]

Daimi Bretones Lorenzo

[Firma del tutor]

Asnier Enrique Góngora.

[Firma del co-tutor]

Datos de contactos

Ing. Dairys Febles Pérez

Especialidad de graduación: Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Correo: dfebles@uci.cu.

Años de graduado: 2

Años de experiencia: -

Categoría docente: -

Ing. Daimi Bretones Lorenzo

Especialidad de graduación: Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Correo: dbretones@uci.cu.

Años de graduado: 5

Años de experiencia: 5

Categoría docente: Instructor

Msc. Asnier Enrique Góngora

Especialidad de graduación: Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Correo: agongora@uci.cu.

Años de graduado: 5

Años de experiencia: 5

Categoría docente: Asistente.

Agradecimientos:

A mis padres, por apoyarme en mis decisiones y mantenerse a mi lado en los momentos más difíciles, por no dejarme caer cuando ya no podía pararme por mí mismo. A ustedes mi eterno agradecimiento.

A Marisol, por haberte convertido en mi hada madrina, mi protectora y consejera, a ti muchas gracias.

A mi familia entera, que siempre me brindaron su amor, cariño y comprensión.

A mis amigos, que de una forma u otra siempre supieron que yo podía lograrlo y mantuvieron la esperanza en mí. En especial a Maylen, Ismel y su familia, Leidys, Jorge, Jose Lázaro, Anay, Osmel, Mercedes y Teresa; muchas gracias por todo.

A Taidy, por hacer suyos mis problemas, por priorizarlos antes que los tuyos. Por enseñarme a ser mejor, y esforzarme para lograrlo, gracias por compartir un poco de ti conmigo.

A mis tutoras mil gracias por haberme ayudado tanto, en especial Asnier por su tiempo dedicado.

Dedicatoria:

A mis queridos abuelos, Aida y Picocha:

De ustedes es este triunfo y por eso se lo dedico, espero haber cumplido con lo que les prometí una vez. A ustedes va dedicado este trabajo, ustedes que siempre estuvieron conmigo, aun cuando no estaban; por confiar en mí siempre; los recordare siempre. Gracias.

Resumen

Hoy día desarrollar productos con un alto grado de calidad, es un aspecto que le preocupa a todas las empresas productoras de software, por tal motivo durante las fases de desarrollo de software deben realizarse actividades que contribuyan a alcanzar este propósito. Por esta razón, se hace necesario para las empresas implementar la gestión de la calidad, con el fin de tomar decisiones correctas a partir de datos obtenidos luego de realizarse alguna actividad comprendida en dicho proceso. Una de las actividades que lo componen es la evaluación de software y se logra al utilizar métricas de software que proporcionen información objetiva, contribuyendo así al mejoramiento de los procesos y productos de la empresa.

En el presente trabajo de diploma se describen los principales problemas que existen en el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en cuanto a la utilización de métricas de software, justificando de esta manera la necesidad de poner en práctica un conjunto de métricas de calidad que erradiquen los mismos. A su vez se realizó una investigación acerca del proceso de evaluación de la calidad del software que se lleva a cabo en la actualidad, no solo en la Universidad, sino en el país y en el mundo.

De este modo fue posible implementar un sistema de métricas de calidad para la evaluación del Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC. Finalmente se escogieron 5 proyectos del Centro, a los que se les aplicó la propuesta formulada, validando así los resultados de la investigación.

Palabras Claves: métricas, calidad de software, Proceso de Pruebas de Liberación de Software, Centro de Tecnología de Gestión de Datos (DATEC).

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO</i>	5
<i>INTRODUCCIÓN</i>	5
1.1 Calidad del software.	5
1.1.1 Factores que miden la Calidad del Software.....	7
1.2 Proceso de medición.	9
1.2.1 Actividades del proceso de medición.....	9
1.2.2 Razones para medir un producto.....	10
1.3 Métricas de software.	11
1.3.1 Rasgos de las métricas.....	11
1.3.2 Clasificación de las métricas de software.	12
1.4 Estándares, Normas y Modelos de Calidad que incluyen métricas para evaluar diferentes atributos de calidad del producto.....	15
1.4.1 Modelos de Calidad.	16
1.4.2 Estándares y Normas de Calidad.	19
1.5 Metodología para la aplicación de métricas de calidad.	24
1.5.1 PSM Medición Práctica de Software.	24
1.5.2 GQM Objetivo-Pregunta-Métrica.....	25
1.5.3 IEEE 1061-1998 Estándar para metodología de Métricas de calidad de software.	27
1.6 Principio de Pareto o Regla 80/20.....	28
Conclusiones parciales	29
<i>Capítulo 2</i>	31
<i>CAPÍTULO 2: PROPUESTA DEL SISTEMA DE MÉTRICAS DE CALIDAD</i>	31
<i>INTRODUCCIÓN</i>	31
2.1 Descripción del Negocio.....	31
2.2 Métodos y técnicas utilizados.....	32
2.3 Requerimientos de Calidad del Software.	33
2.4 Propuesta de métricas de software.	38
2.5 Procedimiento para utilizar el sistema de métricas en las pruebas del Centro DATEC. 47	47
2.6 Marco de Trabajo.....	49
2.7 Importancia de la recolección de datos, el cálculo y análisis de las métricas.....	50

Conclusiones parciales	50
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	51
INTRODUCCIÓN	51
3.1 Selección de proyectos a medir.....	51
3.2 Recolección de los datos para el cálculo de las métricas de calidad.	52
3.3 Cálculo de las métricas de calidad.	53
3.4 Resultados de las métricas.	54
3.5 Análisis de los resultados.	55
3.6 Conclusiones Parciales	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
BIBLIOGRAFÍA	67
Anexos	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los factores de calidad de M _C CALL.	8
Tabla 2: Descripción de las actividades del proceso de medición (González Doria, 2011).....	9
Tabla 3. Características y subcaracterísticas de calidad conforme al estándar ISO/IEC 9126 (Dr Olsina, 2012)	33
Tabla 4. Distribución de métricas de calidad por iteración	48
Tabla 5. Descripción de Métricas en cuanto a requerimientos y subcaracterísticas.	49
Tabla 6. Ejemplo de aplicación de una muestra de las métricas al proyecto SIRNA del Grupo Bioinformática.....	53
Tabla 7. Cálculo de las métricas de calidad para el proyecto SIRNA	54
Tabla 8. Resumen de resultados por proyectos.....	55
Tabla 9. Distribución de los niveles de calidad.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grupos de factores del Modelo McCall.....	16
Figura 2. El Modelo de Capacidad de Madurez, CMM.	17

Figura 3. Relaciones de Calidad.....	21
Figura 4. Características de la ISO 25000 (Marcos, y otros, 2010).	23
Figura 5. Cantidad de Proyectos por Departamentos del Centro DATEC.....	52
Figura 6. Característica de Funcionalidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.	57
Figura 7. Característica de Confiabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.	58
Figura 8. Característica de Usabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal...	58
Figura 9. Característica de Eficiencia del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal. ...	59
Figura 10. Característica de Portabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.	59
Figura 11. Nivel de calidad alcanzado por el proyecto T-Arenal en el proceso de liberación. .	60
Figura 12. Nivel de Calidad del proceso de liberación en los proyectos evaluados del Centro DATEC.....	61
Figura 13. Resultado de proyectos por indicadores de calidad según ISO 9126.....	61
Figura 14. Resultado de Centro DATEC por indicadores de calidad según ISO 9126 en la fase de pruebas de liberación.....	62

INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología ha adquirido en el mundo un espacio de suma importancia para la sociedad en general, ya que con esta se simplifica el esfuerzo del hombre a la hora de desempeñar diversas actividades que hoy en día son automatizadas gracias a los adelantos tecnológicos existentes. Como resultado de estos avances, diversas ramas de la economía han sido ampliamente desarrolladas. Una esfera favorecida ha sido la informática, lo que ha traído consigo que exista un gran número de empresas destinadas a la automatización de procesos para la gestión y el control de la información. Por ello es común encontrar en el mercado internacional diferentes software que facilitan la realización de actividades cotidianas que realiza el hombre, ya sean en sus empresas o domicilios.

Sin embargo la utilización de tecnología de punta en el desarrollo de aplicaciones informáticas, no indican que las mismas cuenten con la calidad que el cliente espera. Teniendo en cuenta que existen diferentes desarrolladores de un mismo producto, es indispensable para estos, tener presente un grupo de aspectos que puedan asegurar la calidad de él. Uno de ellos son las métricas de software con las cuales los equipos de desarrollo pueden valorar el estado en el cual se encuentra el producto y estimar un resultado final.

En el año 2005 Pressman afirmó: *“Para obtener un software de calidad es preciso medir el proceso de desarrollo, cuantificar lo que se ha hecho y lo que falta por hacer, estimar el tamaño del programa, costos, tiempo de desarrollo y otros parámetros. La medición de un producto se realiza mediante las métricas, para caracterizar numéricamente los distintos aspectos del desarrollo del software. Las métricas de software tienen un papel decisivo en la obtención de un producto de alta calidad, porque determinan mediante estadísticas basadas en la experiencia, el avance del software y el cumplimiento de parámetros requeridos. Siempre habrá elementos cualitativos para la creación de software. El problema estriba en que la valoración cualitativa puede no ser suficiente. Un ingeniero del software necesita criterios objetivos para guiarse en el diseño de datos, de la arquitectura, de las interfaces y de los componentes. El verificador necesita una referencia cuantitativa que le ayude en la selección de los casos de prueba y de sus objetivos. Las métricas técnicas facilitan una base para que el análisis, diseño, codificación y prueba puedan ser conducidos más objetivamente y valorados más cuantitativamente”* (Pressman, 2008).

Cuba no está ajena a estos avances, es por ello que se ha dado a la tarea de fortalecer la industria del software, con el propósito de ser uno de los países vanguardias en la exportación e importación de productos. En el país existen diferentes instituciones que se dedican al desarrollo de aplicaciones

informáticas, sin dudas entre ellas se destaca la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), la cual cuenta con diferentes centros productivos cuyo propósito fundamental es el de ejecutar las soluciones planificadas para incrementar el impacto de la Universidad en la informatización del país y en las exportaciones, garantizando la calidad de procesos y productos según normas, modelos y estándares nacionales e internacionales. Uno de estos es el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC), encargado de la creación de bienes y servicios informáticos, relacionados con la gestión de datos, área del conocimiento que agrupa tanto a los sistemas de información, como a los denominados sistemas de inteligencia empresarial o de negocios.

En el Centro DATEC existe un Grupo de Calidad, el cual es el encargado de velar que las aplicaciones desarrolladas en el mismo cumplan con las expectativas de los clientes. Sin embargo, se ha podido constatar que se presentan deficiencias a la hora de obtener una evaluación de los productos que entran en la fase de Pruebas de Liberación. Estas pruebas son realizadas por especialistas de calidad del Centro una vez liberado los productos por el equipo de desarrollo de los mismos, con el objetivo de identificar nuevas no conformidades antes de que estos pasen a ser evaluados por el Centro de CALISOF¹ perteneciente al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC).

Algunas de las dificultades detectadas en esta fase vienen dadas fundamentalmente por las siguientes razones:

- Las métricas existentes son difíciles de interpretar y no se adaptan a las características de los productos que se generan en el Centro.
- Por otra parte los indicadores de algunas de estas métricas son desconocidos para las personas involucradas en el proceso de medición.

Además estudios realizados permitieron concluir que en la mayoría de los proyectos del Centro, debido a los inconvenientes mencionados con anterioridad, no se aplica de forma correcta ningún mecanismo de evaluación del Proceso de Pruebas de Liberación de Software. Todo esto influye directamente en la calidad final del producto, afectando además los cronogramas de estos proyectos pues en ocasiones existe un gran número de No Conformidades que de usar algún tipo de mecanismo para la validación de estos proyectos se pueden evitar o corregir antes que el producto llegue a su fase de transición.

¹ *Centro Nacional de Calidad de Software*. Grupo encargado de atender los procesos de gestión de la calidad en la Universidad, cuya misión es ser líder en la Gestión del Conocimiento en el área de Aseguramiento de la Calidad del Software. <http://calisoft.uci.cu>

Por la situación anteriormente descrita surge el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir a mejorar el Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC?

El cual conlleva a definir como **objeto de estudio**: el Proceso de Evaluación de la Calidad del Software, delimitando el **campo de acción**: al Sistema de Métricas de Calidad para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC.

Se plantea como **objetivo general**: *Desarrollar un sistema de métricas de calidad para la evaluación del Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC.*

A partir del análisis del objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar el marco teórico de la investigación a partir de un estudio del estado del arte de las métricas de calidad para evaluar el Proceso de Liberación.
2. Definir métricas de calidad para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación atendiendo las condiciones propias del Centro DATEC.
3. Validar las métricas definidas a partir de su aplicación en proyectos del Centro DATEC que se encuentren en la fase de pruebas de liberación.

Para el cumplimiento de los objetivos antes expuestos, se trazaron diversas **tareas de investigación**:

1. Elaboración de un conjunto de aspectos relevantes relacionados con la calidad y la evaluación de software.
2. Clasificación de métricas de software.
3. Descripción de diferentes modelos de calidad que incluyan métricas para evaluar atributos de calidad del producto.
4. Selección de métricas de calidad para la evaluación del Proceso de Pruebas de Liberación de productos, atendiendo al estado del arte y las condiciones propias del Centro de Tecnología de Gestión de Datos (DATEC).
5. Aplicación de las métricas definidas, considerando el alcance y los involucrados necesarios para lograr los resultados.
6. Validación de las métricas obtenidas en proyectos que se encuentren en pruebas de liberación.

Una vez concluida la investigación se espera obtener el siguiente resultado:

- Sistema de métricas de calidad para la evaluación del Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC.

El presente trabajo está compuesto por 3 capítulos, a continuación se muestra una breve descripción de cada uno de ellos:

Capítulo 1. Fundamento Teórico. En este capítulo se exponen conceptos importantes que guían la presente investigación, entre los cuales se pueden mencionar: calidad y métricas de software, haciendo énfasis en los aspectos fundamentales relacionados con estas últimas. Además se describen modelos, normas y estándares de calidad de software que incluyen métricas para evaluar atributos de calidad de los productos y del Proceso de Liberación de los mismos.

Capítulo 2. Propuesta del sistema de métricas de calidad. Este capítulo cuenta con la descripción detallada de cómo realizar el proceso de identificación de requerimientos de calidad, mostrando así los principales requisitos que contribuyeron a la definición de la propuesta de métricas de calidad para evaluar el Proceso de Liberación expuesta también en dicho capítulo. Se detallan además los diferentes pasos a seguir para la correcta aplicación del sistema de métricas en el Centro DATEC.

Capítulo 3. Implementación y validación de la propuesta. En este capítulo se recopilan los datos necesarios para aplicar el sistema de métricas. Una vez obtenidos estos valores se procede a realizar el cálculo de las métricas definidas, realizando a su vez la validación de la investigación.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de este capítulo es presentar el marco teórico asociado a la temática fundamental que aborda el trabajo, así como otros elementos que complementan la investigación. En el mismo se muestran los principales conceptos y términos a tratar relacionados con la calidad y las métricas de software, los cuales están avalados por referencias actualizadas. Se describen normas, estándares y modelos, haciendo una valoración de cada uno de ellos. Además se define la metodología a utilizar para la realización del presente trabajo de diploma.

1.1 Calidad del software.

Cuando se aplica el término calidad de software se hace referencia al conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad. Calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad (Fernández Carrasco, y otros). Este término ha sido estudiado por expertos, los cuales han aportado diferentes conceptos de la misma, entre los que se destacan los que siguen:

El estándar 610-1900 de la IEEE² plantea que la *“calidad del software no es más que el grado con que un sistema, componente o proceso cumple con los requisitos especificados, así como también con las necesidades o expectativas del cliente o usuario (IEEE, 2012).*

La ISO³ 8042:1994 recoge que calidad de software es el: *“conjunto de propiedades y de características de un producto o servicio que le confieren capacidad para satisfacer necesidades expresadas o implícitas (ISO 8042:1900, 2012).*

² **IEEE**: Corresponde a las siglas de (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.

³ **ISO**: Organización Internacional de Normalización. Organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, tanto de productos como de servicios.

Según afirmó Roger Pressman en 1998 la calidad es *“la concordancia del software producido con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente”* (Pressman, 1998).

La norma ISO 8402 define la calidad en términos de la capacidad de satisfacer necesidades declaradas e implícitas (Glosario de la Calidad, 2012).

La ISO/IEC 9126 asociada a la evaluación de productos de software respecto a sus características de uso, según (Dr Olsina, 2012) define la calidad como *“la totalidad de características de un ente que tiene que ver con (influencia en, afecta a) la capacidad de satisfacer necesidades explícitas o implícitas”*, y ve el término como la unión de varias perspectivas de calidad, entre las que se encuentran:

1. **Calidad Interna:** Total de características del producto de software desde una visión interna. La calidad interna se mide y se evalúa con respecto a los requisitos de la calidad interna (Estrategias de desarrollo y criterios de evaluación y verificación durante el desarrollo) durante la aplicación del código, la revisión y el ensayo se pueden mejorar algunos detalles de la calidad del producto de software, pero la naturaleza básica de la calidad del producto de software representada por la calidad interna, permanece invariable a menos que sean objeto de otro diseño.
2. **Calidad Externa:** Total de características del producto de software desde una perspectiva externa. Es la calidad que se obtiene cuando se ejecuta el software, y por lo general se mide y evalúa mientras se somete a ensayo en un ambiente simulado, con datos simulados, y utilizando métricas externas. Durante el ensayo deberá ser posible detectar y eliminar la mayor parte de los defectos. Sin embargo, es posible que queden algunos después del ensayo. Debido a que resulta difícil corregir la arquitectura del software u otros aspectos fundamentales del diseño del software, el diseño básico permanece por lo general invariable durante todo el ensayo.
3. **Calidad de uso:** Perspectiva de la calidad del producto de software que tiene el usuario cuando lo utiliza en un ambiente específico y en un contexto específico de uso. En vez de medir las propiedades propias del software, mide el grado en que los usuarios pueden alcanzar sus metas en un ambiente particular.

Luego de haber hecho un análisis sobre algunos de los principales conceptos de calidad de software, se puede concluir que a pesar de que existen innumerables definiciones sobre este término, se puede afirmar que para que una aplicación informática tenga calidad debe cumplir con un conjunto de características que aseguren la presencia de diferentes indicadores como es el caso de la eficiencia, eficacia, funcionalidad, fiabilidad, utilidad, facilidad de mantenimiento y portabilidad, con el objetivo de satisfacer y superar las expectativas del cliente. Por lo que el software debe contar con características o cualidades únicas, que compensen todas las exigencias del interesado; además debe realizar todas las acciones pactadas, de modo que el comprador se sienta completamente satisfecho.

La calidad está presente durante todas las actividades del ciclo de vida del proyecto, para ello además de tener los procesos alineados con los objetivos del negocio que permitan un mejor desarrollo y mantenimiento del producto final, se hace necesario contar con un grupo de personas especializadas en el tema.

En un proyecto productivo existen dos formas de medir la calidad, basándose en la calidad del proceso y en la calidad del producto. A continuación se definen cada una de ellas:

- **Calidad del proceso:** Está presente cuando se centra en la gestión de todas las áreas de procesos de una organización, mediante la implantación de una metodología o estrategia, consiguiéndose así una mayor información de los procesos, de modo que puedan controlarse y sobre todo mejorarse para que puedan producir un aumento considerable en la calidad de los productos y servicios relacionados con ellos.
- **Calidad del producto:** Está presente cuando se centra en el proceso de desarrollo de software y se realizan una serie de pruebas simultáneas con cada etapa, para detectar y corregir los posibles defectos que puedan surgir.

Teniendo en cuenta las diferentes vías para evaluar la calidad de software en un proyecto productivo, el presente trabajo de diploma centra su investigación en la calidad del proceso, específicamente en el Proceso de Pruebas de Liberación, ya que su uso sirve como guía para organizar, gestionar, medir, y mejorar el desarrollo de los proyectos y perfeccionar así la calidad final de los productos.

1.1.1 Factores que miden la Calidad del Software.

Para poder medir la calidad con que cuente un proceso en específico, en este caso el Proceso de Pruebas de Liberación, se hace necesario evaluar diversos factores de calidad de los productos que se encuentren en transición por dicha fase. Existen varios factores que determinan la calidad del software

y son agrupados en tres grupos: características operativas, capacidad de soportar los cambios (revisión del producto) y adaptabilidad a nuevos entornos (o transición del producto), estos fueron propuestos por McCall en el año 1977 y hasta hoy están vigentes. En la tabla que se presenta a continuación se puede hacer un análisis de los mismos (Pressman, 2003).

Tabla 1: Descripción de los factores de calidad de M_cCALL.

FACTORES DE CALIDAD DE M_cCALL		
Aspecto que trata	Factor Calidad	Relacionado con
Operación del Producto	Corrección	Grado en que un programa consigue los objetivos de la misión encomendada por el cliente.
	Fiabilidad	Probabilidad de operación libre de fallos de un programa en un entorno determinado durante un tiempo específico.
	Eficiencia	Cantidad de recursos de computadora y de código requeridos por un programa para llevar a cabo sus funciones.
	Integridad	Grado en que puede controlarse el acceso al software o a los datos, por personal no autorizado.
	Facilidad de uso	Esfuerzo requerido para aprender a trabajar con un programa: preparar su entrada e interpretar su salida.
Revisión del producto	Facilidad de Mantenimiento	Esfuerzo requerido para localizar y arreglar un error en un programa.
	Flexibilidad	Esfuerzo requerido para modificar una aplicación en funcionamiento.
	Facilidad de prueba	Determina el esfuerzo requerido para probar la aplicación de forma tal que cumpla con lo especificado en los requisitos.
Transición del producto	Portabilidad	Esfuerzo requerido para transferir el programa desde un hardware y/o entorno de sistemas de software a otro.

	Reusabilidad	Grado en que un programa (o partes de un programa) puede ser usado en otras aplicaciones.
	Facilidad de Interoperación	Esfuerzo requerido para acoplar un sistema a otro.

Una vez especificados los factores de calidad se hace difícil o subjetivo para un equipo de trabajo medir el grado en que estos están presentes en una aplicación. Por tal motivo han sido desarrolladas medidas directas o métricas, que permiten evaluar determinados aspectos de calidad. Según el factor que se trate, se podrán usar métricas específicas para evaluar la presencia de estos indicadores en el software, por lo que se hace necesario entonces hacer un estudio detallado sobre el proceso de medición y las métricas de evaluación de estos factores.

1.2 Proceso de medición.

Es de suma importancia definir formalmente qué significado tiene medir la calidad con que cuente un proceso en particular. Para muchos, realizar este procedimiento resulta excesivo y afirman que trae consigo gastos innecesarios para el proyecto. Sin embargo, con las mediciones es posible obtener y por tanto almacenar información relevante sobre parámetros definidos, lo que permite desarrollar mejores proyectos con menos costos de producción, en el tiempo estimado. La medición conlleva a una culminación exitosa de las fases de desarrollo de software, facilitando la correcta terminación de las actividades definidas en cada una de ellas.

Para realizar este proceso de medición hay que tener en cuenta ciertas actividades, las cuales se definen en el subepígrafe siguiente.

1.2.1 Actividades del proceso de medición.

En la siguiente tabla se describen las actividades generales a tener en cuenta para realizar un adecuado control en los procesos de medición.

Tabla 2: Descripción de las actividades del proceso de medición (González Doria, 2011).

Actividad	Descripción
Formulación	Obtención de medidas y métricas apropiadas para la evaluación del software.

Colección	Mecanismo empleado para acumular los datos necesarios que requieren las métricas formuladas.
Análisis	Cálculo de las métricas y aplicación de herramientas matemáticas.
Interpretación	La evaluación de los resultados de las métricas en un esfuerzo por conseguir una visión interna de la calidad.
Retroalimentación	Recomendaciones obtenidas de la interpretación de métricas y técnicas admitidas al equipo de desarrollo de software.

Con el objetivo de lograr mejores efectos en el Proceso de Pruebas de Liberación de los productos de software, se recomienda el correcto desarrollo de estas actividades para realizar así un exitoso proceso de medición. Los resultados obtenidos podrán ser usados en posteriores versiones de revisión o auditoría lo que permitirá comparar parámetros, permitiendo así tener una visión real del avance o retroceso del proyecto.

Con el fin de realizar un adecuado análisis del proceso de pruebas de liberación se hace necesario realizar a su vez un estudio interno sobre los productos que son analizados en esa fase, razones que se muestran en los siguientes epígrafes.

1.2.2 Razones para medir un producto.

Las métricas de calidad facilitan la evaluación de procesos y de productos informáticos. Por esto, existe un grupo de métricas estandarizadas internacionalmente, que ayudan a fortalecer no solo el Proceso de Liberación de un producto, sino además el propio producto y por ende el proyecto en el cual es desarrollado. Realizar un correcto proceso de medición de software trae consigo un conjunto de ventajas para con el producto final, tal es el caso:

- Indicar la calidad del producto.
- Evaluar la productividad de las personas que forman parte del equipo de desarrollo.
- Evaluar la productividad y calidad, derivados del uso de métodos y herramientas de la Ingeniería de Software.
- Establecer una línea base para la estimación.
- Ayudar a justificar el uso de herramientas que se necesiten incorporar en el desarrollo.

Es por ello que se recomienda al equipo de calidad del Centro realizar un correcto proceso de medición, ya que así se garantiza en cierta medida la calidad final del producto y por ende la calidad del proyecto y del Proceso de Liberación como tal.

1.3 Métricas de software.

Es indispensable, para cualquier negocio, llevar a cabo un proceso de mejora de manera consistente. El no disponer de una base cuantitativa puede resultar un poco engorroso para cualquier centro productivo, ya que no se contaría con información real de los procesos que se desarrollan en el mismo. La medición es una parte esencial del proceso de mejora de cualquier actividad humana. Existe un ciclo de mejora que consta en *Medir - Analizar - Tomar Acciones* que puede ser aplicado a procesos y productos, con el objeto de determinar conceptos como innovación, productividad, costes, calidad del producto y servicio al cliente. Pudiéndose definir métricas de software para obtener una visión precisa de los procesos de desarrollo y liberación de software, así como de los productos que conforman el sistema de información de cualquier organización.

Medir el software no solo es útil, sino también necesario para conocer la situación en la que se encuentran los proyectos, los productos, los procesos y los recursos. La evaluación precisa de cualquier producto requiere de la cuantificación, y para ello las métricas proporcionan una base que resuelve este problema. Estos resultados podrán utilizarse como datos de entrada en modelos de estimación de características o factores de calidad del software.

Una definición aportada por la IEEE plantea que *“una métrica de software es una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso dispone de un atributo dado”* (IEEE Std.1061-1998).

De acuerdo con varios autores una métrica de software es *“una medida o conjunto de medidas destinadas a conocer cuantitativamente o estimar alguna característica de un software o un sistema de información, generalmente para realizar comparativas o para la planificación de proyectos de desarrollo”* (Olsina).

1.3.1 Rasgos de las métricas.

Son muchas las propuestas de métricas de software que se han hecho, respondiendo cada una de ellas a las necesidades de cada autor en el momento en que fueron definidas. Algunas más que otras brindan el suficiente soporte práctico para su desarrollo. Sin embargo todas deben cumplir algunas

características fundamentales que propicien su entendimiento y puesta en práctica, entre estas se encuentran (Rational Software Corporation, 1987-2012):

1. **Simple y fáciles de calcular:** El cálculo y la obtención de la métrica no debe exigir un esfuerzo o cantidad de tiempo inusuales.
2. **Consistente en el empleo de unidades y tamaños:** Su cálculo matemático no debe tener extrañas combinaciones de unidades.
3. **Independiente del lenguaje de programación:** Las métricas apoyadas en los modelos de análisis, de diseño o en la propia estructura del programa, no deben depender en la sintaxis o semántica del lenguaje de programación.
4. **Mecanismo eficaz para la realimentación de calidad:** Deben suministrar al desarrollador la información necesaria para realizar un producto final con calidad.

A continuación se brindan las clasificaciones más importantes de métricas de calidad desde el punto de vista del autor del trabajo.

1.3.2 Clasificación de las métricas de software.

Existen varias clasificaciones de métricas de software, muchos han sido los autores que han sugerido un sistema de métricas propio, de acuerdo a sus necesidades. Las siguientes clasificaciones pertenecen a un colectivo de autores que coincidían en que las métricas podían ser clasificadas en (Godinez Mendoza, y otros, 2009):

- Directas o inversas.
- Internas o externas.
- Simple o complejas.
- Primitivas o calculadas.
- Primarias o secundarias.
- Públicas o derivadas.
- De proceso, producto o proyecto.

Teniendo en cuenta estas clasificaciones se estudian y detallan para la presente investigación las métricas de proceso, producto y proyecto. Estas pueden medir entre otros aspectos la competencia, calidad, desempeño y la complejidad del software contribuyendo a establecer de una manera sistemática y objetiva una visión interna del trabajo, proporcionando una visión profunda del proceso del software, del proyecto de software y del producto en sí.

A continuación se conceptualizan cada una de estas clasificaciones (González Doria, 2011):

Métricas de proceso: Las métricas del proceso de software deben medir los atributos del mismo, y se utilizan para proporcionar indicadores que conduzcan a la mejora del proceso. Los errores detectados antes de la liberación del software, la productividad, recursos, tiempo consumido y ajuste con la planificación son algunos de los resultados que pueden medirse en el proceso, así como las tareas específicas de la ingeniería del software.

Métricas de proyecto: Las métricas del proyecto son medidas cuantitativas que proporcionan a los ingenieros de software una amplia visión del proceso y un conocimiento detallado acerca del proyecto que se lleva a cabo utilizando el proceso como marco de trabajo. La medición permite destacar las tendencias (ya sean buenas o malas) y hacer mejores estimaciones que conducirán a un proyecto exitoso. Comienza definiendo un conjunto limitado de medidas del proceso y del proyecto, las cuales por lo general se normalizan empleando métricas orientadas al tamaño o la función, el resultado se analiza y compara con promedios pasados, luego se valoran las tendencias y se generan conclusiones.

Métricas de producto: Las métricas del producto se centran en las características del software y no en cómo fue producido. Un producto no es solo el software o sistema funcionando sino también los artefactos, documentos, modelos, módulos o componentes que lo conforman, por tanto, las métricas del producto deben hacerse sobre la base de medir cada uno de estos. En los artefactos del producto se mide, entre otras cosas, el tamaño, la calidad (teniendo en cuenta los defectos, la complejidad y la primitividad), la totalidad, rastreabilidad, volatilidad, esfuerzo.

A partir de estas definiciones, se concluye que la propuesta que se realiza en la investigación está centrada en las métricas de procesos, pues con estas es posible llevar un control del proyecto, ya que permiten realizar una medición de los tiempos del análisis, diseño, implementación y despliegue; del flujo de liberación (errores, cubrimiento, resultado en número de defectos y número de éxito) y de la transformación o evolución del producto (Dr Olsina, 2012).

La siguiente propuesta que se consideró pertenece a *Roger S. Pressman*, el que plantea que las métricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Métricas técnicas:** Centradas en las características del software más que en su proceso de desarrollo.

- **Métricas de calidad:** Centradas tanto en el software desarrollado como en la efectividad del proceso de ingeniería aplicado.
- **Métricas de productividad:** Referidas al rendimiento del proceso de desarrollo como función del esfuerzo aplicado.
- **Métricas aplicadas al tamaño:** Miden de forma directa el software y el proceso por el cual se desarrolla.
- **Métricas orientadas a la función:** Centradas en la funcionalidad o utilidad del programa.
- **Métricas orientadas a la persona:** Aportan información sobre la forma en que la gente desarrolla el software.

Tomando esta clasificación, la presente investigación se centra en las métricas de calidad, debido a que el uso de estas proporciona una predicción de cómo se ajusta el software a los requisitos implícitos y explícitos del cliente, teniendo en cuenta la corrección, integridad, seguridad, facilidad de mantenimiento y facilidad de uso.

Por último, otra clasificación que se encuentran según bibliografía consultada, es la que brinda la ISO/IEC 9126 la cual encierra los principales atributos de calidad a tener en cuenta para que un proceso o sistema que se desarrolle sea usable y fiable para los usuarios que fue concebido. Este estándar plantea que existen tres clasificaciones o grupos en los cuales se pueden definir las métricas:

- 1 **Métricas de calidad externa:** Se utilizan como referencia para la validación en cualquier etapa del desarrollo, mostrando un nivel de calidad desde el punto de vista externo. Con el uso de ellas se puede evaluar tanto el proceso como el producto, poniéndose a funcionar en un ambiente simulado, con datos simulados propiciando la detección y corrección de la mayor parte de los errores.
- 2 **Métricas de calidad interna:** Son utilizadas para validar requisitos de calidad interna como modelos estáticos y dinámicos, código fuente y documentos. Son empleadas para definir estrategias y criterios de evaluación durante el desarrollo del producto. Permiten medir la calidad de los productos intermedios proporcionando una idea inicial de la calidad con que va a contar la aplicación final. Brindan la posibilidad al usuario de iniciar acciones correctivas desde el inicio del ciclo de vida del software.
- 3 **Métricas de calidad en uso:** Proporcionan una perspectiva de calidad del producto mediante la puesta en funcionamiento del mismo en un ambiente específico. Propician la evaluación por

parte de los usuarios (operadores o no) del grado en que el producto cumple con los requisitos especificados.

En el presente trabajo se utilizan las métricas externas debido a que son estas las que se encargan directamente de medir los atributos de calidad correspondientes tanto al proceso como al producto. Además con el uso de las mismas se podrán obtener datos certeros del Proceso de Pruebas de Liberación, garantizando que con un buen desarrollo de dicho proceso en los productos del Centro DATEC, estos sean entregados al departamento de Calisoft de la Universidad con la menor cantidad de defectos posibles y que cumplan a su vez con los requisitos de los clientes finales.

De acuerdo a todo lo estudiado en el presente epígrafe y a partir de las diferentes definiciones de métricas, se puede llegar a la conclusión de que para producir software de calidad que satisfagan las necesidades de las empresas desarrolladoras de software, se deben tener en cuenta numerosos factores necesarios para llevar a cabo un eficiente proceso de medición. Para lograr dicho propósito existen innumerables clasificaciones de métricas que describen o reflejan la conducta de este proceso. Estas clasificaciones de métricas fortalecen la idea, de que más de una métrica puede ser deseable para evaluar y mantener el control de los procesos y productos durante y después del desarrollo del software.

Entre las diversas clasificaciones de métricas, el presente trabajo de diploma centra su estudio en las métricas de procesos, las métricas de calidad y las métricas externas debido a que todas ayudan a los líderes y directivos del Centro en la toma decisiones y acciones correctivas, facilitando además el mejoramiento continuo de los procesos, lo que conlleva a obtener mejores resultados en los proyectos.

1.4 Estándares, Normas y Modelos de Calidad que incluyen métricas para evaluar diferentes atributos de calidad del producto.

En la práctica se demuestra que es necesario cuando se está produciendo software ajustarse a una norma, estándar o modelo de calidad. Estos resultan de utilidad para la predicción entre otros aspectos, del grado de calidad que tendrá el proceso de desarrollo, y a su vez algunos de ellos, presentan mecanismos definidos que establecen cómo efectuar el proceso de medición en un sistema de software. Existen una amplia variedad de modelos, estándares y normas para el desarrollo de métricas los cuales se abordan en los epígrafes siguientes.

1.4.1 Modelos de Calidad.

Los modelos de calidad pueden definirse como “*un conjunto de prácticas vinculadas a los procesos de gestión y desarrollo de proyectos. Suponen una planificación para alcanzar un impacto estratégico, cumpliendo con los objetivos fijados en lo referente a la calidad del producto o servicio*” (Definicion.de, 2008-2012).

- **Modelo McCall:** Este modelo trabaja sobre la base de diferentes factores (confiabilidad, eficiencia, integridad y fiabilidad), estos factores son muy abstractos para ser medidos directamente por lo que presentan una serie de criterios que al ser descompuestos se obtienen métricas de calidad posibles de medir directamente. Dichos criterios son tenidos en cuenta para el desarrollo de las métricas, las cuales son medidas por el grado de cumplimiento de sus criterios.

Los factores que propone el Modelo McCall se agrupan en tres grupos (Ver Figura 1):



Figura 1. Grupos de factores del Modelo McCall.

- **Modelo CMM⁴:** CMM es un modelo de cinco niveles que muestra la madurez de los procesos de desarrollo de software en las organizaciones, basado en los conceptos de la Gestión de la Calidad Total (TQM). Este modelo ha conseguido un gran impacto a escala internacional, el cual ha originado un aumento significativo de la concienciación sobre la necesidad de utilización de métricas del software. La razón de ello es la importancia de las métricas en las áreas de procesos clave del modelo. En la siguiente figura se pueden observar los 5 niveles que plantea dicho modelo (Ver Figura 2).

⁴ CMM: Modelo de Capacidad de Madurez, por sus siglas en inglés (Capability Maturity Model). Modelo de evaluación de los procesos de una organización.

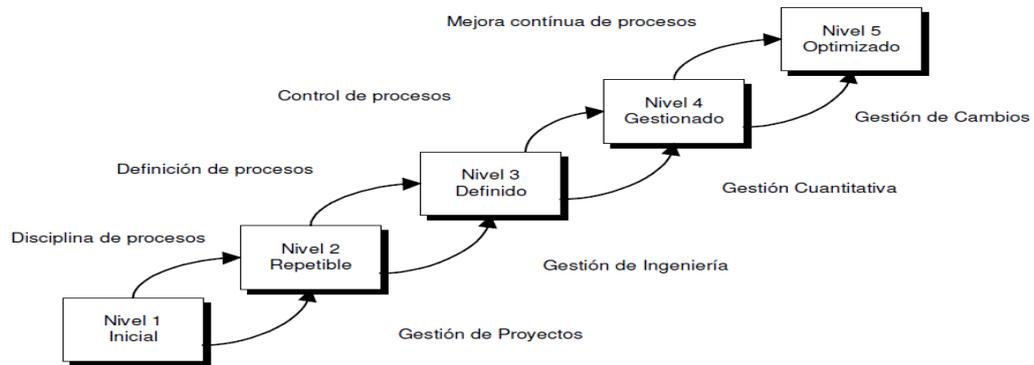


Figura 2. El Modelo de Capacidad de Madurez, CMM.

Cada área clave de proceso identifica un conjunto de actividades y prácticas interrelacionadas, las cuales cuando son realizadas en forma colectiva permiten alcanzar las metas fundamentales del proceso. Las áreas claves de procesos pueden clasificarse en tres tipos de procesos:

- Gestión
- Organizacional
- Ingeniería.

Las prácticas que deben ser realizadas por cada área clave de proceso están organizadas en cinco características comunes, las cuales constituyen propiedades que indican si la implementación y la institucionalización de un proceso clave es efectivo, repetible y duradero. Estas cinco características son:

- Compromiso de realización.
 - Capacidad de realización.
 - Actividades realizadas.
 - Mediciones y análisis.
 - Verificación de implementación.
- **Modelo CMMI⁵**: El Modelo de Capacidad y Madurez Integrada cuenta con cinco niveles, los cuales proporcionan el grado de madurez con que cuentan las empresas desarrolladoras de software. A continuación se muestran los niveles de este modelo:

⁵ CMMI: Capability Maturity Model Integration. Es un modelo para la mejora de los procesos de las empresas de software que califica las compañías según su nivel de madurez

Nivel 1. Inicial: Las organizaciones no disponen de un ambiente estable para el desarrollo y mantenimiento del software. Existe muy poca planificación, por lo que el éxito del producto recae sobre el esfuerzo personal, en ocasiones provocando fracasos y retrasos en la entrega. El resultado de los proyectos es impredecible.

Nivel 2. Repetible: Las organizaciones disponen de unas prácticas institucionalizadas de gestión de proyectos. Existen algunas métricas básicas y un razonable seguimiento de la calidad.

Nivel 3. Definido: Además de una buena gestión de proyectos, se dispone de correctos procedimientos de coordinación entre grupos, formación del personal y un nivel más avanzado de métricas en los procesos.

Nivel 4. Gestionado: Las organizaciones disponen de un conjunto de métricas significativas de calidad y productividad, utilizadas de modo sistemático para la toma de decisiones y la gestión de riesgos. El software resultante es un software de alta calidad.

Nivel 5. Optimizado: La organización completa es destinada a la mejora continua de los procesos, haciendo un uso intensivo de las métricas para ello.

Estos niveles de madurez cuentan con un grupo de áreas de procesos que identifican un conjunto de actividades y prácticas interrelacionadas y son divididas en tres tipos de áreas:

- Área de gestión.
- Área organizacional.
- Área de ingeniería.

Estas áreas están organizadas en cinco características las cuales indican si la institucionalización del modelo en una organización será efectivo y duradero. Estas son:

- Compromiso de la realización
- Capacidad de realización
- Actividades realizadas
- Mediciones y análisis
- Verificación de la implementación.

Para el desarrollo de esta investigación, no se tendrá en cuenta ninguno de los modelos vistos en el subepígrafe anterior, debido a que los mismos no proponen métricas específicas a utilizar para lograr un producto de calidad, además de que no prioriza ningún proceso dentro del desarrollo de aplicaciones. El presente trabajo de diploma centra su estudio en el Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC y dentro de este es necesario erradicar los problemas existentes en la evaluación de los productos que ahí se desarrollan, por tal motivo la propuesta a escoger tiene que centrarse en lograr una mejor efectividad del proceso de evaluación.

Teniendo en cuenta que estos modelos están orientados específicamente a la medición de la calidad del producto como tal, se procede a analizar un conjunto de estándares y normas definidas internacionalmente que pueden servir de base para el sustento de la solución.

1.4.2 Estándares y Normas de Calidad.

Se puede entender como estándar a *“un conjunto de reglas normalizadas que describen los requisitos que deben ser cumplidos por un producto, proceso o servicio”, y su principal objetivo es establecer un mecanismo base para permitir que distintos elementos hardware o software que lo utilicen, sean compatibles entre sí, además de crear sistemas informáticos que sean accesibles, fáciles de usar y en la que los usuarios puedan confiar”* (W3C , 2012).

A continuación se describe la ISO 9126 que es el estándar que se encarga según bibliografía consultada de la evaluación de los productos de software, brindando entre sus cuatro partes fundamentales un conjunto de características de calidad y directrices para su uso, los cuales contribuyen a asegurar indicadores como la usabilidad, funcionalidad y eficiencia en los productos finales.

❖ Estándar ISO 9126.

La ISO/IEC 9126(1991) fue elaborada para sustentar el propósito de que todas las características de calidad relevantes del producto de software sean especificadas y evaluadas, siempre que sea posible utilizando métricas validadas o comúnmente aceptadas. Este estándar consta de cuatro partes fundamentales de las cuales solo la primera está reconocida como un estándar (Alcala, 2008):

1. Modelo de Calidad
2. Métricas Externas
3. Métricas Internas

4. Métricas de Calidad en Uso

Las características de calidad y sus métricas asociadas pueden ser útiles no solo para la evaluación de los productos de software, sino también para definir entre otros usos los requisitos de calidad.

- **Estándar ISO 9126: Parte 1. Modelo de calidad.**

Durante muchos años en la Ingeniería de Software se buscó un modelo único para medir la calidad de software, con el objetivo de poder comparar diferentes productos. Este estándar se divide en dos partes fundamentales (Alcala, 2008):

1. Calidad Externa e Interna
2. Calidad en Uso

La calidad interna está definida como la totalidad de las características del producto software desde un punto de vista interno, esto es, la medida de conceptos tales como productividad, reusabilidad, densidad de defectos y fiabilidad.

La calidad externa está definida como la totalidad de las características del producto software desde un punto de vista externo, esto es, la medida en que un producto software satisface las necesidades especificadas cuando es utilizado en determinados contextos de uso.

Y la calidad de uso está definida como la capacidad del software para obtención de objetivos específicos con efectividad, productividad, satisfacción y seguridad. Por lo tanto es la medida en la que un producto software alcanza las especificaciones del usuario en términos de efectividad, seguridad, productividad y satisfacción.

Las relaciones entre la calidad externa, interna y calidad en el uso se pueden ver claramente en la figura siguiente (Ver Figura 3):

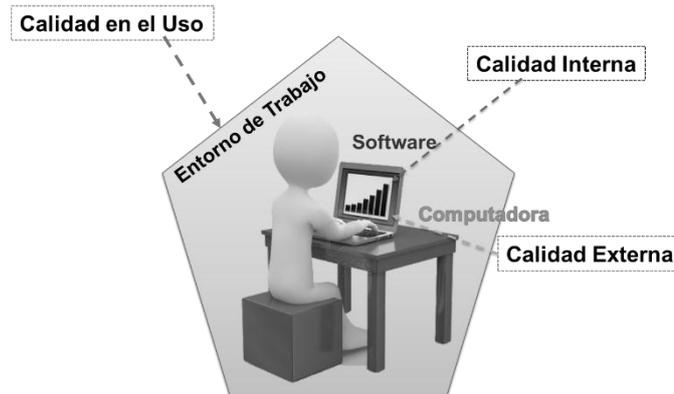


Figura 3. Relaciones de Calidad.

Este estándar propone seis factores fundamentales de calidad considerados externos e internos:

- Confiabilidad
- Funcionalidad
- Eficiencia
- Usabilidad
- Mantenibilidad
- Portabilidad

Y reconoce cuatro factores de calidad en uso, que son:

- Efectividad
- Productividad
- Seguridad
- Satisfacción

Este estándar distingue entre el fallo y la no conformidad, un fallo es el incumplimiento de los requisitos previos, mientras que la no conformidad es el incumplimiento de los requisitos especificados. Este modelo es una guía práctica para el proceso de revisión, además es un modelo de referencia para la definición de métricas.

• **Estándar ISO 9126: Parte 2. Métricas Externa.**

Estas métricas se diferencian entre sí por la característica del software a la cual ellas miden, que a su vez cuentan con subcaracterísticas como se muestra a continuación:

- Métricas de funcionalidad: adecuación, exactitud, interoperabilidad y seguridad.

- Métricas de fiabilidad: madurez, tolerancia a fallos y recuperabilidad.
- Métricas de usabilidad: entendibilidad, aprendibilidad, operatividad y atractivo.
- Métricas de eficiencia: comportamiento en el tiempo y utilización de recursos.
- Métricas de mantenibilidad: analizabilidad, cambiabilidad, estabilidad y examinabilidad.
- Métricas de transportabilidad: adaptabilidad, instalabilidad, coexistencia y remplazabilidad.

Los principales objetivos de las métricas para medir características externas son:

- Representar la calidad de todos los procesos que se llevan a cabo en la realización de un producto.
- Representar la calidad de un producto de software, en los estados de evolución intermedios y finales no ejecutables, respecto a las características y sub-características del modelo ISO/IEC 9126 y predecir el nivel de calidad externo del producto.
- Prevenir problemas en el uso del producto, descubriendo anticipadamente potenciales de defectos.

- **Estándar ISO 9126. Parte 3. Métricas Internas.**

Contiene la terminología relacionada con las medidas de las métricas, el uso de las métricas en el proceso del ciclo de la vida, así como también unos conjuntos básicos introductorios de métricas Internas para cada característica y sub-característica de calidad de software. El conjunto de métricas que contiene está organizada por características y sub-características, donde cada métrica contiene: nombre, propósito, entre otros.

Los objetivos de las métricas para medir características internas son:

- Representar la calidad de un producto de software respecto a las características y sub-características del modelo ISO/IEC 9126 durante el testeo.
- Validar el cumplimiento del software respecto a los requisitos de calidad externa
- Predecir el nivel de calidad de uso del producto.
- Describir el grado de respuesta del producto respecto a los requisitos explícitos e implícitos de su uso.

- **Estándar ISO 9126. Parte 4. Métricas para medir características de uso.**

Son métricas de satisfacción del usuario para evaluar las actitudes hacia el uso del producto en un determinado contexto de uso. La satisfacción se ve influida por la percepción del usuario acerca de las

propiedades del producto software (como los medidos por indicadores externos) y por la percepción del usuario acerca de la eficiencia, productividad y seguridad de uso.

El objetivo de las métricas para medir características de uso es el de verificar la capacidad de un producto de satisfacer las exigencias de los usuarios en un escenario de uso dado, en relación con los objetivos previstos. Estas métricas son en general combinación de métricas elementales aplicadas a la interacción entre usuario y sistema.

❖ Estándar ISO 25000.

La ISO 25000 es una nueva versión de la norma 9126 que proporciona una guía para el uso de nuevos estándares internacionales, llamados Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos de Software (SQuARE). Su objetivo principal es guiar el desarrollo de los productos de software con la especificación y evaluación de requisitos de calidad. Esta norma se desarrolla producto a las inconsistencias encontradas en la ISO 9126 y 14598, y entre otras funciones se encarga de establecer criterios para la especificación de requisitos de calidad de productos de software, sus métricas y su evaluación. Hoy día esta ISO no es utilizada en Cuba debido a que la Oficina Nacional de Estandarización no la representa aún como una norma de calidad, es por esto que no se tiene en cuenta en la presente investigación.

En la siguiente figura se muestran los principales cambios realizados a la ISO 9126 básicamente lo que hace esta norma es transformar dos de las subcaracterísticas de esta ISO en características de calidad. Además incluye un modelo de calidad dividido en dos partes para unificar las definiciones de calidad de los clientes con los atributos en el proceso de desarrollo (Ver figura 4).



Figura 4. Características de la ISO 25000 (Marcos, y otros, 2010).

A pesar de que en el Centro DATEC se están realizando acciones que permitan certificar el nivel 2 de CMMI, se hace necesario el uso de un modelo encargado únicamente de guiar el proceso de evaluación de la calidad. Por este motivo se escoge como modelo de calidad el propuesto por la ISO-9126-Parte 1, debido a que este contiene un conjunto de indicadores de calidad que sirven como guía para la especificación y evaluación del Proceso de Liberación de los productos del Centro.

Se tiene en cuenta además para el desarrollo del presente trabajo, el sistema de métricas que define dicho estándar en su Parte 2, ya que el mismo se encarga de proponer los indicadores con el fin de predecir el nivel de calidad externo del proceso de pruebas. Las métricas que propone este estándar no solo se usan para medir el producto, sino también son aplicables a todo el proceso de desarrollo del mismo, lo que permite que el proceso de pruebas que se realiza al liberar el producto por parte del equipo de desarrollo se lleve a cabo de la mejor forma posible, definiendo además métricas que al usarlas proveen una escala para la medida de la calidad de los atributos del software.

1.5 Metodología para la aplicación de métricas de calidad.

Existen diferentes metodologías planteadas en estándares de cómo aplicar las métricas en los proyectos. Estas se encargan principalmente de indicar los pasos a seguir para posibilitar poner en marcha en una organización cualquier sistema de métricas.

Algunas de estas metodologías son descritas en los subepígrafes que se muestran a continuación:

1.5.1 PSM Medición Práctica de Software.

PSM (Practical Software Measurement en inglés) se basa en la experiencia obtenida por las organizaciones para saber cuál es la mejor manera de implementar un programa de medición de software con garantías de éxito. El proceso puede ser adaptado a las necesidades de información específica y a las características de cada proyecto y cuenta con cuatro actividades básicas:

- Planificación de la medición: Define las métricas necesarias para satisfacer las necesidades de información.
- Realización de la medición: Recoge los datos de las mediciones, se realiza el análisis y se presentan los resultados.
- Evaluación de la medición: Evalúa tanto el proceso de medición como las propias métricas definidas.
- Establecimiento y mantenimiento del compromiso: Se establecen los recursos, formación y herramientas necesarias para implementar un programa de medición de forma efectiva.

PSM cuenta con 10 principios que definen las características de una efectiva medición de software:

- Las medidas del proceso se relacionan con los objetivos del negocio.
- Las medidas del proceso son derivadas del proceso de software.
- La medición efectiva requiere de definiciones operacionales claras.
- Las personas poseen diferentes puntos de vista sobre el proceso de medición.
- Los resultados deben ser examinados en el contexto de los procesos.
- La medición de los procesos abarca todo el ciclo de vida.
- Conservar los datos para futuros análisis.
- Las mediciones son la base para la comunicación de los objetivos.
- Agregar y comparar cuidadosamente los datos del proyecto.
- Los procesos de medición estructurados mejoran la confiabilidad de los datos.

1.5.2 GQM Objetivo-Pregunta-Métrica.

GQM (Goal Question Metric en inglés) posee un principio básico el cual propone que la medición debe ser realizada siempre orientada a un objetivo, que se define y refina mediante preguntas las cuales responde utilizando métricas que brindan la información que se necesita.

Este principio posee cuatro fases fundamentales:

- 1. Planificación:** En esta se selecciona, define, caracteriza y planifica un proyecto para la aplicación de la medición obteniéndose como resultado un plan de proyecto.

Existen diferentes pasos a seguir para lograr una satisfactoria planificación los cuales son mencionados a continuación:

- Establecer el equipo GQM en el cual se definen las cualidades, los roles y las actividades a desarrollar por este.
- Seleccionar las áreas de mejoras basadas en los productos o en los procesos, teniendo en cuenta los objetivos del negocio.
- Seleccionar un proyecto de aplicación y establecer un equipo de proyecto, el cual debe alinear los objetivos de la medición con las ideas de mejora del equipo del proyecto.
- Crear el plan de proyecto teniendo en cuenta elementos como la organización, el calendario, los procesos de gestión, el plan de formación y promoción.

- Formación y promoción que tiene como objetivo fundamental motivar y formar a los miembros del equipo del proyecto en la realización del programa de medición. Se deben presentar de forma clara los objetivos, beneficios y el impacto de dicho programa de medición, además de tener en cuenta experiencias de otros proyectos.

2. Definición: Se define y documenta el programa de la medición planteándose los objetivos, métricas e hipótesis.

A continuación se muestran algunos de los pasos para completar la segunda fase:

- Definir los objetivos de la medición considerando los objetivos del plan de mejora del proyecto definidos en la fase anterior y obteniéndose como resultado la definición bien estructurada de los objetivos. Para ello es preciso analizar el objeto bajo medición, con el propósito de entender, controlar o mejorar el mismo, con respecto a su enfoque de calidad, teniendo en cuenta el punto de vista de las personas que lo miden.
- Revisar o producir los modelos de software brindando soporte a la definición de las mediciones, estas de existir deben ser revisadas y mejoradas y de no existir deben ser definidos por el equipo GQM y aprobados por el equipo del proyecto.
- Realizar entrevistas GQM de forma tal que los miembros de este equipo puedan extraer de los miembros del proyecto toda la información relevante para en relación a los objetivos de la medición.
- Proporcionar el plan de análisis, el cual facilita la interpretación de los resultados por el equipo de proyecto.
- Revisar los planes.

3. Recopilación de datos: Se recogen los datos reales de la medición.

Se explican los pasos para realizar la recogida de datos:

- Formación y arranque de la recogida de datos:
 1. Período “Hold Trial” el cual es un período de prueba antes de comenzar la recogida real de datos en que se definen y prueban los procedimientos para realizar dicha recogida así como las herramientas y formularios.
 2. Sesión “Kick off” donde se debe llegar a un acuerdo con el equipo de proyecto para el comienzo de la recogida de datos de la medición.

3. Recogida de datos donde se rellenan los formularios y se entregan de forma frecuente al equipo al equipo GQM el cual los evalúa.

- Construcción del Sistema de Soporte a la Medición (MMS por sus siglas en inglés) que consta de tres partes básicas: la base de métricas MMS, hojas de análisis MMS, y las diapositivas de análisis MMS las cuales brindan un soporte a las actividades de medición tales como: la recogida, almacenamiento, procesamiento y empaquetamiento de la información.

4. **Interpretación:** se procesan los datos recopilados para obtener respuestas a las preguntas definidas a partir de las cuales se pueden evaluar el logro de los objetivos planteados.

Pasos para realizar la interpretación:

- Preparación de las sesiones de realimentación donde el equipo GQM prepara el material necesario (diapositivas, hojas de análisis).
- Sesiones de realimentación donde se debaten los resultados de la medición.
- Generación de informes de interpretación de los resultados de la medición, describiéndose por parte del equipo GQM todas las observaciones, interpretaciones y conclusiones.
- Análisis de costes y beneficios de un programa de medición.

1.5.3 IEEE 1061-1998 Estándar para metodología de Métricas de calidad de software.

El IEEE Std.1061-1998 es un estándar para una metodología de métricas de calidad del software. Este estándar es una revisión del IEEE Std.1061-1992, que proporciona una metodología para establecer requisitos de calidad y para identificar, implementar, analizar, y validar medidas de calidad del proceso y del producto de software. Esta metodología se aplica a todo el producto en todas las fases de su ciclo de vida, pero sin prescribir métricas específicas (Ferreira, y otros, 2008-2012).

Esta metodología propone cinco pasos para su aplicación. Los cuales tienen determinadas tareas que permiten desarrollarlos satisfactoriamente. Lo que sigue a continuación es la descripción de dichos pasos.

1. Establecimiento de los requerimientos de calidad.

- Se identifican una lista con los posibles requerimientos de calidad.
- Se determina la lista de los posibles requerimientos.
- Se identifica el factor de calidad para cada requisito.

2. Identificar las métricas de calidad asociadas a los requerimientos.

- Se realiza un análisis costo-beneficio.
- Se analizan los costos de implementación del sistema de métricas.
- Se identifican los beneficios de la implementación del sistema de métricas.

3. Implementar el sistema de métricas.

- Se definen la colección de datos a medir.
- Se entran los datos y se realiza el proceso de medición.

4. Analizar el resultado de las métricas.

- Se interpreta el resultado.
- Se identifica la calidad de software.
- Se hace una predicción de la calidad que tendrá el software.

5. Realizar el proceso de validación.

- Se aplica la metodología de validación.
- Se aplican los criterios de validación.
- Se documentan los resultados.

Teniendo en cuenta estas metodologías se puede apreciar que todas de alguna manera organizan el proceso de medición de forma tal que al realizarlo no se invierta más recursos del que realmente se planifique. Para esta investigación se escoge como metodología a aplicar la que está definida por la IEEE 1061-1998 Estándar para metodología de Métricas de calidad de software, debido a que es aplicable a cualquier proceso dentro del desarrollo de software, por lo tanto se puede enfocar en el proceso de pruebas. Este estándar brinda un procedimiento confiable y aplicable en la recogida de valores de métricas relacionadas con la calidad.

1.6 Principio de Pareto o Regla 80/20.

Este principio fue creado por el economista italiano Vilfredo Pareto en el año 1897 cuando realizaba un análisis de cómo se generaban las pautas del ingreso y la riqueza en Inglaterra, llegando a la conclusión lógica de que la distribución de la riqueza era totalmente desequilibrada, donde la minoría de la población poseía el 80% de las riquezas. Muchos economistas reconocieron la importancia de

esta regla, pero no fue hasta la Segunda Guerra Mundial que se puso en total explotación por George Zipf, perteneciente a la universidad de Harvard y el Ingeniero Joseph Juran en 1950.

El principio de Pareto expone que en todo grupo de elementos o factores que contribuyan a un mismo efecto, solo unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución con determinado efecto. Su utilización es muy beneficiosa para el desarrollo de proyectos donde se involucran equipos de proyectos y donde la mejora de la calidad sea un objetivo fundamental.

Cuenta con determinadas características las cuales ayudan a entender la naturaleza de la herramienta.

- **Priorización:** Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- **Unificación de criterios:** Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- **Carácter objetivo:** Su utilización obliga al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

La importancia del uso del Principio 80/20 es que cambia la manera de pensar, ya que se tiene la falsa concepción de que toda causa tiene aproximadamente el mismo efecto. Además fue una de las piedras angulares del movimiento de la calidad en esos años el cual perseguía el objetivo de erradicar los defectos de calidad y mejorar la confiabilidad y el valor de los bienes.

En el presente trabajo se tendrá en cuenta este principio para la selección de los proyectos del Centro DATEC a realizar la validación de la investigación. Aunque se debe advertir que a pesar de ser este una excelente herramienta para la selección, no se debería aplicar mecánicamente, ya que requiere de la creatividad de la persona que la aplica para hacer un uso inteligente de sus ventajas.

Conclusiones parciales

Luego de haber realizado un estudio profundo sobre la calidad de software se llegó a la conclusión que para garantizar esta, es necesario realizar un óptimo proceso de medición, para lo cual es preciso no solo la selección adecuadas de las métricas de acuerdo a las características de los proyectos que se desarrollen, sino además una metodología que indique cómo aplicar las mismas, siguiendo siempre un determinado modelo de calidad, norma o estándar. Por este motivo se escogió el estándar propuesto por la ISO-9126-Parte 1: Modelo de Calidad, para ser consecuentes con las métricas encargadas de medir procesos, teniéndose en cuenta el sistema de métricas que define dicho estándar en su parte 2,

con el fin de evaluar la calidad del proceso de desarrollo, específicamente el Proceso de Pruebas de Liberación; siguiendo los pasos que define la metodología propuesta por el estándar IEEE-1061 para aplicar las métricas seleccionadas.

Estas decisiones permiten garantizar una mejor organización en el Proceso de Liberación, facilitando la detección temprana, el seguimiento y la corrección de errores o defectos, lo que conllevará a que el producto final entregado al cliente cumpla con todos los acuerdos pactados en el tiempo establecido.

CAPÍTULO 2: PROPUESTA DEL SISTEMA DE MÉTRICAS DE CALIDAD

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detallan los principales problemas con que cuenta el Centro DATEC para evaluar los productos que entran en la fase de pruebas de liberación además de describir las soluciones para cada uno de estos problemas. Se definen además a lo largo del capítulo las métricas a utilizar en el trabajo, así como los requerimientos de calidad que serán medidos a partir de ellas. De acuerdo con la metodología escogida para aplicar en la investigación se establece el procedimiento a seguir para realizar un eficiente proceso de medición.

2.1 Descripción del Negocio.

Teniendo en cuenta el aumento de los compromisos con diferentes entidades de los proyectos del Centro DATEC, y la competencia que existe en la industria del software, ha surgido la necesidad de desarrollar productos de excelente calidad. Es por ello que el Centro está aunando esfuerzos para mejorar el Proceso de Pruebas de Liberación del software, por lo que se hace necesario proporcionar métodos y técnicas, para planificar, implementar y ejecutar programas de calidad.

El Grupo de Calidad del Centro DATEC tiene como objetivo fundamental chequear la calidad de los productos que se desarrollan en el mismo. Existen varios métodos para validar la calidad de los productos, de ellas las más usadas hoy en el Centro son las listas de chequeo y las pruebas de regresión. Vale la pena destacar que existen métricas concretadas para utilizar, sin embargo, estas no se usan debido principalmente a las siguientes razones:

- No existe definido un adecuado proceso de medición.
- Las métricas definidas son difíciles de interpretar.
- En muchos de los casos las métricas presentan indicadores desconocidos.
- Las métricas existentes no se adaptan a las características de los productos que se generan en el Centro.

Todo esto ha provocado que ninguno de los proyectos del Centro utilicen métricas para evaluar el Proceso de Liberación, ni el software producido. Por tanto una cifra elevada de productos que pasan a la fase de liberación, son enviados al Centro de Calisoft de la Universidad con un gran número de errores que pudieron haber sido identificados y corregidos durante la etapa de pruebas una vez liberado el producto por el grupo de desarrolladores.

Por lo expuesto anteriormente surge la necesidad de reajustar y mejorar la manera de comprobar el nivel con que se está realizando el Proceso de Pruebas de Liberación en el Centro, para aumentar así la calidad final de los productos. Es por ello que el presente trabajo de diploma:

1. Detalla métricas de calidad que responden a los intereses de los proyectos del Centro DATEC, y que por consiguiente aportan información cuantitativa útil a la hora de tomar decisiones que tengan impacto en los costos, cronograma y objetivos técnicos, tomando como referencia las métricas externas definidas por la ISO 9126, proponiendo un conjunto de indicadores de calidad que evalúan el Proceso de Pruebas de Liberación del software.
2. Define e implementa como metodología para el proceso de medición, disciplina clave dentro del ciclo de vida del desarrollo del software, la propuesta por la IEEE 1061-1998 encargándose esta específicamente de guiar todo el proceso de medición.
3. Precisa el uso del modelo de calidad propuesto por la ISO-9126-Parte 1, encargado de orientar el proceso de evaluación de la calidad, siendo este una guía práctica para el proceso de revisión de los productos del Centro DATEC.

En los siguientes epígrafes del capítulo se brinda la solución propuesta ante la problemática planteada. Primeramente se realiza un resumen de los principales métodos y técnicas utilizadas que permitieron hacer un resumen de la situación actual en la que se encuentra el Centro.

2.2 Métodos y técnicas utilizados.

Con la aplicación del método empírico se pudo obtener toda la información sobre las métricas de calidad para evaluar el proceso de liberación de los productos del Centro DATEC. Este método permitió conocer cómo se organiza y se lleva a cabo su puesta en marcha. Por otra parte se obtuvieron todos los detalles que facilitó una mejor comprensión al autor del trabajo de la problemática existente en la actualidad en el Centro. Se pudo percibir el alcance e importancia de la temática tratada, además

posibilitó evaluar las métricas que existen hoy en la organización. Para ello se entrevistó al personal involucrado con la gestión de calidad en dicho Centro.

En la entrevista la población a estudiar fue el personal interesado en el Proceso de Pruebas de Liberación en DATEC que son: especialistas que pertenecen al grupo de calidad del Centro y los líderes y personal involucrado con la calidad de proyectos. La selección fue realizada con la técnica del muestreo no probabilístico, específicamente se utilizó el muestreo intencional, lo que permitió obtener información real sobre las métricas y su modo de aplicación.

Las preguntas que se realizaron en la entrevista tenían como objetivo obtener información certera y específica sobre las métricas que se aplican en el Centro. Además se pudo comprobar los conocimientos que existen del tema, y la opinión que tienen los miembros de los equipos de desarrollo sobre el mismo.

En el siguiente epígrafe se establecen los requisitos de calidad que se medirán en las aplicaciones desarrolladas en el Centro, para lo cual es necesario definir primeramente las características o subcaracterísticas que pueden ser objeto de medición en un software.

2.3 Requerimientos de Calidad del Software.

Antes de definir las métricas a utilizar es necesario estar consciente de cuáles son las características que serán medidas en cada una de estas métricas. Por ello la tabla tres muestra las características y subcaracterísticas de calidad que puede tener una aplicación conforme al estándar ISO/IEC 9126.

Tabla 3. Características y subcaracterísticas de calidad conforme al estándar ISO/IEC 9126 (Dr Olsina, 2012)

Característica	Pregunta Central	Subcaracterística	Pregunta Central
Funcionalidad	¿Las funciones y propiedades satisfacen las necesidades explícitas e implícitas?	Adecuación	¿Tiene el conjunto de funciones apropiadas para las tareas especificadas?
		Exactitud	¿Hace lo que fue acordado en forma esperada y correcta?
		Interoperabilidad	¿Interactúa con otros sistemas especificados?
		Conformidad	¿Está de acuerdo con las leyes o normas y estándares, u otras

			prescripciones?
		Seguridad de acceso	¿Previene accesos no autorizados a los datos y programas?
Confiabilidad	¿Pueden mantener el nivel de rendimiento, bajo ciertas condiciones y por cierto tiempo?	Nivel de Madurez	¿Con qué frecuencia presenta fallas por defectos o errores?
		Tolerancia a fallas	¿Si suceden fallas, cómo se comporta en cuanto al rendimiento especificado?
		Recuperabilidad	¿Es capaz de recuperar datos en caso de fallas?
Usabilidad	¿El software es fácil de usar y de aprender?	Comprensibilidad	¿Es fácil de entender y reconocer la estructura y la lógica y su aplicabilidad?
		Facilidad de aprender	¿Es fácil de aprender a usar?
		Operabilidad	¿Es fácil de operar y controlar?
Eficiencia	¿Es rápido y minimalista en cuanto al uso de recursos, bajo ciertas condiciones?	Comportamiento con respecto al Tiempo	¿Cuál es el tiempo de respuesta y rendimiento en la ejecución de la función?
		Comportamiento con respecto a Recursos	¿Cuántos recursos usa y durante cuánto tiempo?
Mantenibilidad	¿Es fácil de modificar y testear?	Analizabilidad	¿Es fácil diagnosticar una falla o identificar partes a modificar?
		Modificabilidad	¿Es fácil de modificar y adaptar?
		Estabilidad	¿Hay riesgos o efectos inesperados cuando se realizan cambios?
		Testeabilidad	¿Son fáciles de validar las modificaciones?
Portabilidad	¿Es fácil de transferir de un ambiente a otro?	Adaptabilidad	¿Es fácil de adaptar a otros entornos con lo provisto?
		Instalabilidad	¿Es fácil de instalar en el ambiente especificado?
		Conformidad	¿Adhiere a los estándares y convenciones de portabilidad?

		Reemplazabilidad	¿Es fácil de usarlo en lugar de otro software para ese ambiente?
--	--	------------------	--

Para lograr un mejor entendimiento en cada uno de los indicadores a medir en cada métrica se especifican a continuación las características y subcaracterísticas de calidad conforme al estándar ISO/IEC 9126, descritos en la tabla anterior.

- Funcionalidad: Esta se puede medir si se tiene una estimación de la adecuación, la exactitud, la interoperabilidad y la seguridad.
 - ✓ Adecuación: Capacidad del producto software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas y objetivos de los usuarios especificados.
 - ✓ Exactitud: Capacidad del producto software para proporcionar los resultados o efectos correctos o acordados, con el grado necesario de precisión.
 - ✓ Interoperabilidad: capacidad del producto software para interactuar con uno o más sistemas especificados.
 - ✓ Conformidad: Capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones o regulaciones en leyes y prescripciones similares relacionadas con funcionalidad.
 - ✓ Seguridad: Capacidad del producto software para proteger información y datos de manera que las personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos, al tiempo que no se deniega el acceso a las personas o sistemas autorizados.

- Confiabilidad: Está relacionada con la madurez y la recuperabilidad.
 - ✓ Madurez: capacidad del producto software para evitar fallar como resultado de fallos en el software.
 - ✓ Recuperabilidad: capacidad del producto software para restablecer un nivel de prestaciones especificado y de recuperar los datos directamente afectados en caso de fallo.
 - ✓ Fiabilidad: capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones o regulaciones relacionadas con la fiabilidad.

- Usabilidad: al hablar de usabilidad se hace referencia al entendimiento de la aplicación, a su facilidad de aprendizaje, a su operabilidad y su atracción.

- ✓ Entendimiento: Capacidad del producto software que permite al usuario entender si el software es adecuado y cómo puede ser usado para unas tareas o condiciones de uso particulares.
 - ✓ Aprendizaje: Capacidad del producto software que permite al usuario aprender sobre su aplicación.
 - ✓ Operabilidad: Capacidad del producto software que permite al usuario operarlo y controlarlo.
 - ✓ Atracción: Capacidad del producto software para ser atractivo al usuario.
- Eficiencia: Recoge el comportamiento temporal y el uso de recursos del software.
 - ✓ Comportamiento temporal: Capacidad del producto software para proporcionar tiempos de respuesta, tiempos de proceso y potencia apropiados bajo condiciones determinadas.
 - ✓ Utilización de recursos: Capacidad del producto software para usar las cantidades y tipos de recursos adecuados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas.
 - Mantenibilidad: Se debe analizar si se quiere medir la mantenibilidad los siguientes aspectos; analizabilidad, cambiabilidad, estabilidad y examinabilidad.
 - ✓ Analizabilidad: Capacidad del producto software para serle diagnosticadas deficiencias o causas de los fallos en el software, o para identificar las partes que han de ser modificadas.
 - ✓ Cambiabilidad: Capacidad del producto software que permite que una determinada modificación sea implementada.
 - ✓ Estabilidad: Capacidad del producto software para evitar efectos inesperados debidos a modificaciones del software.
 - ✓ Examinabilidad: Capacidad del producto software que permite que el software modificado sea validado.
 - Portabilidad: Si se quiere cuantificar la portabilidad debe hacerse a través de la adaptabilidad, la inestabilidad, la coexistencia y la reemplazabilidad.

- ✓ **Adaptabilidad:** Capacidad del producto software para ser adaptado a diferentes entornos especificados, sin aplicar acciones o mecanismos distintos de aquellos proporcionados para este propósito por el propio software considerado.
- ✓ **Instalabilidad:** Capacidad del producto software para ser instalado en un entorno especificado.
- ✓ **Coexistencia:** Capacidad del producto software para coexistir con otro software independiente, en un entorno común, compartiendo recursos comunes.
- ✓ **Reemplazabilidad:** Capacidad del producto software para ser usado en lugar de otro producto software, para el mismo propósito, en el mismo entorno.

Teniendo en cuenta estas características y subcaracterísticas se establecen los requerimientos de calidad (RC), los cuales facilitarán la selección de las métricas a utilizar en el Centro DATEC.

RC 1: Las funciones deben estar correctamente implementadas.

RC 2: Cumplir con la especificación de requisitos.

RC 3: No implementar más funciones que las que se encuentran en la especificación de requisitos.

RC 4: Las funcionalidades no deben ser cambiadas en la revisión del software.

RC 5: Las funcionalidades implementadas deben tener un alto nivel de precisión en sus respuestas.

RC 6: Todas las funcionalidades especificadas deben ser probadas en las pruebas.

RC 7: Correcta solución de todos los defectos encontrados en las pruebas.

RC 8: Lograr el menor tiempo posible para recuperarse la aplicación ante cualquier fallo ocurrido.

RC 9: Lograr un fácil acceso a todas las funciones implementadas en la aplicación.

RC 10: Lograr menor tiempo posible en las pruebas.

RC 11: La aplicación debe funcionar correctamente en las condiciones especificadas por los usuarios finales una vez ocurrido algún tipo de anomalía.

RC 12: Los instaladores de las aplicaciones deben permitir una buena personalización de la misma.

RC 13: Lograr el menor tiempo posible de respuesta de la aplicación.

RC 14: Lograr la menor cantidad de errores por cada caso de prueba definido.

RC 15: Lograr la mayor personalización de la aplicación para el usuario

Una vez identificados los requerimientos de calidad se seleccionaron un conjunto de métricas de calidad que constituyen la propuesta para aplicar en los proyectos del Centro DATEC.

A continuación se describen cada una de ellas a partir de sus indicadores, variables y algoritmos matemáticos.

2.4 Propuesta de métricas de software.

Para la correcta selección de las métricas de software se tuvieron en cuenta sus principales rasgos y clasificaciones estudiados en el capítulo anterior. A continuación se describen las características fundamentales de las métricas a tener en cuenta para llevar a cabo un adecuado Proceso de Liberación, con el fin de ganar en cuanto a perfección en el producto final.

❖ Métricas para evaluar característica de Funcionalidad.

Para el cumplimiento de esta característica se tienen en cuenta las siguientes métricas:

- **Validación de requerimientos.**

Los requerimientos deben ser posibles de validar. La validación de los requerimientos se realiza en consenso del equipo de desarrollo al contrastar lo que desea el cliente con la posibilidad real de implementarlo. El grado de validación de los requerimientos mide la corrección en la definición de los requerimientos.

Procedimiento para el cálculo

$$VR = nc / (nc + nnv)$$

Dónde:

VR: grado de validación de los requerimientos.

nc: número de requerimientos que se han validado como correctos.

nnv: número de requisitos no validados aún.

Interpretación

El resultado de esta métrica está siempre entre 0 y 1. El valor óptimo de esta métrica es el más cercano a 1 e indica un alto nivel de corrección en la definición de los requerimientos.

- **Estabilidad de requerimientos.**

El objetivo de esta métrica es medir la estabilidad de los requerimientos para asegurar su adecuación antes de pasar al próximo flujo de trabajo. Se considera que los requerimientos son estables cuando no existen adiciones o supresiones en ellos que impliquen modificaciones en las funcionalidades principales de la aplicación.

Procedimiento para el cálculo

$$ETR = [[RT - RM] / RT] * 100$$

Dónde:

ETR: valor de la estabilidad de los requerimientos.

RT: total de requerimientos definidos.

RM: número de requerimientos modificados, que se obtienen como la sumatoria de los requerimientos insertados, modificados y eliminados.

Interpretación

Esta métrica ofrece valores entre 0 y 100. El mejor valor de ETR es el más cercano a 100 porque mostrará que no se están realizando cambios sobre los requerimientos.

- **Integridad de Implementación Funcional.**

Es una medida de cuán completa ha sido la implementación según la especificación de requisitos, se detectan el número de funciones perdidas, aquellas que fueron descritas en la especificación de requisitos y no fueron implementadas. Con esta métrica se evalúa la completitud de la implementación, si se tienen muchas funcionalidades perdidas, no si se desarrolló una buena implementación, lo cual implicará la toma de acciones correctivas para controlar este proceso de manera tal que no se vea afectada la calidad del producto final.

Procedimiento para el cálculo

$$IF = 1 - A/B$$

Dónde:

IF-Integridad Funcional.

A - Número de funciones perdidas detectadas en la evaluación.

B - Número de funciones descritas en la especificación de requisitos.

Interpretación

Su interpretación está dada por el rango entre 0 y 1. Entre más cercano a 1 esté el resultado más completo habrá sido la integridad de implementación.

- **Exactitud esperada.**

Permite hacer un análisis de las diferencias entre los resultados actuales y los razonablemente esperados. Una vez que se culmine la implementación de cada una de las funcionalidades del software, se utiliza para comparar los resultados obtenidos con los que se esperan, lo que permite contar los que concuerdan, para luego determinar el porcentaje que representa con respecto al tiempo de operación del software.

Procedimiento para el cálculo

$$EE = 1 - CDR/TO$$

Dónde:

EE – Exactitud Esperada.

CDR - Número de casos encontrados con diferencias entre los resultados alcanzados y los razonablemente esperados.

TO - Tiempo de operación.

Interpretación

Se obtienen valores entre 0 y 1. Mientras más se acerque el resultado de la aplicación de esta métrica a 1, más cerca se encontrarán los resultados obtenidos de la implementación del software con los que realmente se esperaban desde un principio. Si el valor resultante tiende a 0, no se cumplieron los objetivos propuestos en un inicio y por consiguiente el producto no tendrá una buena aceptación por parte de los clientes.

❖ Métricas para evaluar la característica de Confiabilidad

Con el objetivo evaluar el nivel de confiabilidad se muestran a continuación las siguientes métricas:

- **Cobertura de las pruebas.**

La cobertura de las pruebas es una métrica que indica cómo se van cumpliendo los casos de prueba especificados, por lo tanto mientras mayor sea la cobertura, mayor número de casos de prueba se

estarán cumpliendo. Permitiendo hacer un análisis de cuántos casos de pruebas requeridos han sido ejecutados durante la fase de pruebas de liberación.

Procedimiento para el cálculo

$$CP = A / B$$

Dónde:

CP- Cobertura de pruebas.

A - Número de casos de pruebas que han sido realmente ejecutados, y que representan el escenario de operación durante las pruebas.

B - Número de casos de pruebas a ejecutar requeridos para cubrir los requisitos.

Interpretación

La interpretación está dada por el rango de evaluación entre 0 y 1. Mientras más cercano al 1, mejor cobertura.

- **Control de pruebas de unidad.**

La métrica para el control de pruebas de unidad ofrece una medida de los componentes que se han probado individualmente antes de la integración con respecto al total de componentes que fueron implementados.

Procedimiento para el cálculo

$$CPU = NCP / CImp$$

Dónde:

CPU: valor de la métrica para el control de pruebas de unidad.

NCP: número de componentes probados individualmente antes de integrarlos.

CImp: número de componentes implementados.

Interpretación

Esta métrica ofrece valores entre 0 y 1. Si CPU = 1 significa que todos los componentes implementados fueron probados individualmente antes de la integración.

- **Erradicación de fallos.**

Esta métrica permite determinar cuántos fallos han sido corregidos. Para lograr esto se registran los fallos encontrados y los que fueron corregidos a lo largo del Proceso de Liberación, lo que permite valorar si en el Proceso de Liberación su erradicación fue eficiente.

Procedimiento para el cálculo

$$EF = FS / TFD$$

Dónde:

EF: Erradicación de fallos.

FS: Número de fallos solucionados.

TFD: Número total de fallos reales detectados.

Interpretación

Se obtienen valores entre 0 y 1. Mientras más se acerque a 1 el resultado, mayor sería el número de fallos solucionados en el proceso de pruebas en concordancia con los encontrados y por consiguiente la calidad de la implementación sería mayor. En el caso de que se acerque a 0, pues se podría deducir que no existe un equilibrio entre los errores detectados y los corregidos.

- **Restaurabilidad.**

La métrica restaurabilidad permite hacer un análisis de cuán capaz es el producto de auto restaurarse luego de un evento anormal, o una solicitud que sea completamente diferente a la que normalmente fue diseñado el programa.

Procedimiento para el cálculo

$$R = A / B$$

Dónde:

R: Restaurabilidad.

A: Número de casos de restauración exitosos.

B: Número de casos de restauración probados por los requisitos.

El valor de A proviene de las revisiones y el de B del documento de los requerimientos o el del diseño.

Interpretación

La interpretación está dada por el rango de evaluación entre 0 y 1. A mayor cercanía al 1, el producto será más capaz de restaurarse en casos definidos.

- **Intensidad de fallos totales contra casos de prueba.**

La métrica posibilita medir la cantidad de fallos totales que fueron detectados durante el período de pruebas de liberación en un proyecto. Lo cual permite estimar el promedio de fallos por cada caso de prueba que se defina.

Procedimiento para el cálculo

$$IFT = A1 / A2$$

Dónde:

IFT: Intensidad de fallos totales.

A1: Número total de fallos totales detectados.

A2: Número de casos de pruebas ejecutados.

Interpretación

$0 \leq IFT$. Esta variable indica una medida del promedio de errores detectados en el proceso de pruebas por cada caso de prueba en dependencia del estadío de estas. En etapas más avanzadas, mientras más pequeño mejor, pues indicará que existen menos errores por caso de prueba.

- **Tiempo medio de recuperación.**

La métrica propone medir cuál es el tiempo que toma el sistema para completar la recuperación desde el inicio de la recuperación parcial. Se necesita medir el tiempo total de recuperación cada vez que haya pasado a la inactividad (caído el sistema) y calcular el tiempo invertido en la recuperación.

Procedimiento para el cálculo

$$TR = T / N$$

Dónde:

TR: Tiempo de Recuperación

T: tiempo de recuperación de la inactividad

N: Número de oportunidades en que el sistema entró en recuperación.

Interpretación

$0 < X$. Cuanto menor sea mejor, pues indicará que se recupera en poco tiempo. Si el valor resultante está más cercano a cero indica baja ocurrencia del defecto.

❖ Métricas para evaluar la característica de Mantenibilidad

El nivel de mantenibilidad del Proceso de Liberación se obtiene a través las siguientes métricas:

- **Porcentaje de Defectos por tipo.**

Esta métrica permite el establecimiento de un registro histórico que ayuda a la toma de acciones correctivas por parte del equipo de desarrollo. Esta métrica puede ser llevada de forma individual para cada desarrollador o por equipo de trabajo. Posibilita identificar los tipos de defectos más comunes que puedan presentarse en cualquiera de las etapas del proceso de desarrollo del software, en este caso en el Proceso de Pruebas de Liberación.

Procedimiento para su análisis

La interpretación está dada por el rango de evaluación de:

A-Sintácticos $0 \leq A \leq 100$

B-Ejecución $0 \leq B \leq 100$

C-Seguridad $0 \leq C \leq 100$

D-Interfaz $0 \leq D \leq 100$

E-Descripción $0 \leq E \leq 100$

F-Precondición $0 \leq F \leq 100$

G-Flujo Básico $0 \leq G \leq 100$

H-Semánticos $0 \leq H \leq 100$

I-Lógicos $0 \leq H \leq 100$

Procedimiento para el cálculo

$$PDE = TD * 100 / TDE$$

Dónde:

PDE= Porcentaje de Defectos por tipo

TD= Tipo de defecto

TDE= total de defectos encontrados en el Software

- **No conformidades eliminadas por hora.**

Las No Conformidades encontrados por hora en la fase de pruebas de liberación indican la efectividad del tiempo dedicado a las revisiones o auditorías. En la medida que el rendimiento incrementa, es natural una disminución de las No Conformidades por unidad de tiempo.

Las No Conformidades eliminadas por unidad de tiempo en la fase de pruebas de liberación se puede calcular como:

Procedimiento para el cálculo

$$NCE = NCH * MD / 60.$$

Dónde:

NCE= NC eliminadas en la etapa

NCH= NC encontradas por hora

MD= Total de minutos dedicados

Interpretación

Mientras mayor sea el número que se obtenga en la fórmula, se puede concluir que se han eliminado un gran porcentaje de No Conformidades por hora.

❖ Métricas para evaluar la característica de Eficiencia

Para la obtención del grado de eficiencia con que cuente el sistema se define la siguiente métrica:

- **Tiempo de respuesta.**

La métrica propone medir cuánto tiempo toma completar una tarea en particular y cuánto toma antes de que el sistema responda a determinada operación. Al comenzar una tarea específica, es posible medir el tiempo que esta toma en completar la operación emprendida y guardar los registros de cada intento.

Procedimiento para el cálculo

T = Tiempo empleado en obtener el resultado.

Interpretación

$0 < T$. A mayor prontitud, (menor tiempo) resultará mejor, pues indicará que responde mejor ante las acciones programadas.

❖ Métricas para evaluar la característica de Usabilidad

Para obtener una medida del cumplimiento de esta característica se evalúa la siguiente métrica:

- **Comprensibilidad de entradas y salidas.**

La métrica propone medir la comprensión de los usuarios de lo que se requiere como entrada y lo que suministra el sistema de software como salida. Posibilita conducir las pruebas de usuario, realizar entrevistas a usuarios con cuestionarios preparados al efecto, observar el comportamiento del usuario y contar el número de elementos de entrada.

Procedimiento para el cálculo

$$CES = A / B$$

Dónde:

CES: Comprensibilidad de entradas y salidas.

A: número de elementos de entrada que suministra el sistema de software como salida comprendidas correctamente.

B: número total de elementos de entrada que suministra el sistema de software como salida proporcionados por la interfaz.

Interpretación

El rango está dado entre 0 y 1. Mientras cercano al 1 mejor, pues indica que el usuario comprende un mayor número de entradas y salidas de la aplicación.

❖ Métricas para evaluar la característica de Portabilidad

La métrica que mide esta característica es la siguiente:

- **Facilidad de instalación.**

La métrica se propone medir si se puede instalar fácilmente el producto de software en su ambiente de operación. Es necesario observar el comportamiento del usuario o servidor cuando tratan de instalar el producto de software en su ambiente de operación.

Procedimiento para el cálculo

$$FI = A / B$$

Dónde:

FI: Facilidad de instalación.

A: indica el número de casos en los cuales el usuario tiene éxito en las operaciones para una instalación adecuada a su conveniencia.

B: indica el número total de casos en los cuales el usuario intenta adecuar la instalación a su conveniencia.

Interpretación

El rango está dado entre 0 y 1. Más cercano al 1 indica que el sistema tiene una buena facilidad de instalación.

Todas estas métricas definidas están enfocadas al Proceso de Liberación a pesar de que algunas de estas necesitan datos asociados directamente con el desarrollo del producto, ya que para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación se hace necesario a su vez evaluar la calidad del producto en sí. Algunas de las métricas que se encuentran estrechamente ligadas con datos específicos de los productos son entre otras:

- Validación de Requerimientos.
- Estabilidad de Requerimientos.

2.5 Procedimiento para utilizar el sistema de métricas en las pruebas del Centro DATEC.

Para realizar un correcto proceso de medición se hace necesario determinar los pasos que se llevarán a cabo en el Centro, siguiendo el estándar definido en el Capítulo 1, después de haber identificado las métricas y las características a evaluar, se realizarán los siguientes pasos:

1. Identificación de los proyectos a los que se les aplicarán las métricas seleccionadas.
2. Realizar el orden en que serán aplicadas las métricas en los proyectos.

Según el orden identificado, para poder aplicar el sistema de métricas se tuvo que realizar en cada proyecto las siguientes actividades:

- Colección de datos necesarios.
- Realización de los cálculos correspondientes a cada una de las métricas.
- Análisis de los resultados de las métricas.
- Interpretación de los resultados obtenidos.
- Identificar a partir de estos datos la calidad de software.
- Hacer de acuerdo al resultado la predicción de la calidad que tendrá el software.
- Documentación de los resultados.

Para realizar además una exitosa recogida de los datos, se tuvieron en cuenta las diferentes iteraciones que realiza el Centro en el Proceso de Liberación de acuerdo a sus características propias.

El Grupo de Calidad de DATEC desarrolla un total de tres iteraciones donde se documentan todos los errores detectados, efectuándose en cada una de ellas las pruebas de regresión que son las que se encargan de descubrir las causas de nuevos errores a partir de la verificación de cada uno de ellos en cada iteración.

Este proceso se realizó teniendo en cuenta las métricas que se pueden aplicar en cada una de las iteraciones definidas. Esto se debe a que algunos de los indicadores de estas métricas son recogidos a partir de la obtención de las No Conformidades detectadas al finalizar la primera iteración. Tal es el caso de las métricas:

- Grado de solución ante fallos totales
- Erradicación de fallos

Teniendo en cuenta las particularidades de cada una de estas iteraciones y de los valores que analizan cada métrica, se muestra en la tabla 4, la distribución de métrica por cada iteración en el Centro.

Tabla 4. Distribución de métricas de calidad por iteración

Métricas de Calidad	Iteración 1	Iteración 2	Iteración 3
Validación de requerimientos.	X	X	X
Estabilidad de requerimientos	X	X	X
Integridad de Implementación Funcional	X	X	X
Exactitud esperada	X	X	X
Cobertura de las pruebas	X	X	X
Control de pruebas de unidad	X	X	X
Erradicación de fallos	-	X	X
Restaurabilidad	X	X	X
Intensidad de fallos totales contra casos de prueba	X	X	X
Grado de solución ante fallos totales	-	X	X
Tiempo medio de recuperación	X	X	X
Porcentaje de defectos por Tipo	X	X	X
No conformidades por Horas	X	X	X
Tiempo de respuesta	X	X	X
Comprensibilidad de entradas y salidas	X	X	X
Facilidad de instalación	X	X	X

2.6 Marco de Trabajo

La definición de cada una de las métricas viene ligada específicamente a los requerimientos de calidad identificados en epígrafes anteriores, y cada una de estas responde a su vez a una subcaracterística específica de la clasificación de métricas que propone la ISO 9126. Con el objetivo de ordenar las métricas de acuerdo a los requerimientos de calidad a los cuales estas corresponden a las principales características de las mismas, se muestra a continuación la tabla 5 la cual muestra detalladamente lo explicado anteriormente.

Tabla 5. Descripción de Métricas en cuanto a requerimientos y subcaracterísticas.

Nombre de la Métrica	Requerimiento de Calidad	Subcaracterística de métricas	Clasificación de métricas
Validación de Requerimientos	RC1	Adecuación	Funcionalidad
Estabilidad de los requerimientos	RC2		
Integridad de Implementación funcional	RC3	Exactitud	
Exactitud esperada.	RC4		
Integridad de Implementación funcional	RC5		
Cobertura de las pruebas.	RC6	Recuperabilidad	
Tiempo medio de recuperación.	RC8		
Restaurabilidad	RC11		
Erradicación de fallos.	RC7	Nivel de Madurez	
Intensidad de fallos totales.	RC14		
Comprensibilidad de entradas y salidas.	RC9	Comprensibilidad	Usabilidad
Tiempo de respuesta.	RC10	Comportamiento con respecto al Tiempo	Eficiencia
Tiempo de respuesta.	RC13		
Facilidad de instalación.	RC12	Instalabilidad	Portabilidad

De acuerdo a la clasificación que propone la ISO 9126 de las métricas de calidad, y según estudios realizados, no es validada en la presente investigación la característica de Mantenibilidad debido que a pesar de existir métricas que miden este indicador; en el Centro DATEC no se obtienen los datos

necesarios para calcular dichas métricas. Esto se debe fundamentalmente, a que hoy en la UCI no se conoce el tipo de pruebas a implementar para comprobar el grado de Mantenibilidad que tiene un software, investigación que se está llevando a cabo por especialistas del Centro de Calisoft de la Universidad.

2.7 Importancia de la recolección de datos, el cálculo y análisis de las métricas.

El proceso de recolección de datos se realizó haciendo una revisión exhaustiva a los expedientes de los proyectos seleccionados, además de realizar entrevistas a sus principales líderes con el objetivo de obtener datos reales de las variables independientes de cada una de las métricas, ya que de estos depende que la medición revele el estado real en cual se encuentra el Proceso de Liberación del proyecto a analizar. La importancia de la veracidad de cada uno de estos datos viene dada por la necesidad de realizar un correcto análisis después de aplicado el proceso de medición, ya que esto brinda una aproximación al nivel de calidad de este proceso y por ende de cada proyecto escogido y a su vez del Centro DATEC.

El principal encargado de realizar la documentación y la recogida de los datos para realizar el cálculo de las métricas es el Administrador de la Calidad, ya que este es el encargado en un proyecto de velar porque los procesos que se realicen cumplan con los estándares establecidos en este. Además puede dar un criterio sobre el avance o retroceso en un proyecto, garantizando que las actividades se realicen de acuerdo a las especificaciones planificadas.

Conclusiones parciales

Una vez analizadas las deficiencias encontradas en el Proceso de Liberación en el Centro DATEC, fue posible identificar un sistema de métricas de calidad para evaluar dicho proceso. Para esto, previamente fueron identificados los principales requisitos de calidad que de forma general midieron dichas métricas y se definieron un conjunto de pasos que describen el procedimiento a seguir para la correcta aplicación del sistema de métricas propuestas.

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

INTRODUCCIÓN

Las métricas de software son fundamentales para determinar la calidad de un producto, estas se aplican con el objetivo de medir el grado en que estos cumplen con los requerimientos, así como para detectar errores y alcanzar la satisfacción del usuario. En este capítulo se definen los datos a recoger de los diferentes proyectos del Centro DATEC para a partir de estos realizar el cálculo de las métricas identificadas en el capítulo anterior. Para ello se seleccionaron mediante el principio de Pareto siete entre un total de veintiséis proyectos. Una vez finalizado el proceso de aplicación de las métricas en los proyectos elegidos se analizan cada uno de los resultados, obteniéndose de esta manera el nivel de calidad del Proceso de Liberación de los productos evaluados y su vez una aproximación del nivel de calidad del proceso de desarrollo de estos en el Centro DATEC.

3.1 Selección de proyectos a medir.

Una vez identificado el sistema de métricas descritos en el Capítulo 2, se procede a aplicar dicha propuesta en los diferentes departamentos del Centro con el fin de evaluar el Proceso de Liberación de cada uno de los productos que en él se desarrollan. DATEC cuenta en su totalidad con cuatro departamentos, donde cada una a su vez desarrolla un conjunto de proyectos de acuerdo a sus funciones específicas, contando el Centro en su totalidad con veintiséis proyectos productivos (Figura 5).

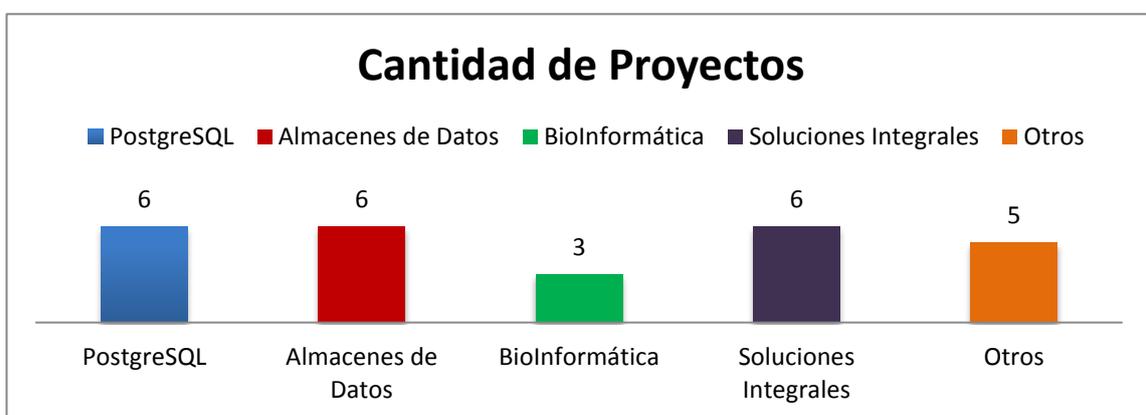


Figura 5. Cantidad de Proyectos por Departamentos del Centro DATEC.

De acuerdo a estos datos, se procede a realizar la selección de los proyectos para aplicarle la propuesta de métricas descritas en el capítulo anterior. Para ello, se utiliza el principio de Pareto, el cual plantea diferentes criterios para la correcta selección de la muestra. Estos criterios son (Fundibeq, 2012)

- **Priorización:** Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro del grupo.
- **Unificación de criterios:** Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- **Carácter objetivo:** Su utilización presiona al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos.

Teniendo en cuenta este principio y de acuerdo a los datos mostrados en la figura anterior, serán validados solo siete proyectos del Centro DATEC, representando estos el 27% del total. A continuación se lista la muestra seleccionada por cada departamento:

- **PostgreSQL:** Proyecto HABD (Herramienta de Administración de Bases de Datos) y NAIRE (Sistema de Monitorización a Servidores PostgreSQL).
- **Soluciones Integrales:** Proyecto PATDSI (Paquete de Herramientas para la Ayuda en la Toma de Decisiones).
- **Almacenes de Datos:** Proyecto SIGOB (Sistema de Información de Gobierno).
- **Bioinformática:** Proyecto SIRNA (Plataforma de Servicios Bioinformáticos: Alas sirNA), BioSys (Software para la Simulación de Sistemas Biológicos) y T-Arenal (Plataforma De Tareas Distribuidas).

Para la selección de estos proyectos se tuvo en cuenta además del principio antes explicado, que los mismos contaran con una completa documentación, con el fin de realizar una precisa y fiable recogida de datos para garantizar un buen cálculo de las métricas de calidad.

3.2 Recolección de los datos para el cálculo de las métricas de calidad.

Una vez identificados los proyectos a los cuales se les realizará el proceso de medición, se procede a la recolección de los datos de acuerdo a las características propias de cada métrica. Este proceso se realiza al comienzo de cada iteración que se efectúa, dado que los valores de los indicadores de estas métricas vienen dado por un conjunto de elementos que son recogidos en el momento de usar la

métrica. Estos datos se documentan teniendo en cuenta un grupo de planillas en las cuales se describe todo lo referente al ciclo de vida del proyecto, como es el caso de:

- Plantilla de Especificación de Requisitos de Software.
- Plantilla de No conformidades.
- Plantilla de Casos de Prueba.
- Plantilla del Plan de Prueba.

Para realizar el cálculo de las métricas de calidad, se utilizó como complemento un Excel (Ver Expediente de Tesis) en el que se puede entrar el valor de cada variable independiente y brinda con la fórmula de la métrica el resultado de la misma. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de algunas de las variables necesarias para el proceso de medición aplicado al proyecto SIRNA; para el caso de los proyectos del Centro escogidos anteriormente (Ver Anexo 1).

Tabla 6. Ejemplo de aplicación de una muestra de las métricas al proyecto SIRNA del Grupo BioInformática.

Nombre de la métrica	VARIABLES	Datos
Estabilidad de requerimientos	RT: Total de requerimientos definidos. RM: Número de requerimientos modificados, que se obtienen como la sumatoria de los requerimientos insertados, modificados y eliminados	RT=13 RM=5
Integridad de Implementación Funcional	A: Número de funciones perdidas detectadas en la evaluación. B: Número de funciones descritas en la especificación de requisitos.	A=3 B=10
Erradicación de fallos	FS: Número de fallos solucionados. TFD: Número total de fallos reales detectados	FS=4 TFD=4
Intensidad de fallos totales contra casos de prueba	A1: Número total de fallos totales detectados. A2: Número de casos de pruebas ejecutados.	A1=4 A2=13

3.3 Cálculo de las métricas de calidad.

Una vez recogidos los datos de las variables independientes de cada una de las métricas se procede a realizar el cálculo de las mismas de acuerdo a la formulación que presenta cada una de estas. En el caso de los proyectos del Centro DATEC este proceso se comienza a realizar a partir de la primera iteración del proceso de prueba, con el fin de identificar los principales problemas de calidad en todo el

proceso de desarrollo del software. En la siguiente tabla se muestra un abstracto de los valores obtenidos de algunas de las métricas de calidad luego de aplicarlas al proyecto SIRNA seleccionado anteriormente (ver Anexo 2).

Tabla 7. Cálculo de las métricas de calidad para el proyecto SIRNA

Proyecto	Artefacto	Sub característica	Métricas	Nivel requerido	Valor
SIRNA	Especificación de Requerimiento	Estabilidad de requerimientos	$ETR = \left[\frac{RT - RM}{RT} \right] * 100$	100 ($0 \leq ETR \leq 1$)	1
		Integridad de Implementación Funcional	$X = 1 - A/B$	1 ($0 \leq X \leq 1$)	0,7
	No Conformidades	Erradicación de fallos	$EF = FS / TFD$	1 ($0 \leq EFS \leq 1$)	0,9
		Intensidad de fallos totales contra casos de prueba	$IFT = A1 / A2$	100 ($0 \leq IFT \leq 100$)	0,31

3.4 Resultados de las métricas.

Como se mencionó anteriormente se procedió a aplicar las métricas seleccionadas a cinco proyectos del Centro. Además, fueron escogidos al azar otros dos proyectos, los cuales son: proyecto T-Arenal perteneciente al departamento de BioInformática y el proyecto NAIRE perteneciente al departamento PostgreSQL, con el objetivo de comprobar el grado de aceptación del sistema de métricas propuesto en el Proceso de Liberación mediante la evaluación de los proyectos que se encuentran en dicha fase. En la siguiente tabla se muestra un resumen del resultado obtenido por cada métrica en los proyectos analizados.

Tabla 8. Resumen de resultados por proyectos.

Métricas de Calidad	Sub característica	SIRNA	HABD	PATDSI	SIGOB	BIOSYS	Media %	T-Arenal	NAIRE
Validación de requerimientos	Adecuación	1	1	1	1	1	100	100	94
Estabilidad de requerimientos	Adecuación	61,54	63,16	53,7	56	47,69	56,41	65,8	47,3
Integridad de Implementación Funcional	Exactitud	0,63	0,67	0,96	0,88	0,97	82	88	78
Exactitud esperada	Exactitud	0,99	0,99	0,99	0,99	0,94	98	98,2	91
Erradicación de fallos	Nivel de Madurez	1	0,63	1	0,75	0,83	84	95,3	75
Restaurabilidad	Recuperabilidad	0,77	0,6	0,71	0,64	0,8	70	80	65
Cobertura de las pruebas	Recuperabilidad	0,5	0,7	0,68	0,6	0,79	65	74	61
Intensidad de fallos totales	Nivel de Madurez	0,31	0,53	1,3	0,32	0,46	58	75	50
Tiempo medio de recuperación	Recuperabilidad	26,7	20	22,3	35	38,5	71,6	73	68
Tiempo de respuesta	Comportamiento respecto al T.	4,5	3,2	4,1	2,2	3,8	76	77	71
Comprensibilidad de E/S	Comprensibilidad	1	0,63	0,73	0,88	0,81	81	93,7	71
Facilidad de instalación	Instalabilidad	0,5	0,33	0,7	0,25	0,6	47	50	40

3.5 Análisis de los resultados.

Una vez aplicada la propuesta de métricas, se procede a calcular el nivel de calidad alcanzado en el Proceso de Pruebas de Liberación para cada uno de los proyectos analizados. Para ello se realizó una

escala de calidad donde se ubican estos valores obtenidos, con el fin de graficar el nivel de calidad total del Proceso de Pruebas de Liberación en estos proyectos.

El rango de estos niveles se distribuye de la siguiente manera (Tabla 9):

Tabla 9. Distribución de los niveles de calidad.

Intervalo	Escala
0<=Media<=70	Bajo
71<=Media<=85	Medio
86<=Media<=100	Alto

Antes de explicar globalmente los resultados obtenidos, se fundamenta tomando como ejemplo el proyecto T-Arenal, cada uno de los indicadores de las características de calidad que propone la ISO 9126. Para un mejor entendimiento se muestran las siguientes gráficas, en las que se detallan los resultados de las características que se miden por las métricas propuestas, para de esta manera observar el % de cumplimiento de las mismas.

Es válido aclarar que estos valores son consecuencia del Proceso de Pruebas de Liberación, de este modo es posible asociarlos con el proceso de desarrollo del proyecto, o sea, se puede predecir el resultado del proceso de desarrollo del proyecto, si se cuenta con los resultados del Proceso de Pruebas de Liberación.

Para el caso de la característica Funcionalidad sus indicadores son medidos por las siguientes métricas:

- Para la subcaracterística Exactitud se tienen las siguientes métricas:
 - Integridad de Implementación Funcional.
 - Exactitud Esperada.
- Para la subcaracterística Adecuidad se tienen las siguientes métricas:
 - Validación de Requerimientos
 - Estabilidad de Requerimientos

Los valores obtenidos por estas métricas plantean que mientras mayor sea su porcentaje, mayor será el grado de calidad en cuanto a funcionalidad en el producto. La figura 6 muestra el nivel medio de funcionalidad que tiene el Proceso de Liberación para el producto T-Arenal.

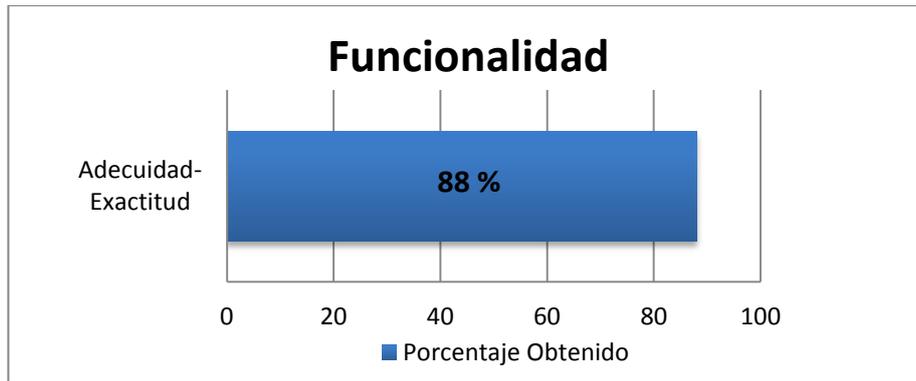


Figura 6. Característica de Funcionalidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.

Para el cálculo de la característica Confiabilidad sus indicadores son medidos por las siguientes métricas:

- En caso de la subcaracterística Recuperabilidad se tienen las siguientes métricas:
 - Restaurabilidad.
 - Tiempo de Recuperación.
 - Cobertura de las Pruebas.
- Para medir el nivel de Madurez se utilizaron las métricas:
 - Erradicación de Fallos.
 - Intensidad de Fallos totales contra casos de Pruebas

El nivel de confiabilidad depende de que tan alto sea el grado de cumplimiento de la métrica de Restaurabilidad, Erradicación de Fallos y Cobertura de las pruebas, demostrando que tan capaz es el producto durante el Proceso de Pruebas de Liberación de restaurarse en casos definidos y de solucionar el mayor número de fallos encontrados en las No conformidades.

No siendo así para la métrica de Tiempo de Recuperación e Intensidad de Fallos Totales donde para obtener un buen promedio de recuperación y un pequeño número de fallos, mientras más pequeño sea su valor, mejor será el producto a la hora de completar la recuperación una vez caído el sistema y menos serán los errores encontrados en el producto.

Debido a esto, los valores finales de estos indicadores se definieron calculando la media entre estas dos métricas, demostrando en el Proceso de Liberación el nivel medio de recuperabilidad del proyecto T-Arenal (Ver Figura 7).

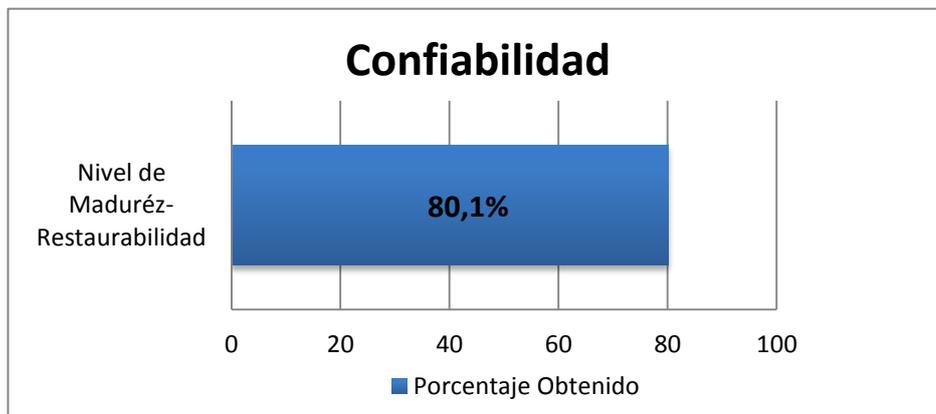


Figura 7. Característica de Confiabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.

El nivel de Usabilidad de la aplicación lo proporciona el indicador de comprensibilidad el cual es calculado por la métrica de Comprensibilidad de Entradas y Salidas, el cual plantea que mientras mayor sea su grado de cumplimiento, mejor será el grado de comprensión por parte de los usuarios para con la aplicación. La figura 8 demuestra el nivel medio de usabilidad que presenta el proyecto analizado en el Proceso de Liberación.

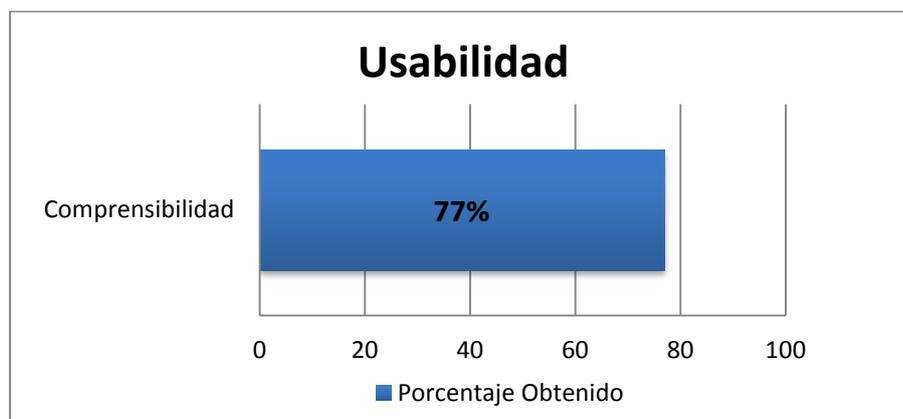


Figura 8. Característica de Usabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.

La eficiencia de la aplicación se obtiene mediante la métrica de Tiempo de Respuesta respondiendo al indicador de Comportamiento respecto al tiempo. Esta métrica plantea que mientras mayor es el grado de cumplimiento menor será el tiempo que demora el sistema en completar una tarea en particular. La siguiente figura muestra un nivel aceptable de usabilidad para el proyecto T-Arenal en el Proceso de Pruebas de Liberación.

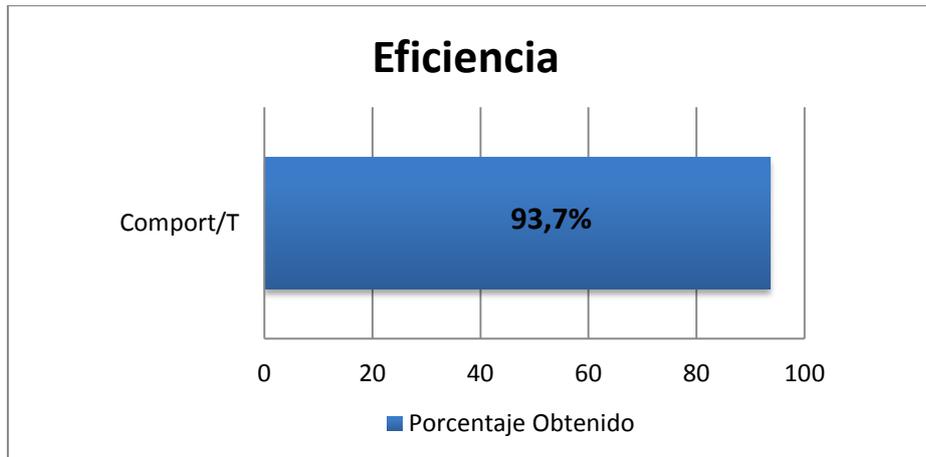


Figura 9. Característica de Eficiencia del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.

Por último el nivel de Portabilidad de la aplicación en el Proceso de Liberación, es calculado por la métrica de Facilidad de Instalación respondiendo a la subcaracterística de Instalabilidad. El alto grado de Instalabilidad demuestra que tan fácil es de instalar el producto en su ambiente de operación. Para el caso del proyecto analizado la siguiente gráfica demuestra tener en el Proceso de Pruebas de Liberación un bajo nivel de portabilidad, por lo que se hace necesario por parte del equipo de trabajo del proyecto, mejorar este indicador para elevar el nivel de calidad del producto final (Ver Figura 10).

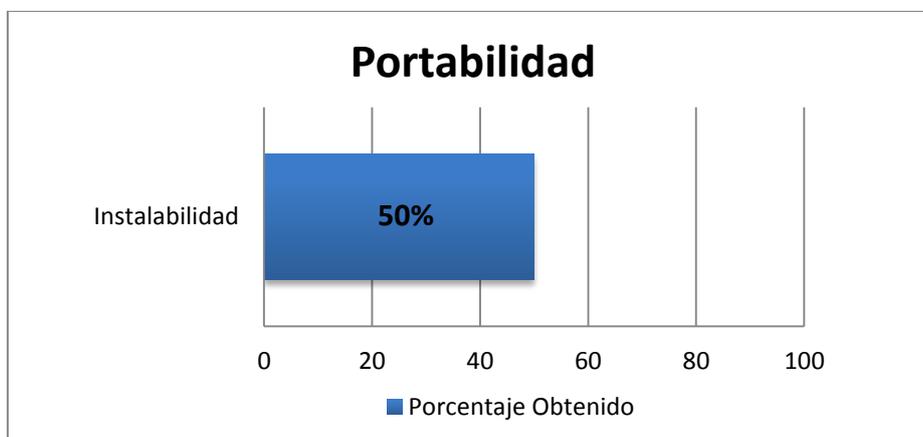


Figura 10. Característica de Portabilidad del proceso de liberación para el proyecto T-Arenal.

Una vez calculada cada una de estas características se realiza una valoración final del producto analizado en el proceso antes descrito, obteniendo de esta manera el nivel de calidad del Proceso de Pruebas de Liberación para el proyecto T-Arenal. Como se muestra en la figura 11 dicho proceso cuenta con un nivel medio de calidad según la clasificación antes expuesta.

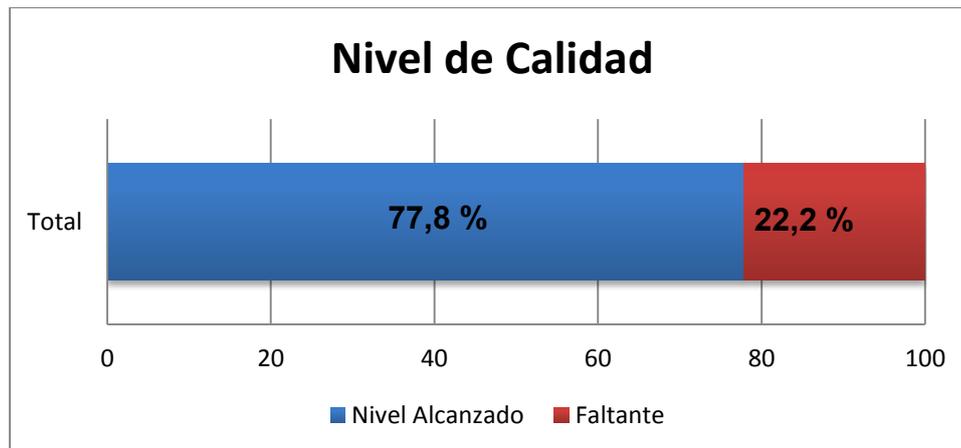


Figura 11. Nivel de calidad alcanzado por el proyecto T-Arenal en el proceso de liberación.

Es válido aclarar que para obtener un valor certero del nivel de calidad del producto como tal, se hace necesario validar además del sistema de métricas propuesto en la presente investigación, un sistema de métricas basado en la calidad de los productos y en la calidad en uso de los mismos.

De acuerdo a estos valores obtenidos para aumentar el nivel de calidad del proceso de pruebas del producto T-Arenal, se propone al departamento Bioinformática al cual corresponde dicho proyecto trabajar en los índices de confiabilidad, usabilidad y portabilidad, siendo estos los más afectados en el proceso de medición, ya que son los indicadores encargados de predecir qué tan adaptable, instalable, atractivo y maduro es el sistema desarrollado.

En cada proyecto se llevó a cabo un análisis similar a partir de los datos alcanzados en cada uno de ellos. Finalmente se realizó el cálculo de la media de los cinco proyectos analizados además de los otros dos proyectos, con el fin de evaluar el nivel de calidad del Proceso de Liberación de cada uno de estos productos en esta fase, demostrando de esta manera la necesidad de mejorar la calidad del Proceso de Liberación del Centro DATEC (Ver Figura 12).

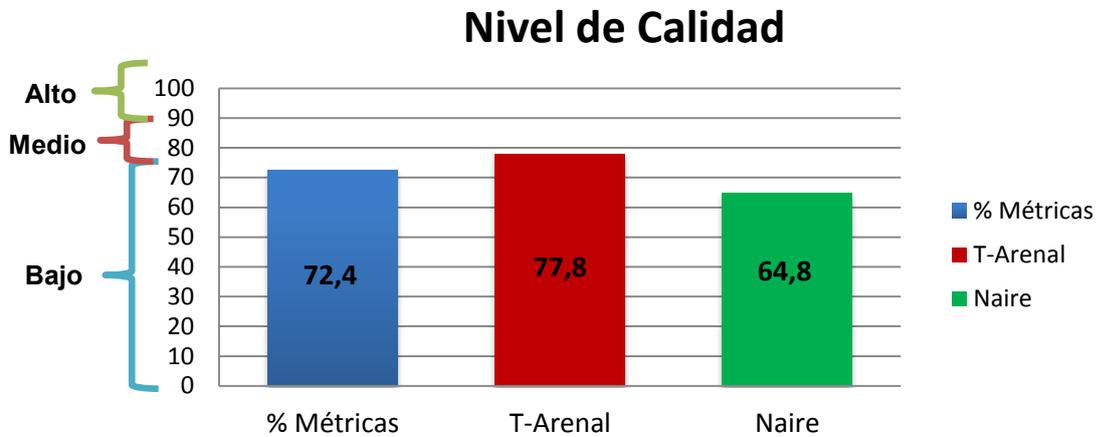


Figura 12. Nivel de Calidad del proceso de liberación en los proyectos evaluados del Centro DATEC.

A partir de estos valores y con el fin de comprobar que no existe un gran desfase en el sistema de métricas propuesto se muestra en la figura 13 que la media de los cinco proyectos escogidos se encuentran entre los valores de los proyectos T-Arenal y Naire, los cuales no pertenecían a la muestra escogida, demostrando de esta manera la efectividad de las métricas propuestas. Es importante tener en cuenta que esta media obtenida no es un valor fijo, sino que varía dependiendo de la fase en que se aplique, de la cantidad de proyectos a analizar, además de tener en cuenta la duración de dichos proyectos, ya que estos pueden ser liberados modificando el valor de la media obtenida, siendo necesario realizar el cálculo de este valor medio en un pequeño lapso de tiempo.

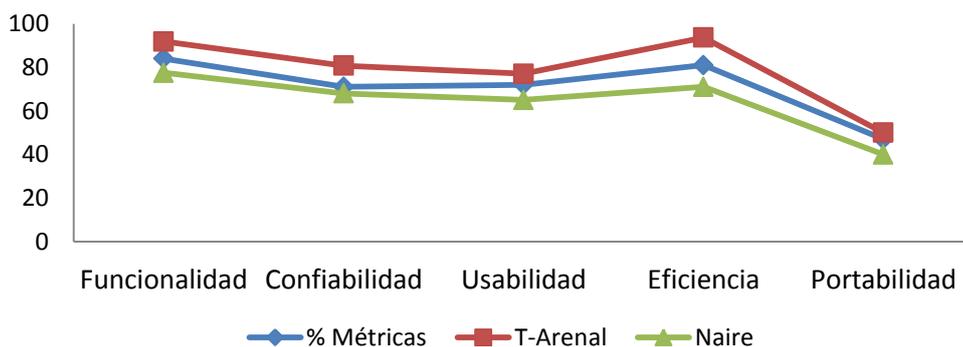


Figura 13. Resultado de proyectos por indicadores de calidad según ISO 9126

El cálculo de las métricas de cada uno de los proyectos seleccionados en el Centro DATEC, arrojaron como resultado que de todas las métricas probadas solo las métricas de estabilidad de requerimientos

intensidad de fallos totales y facilidad de instalación mostraron datos insatisfactorios de acuerdo a las especificidades de cada una de ellas, obteniendo como promedio de esta manera el Proceso de Pruebas de Liberación un nivel medio de calidad de acuerdo a los productos evaluados. En la figura 14, se muestran de forma general el resultado de calidad obtenido por el Centro en esta fase de pruebas según la muestra de proyectos analizada.

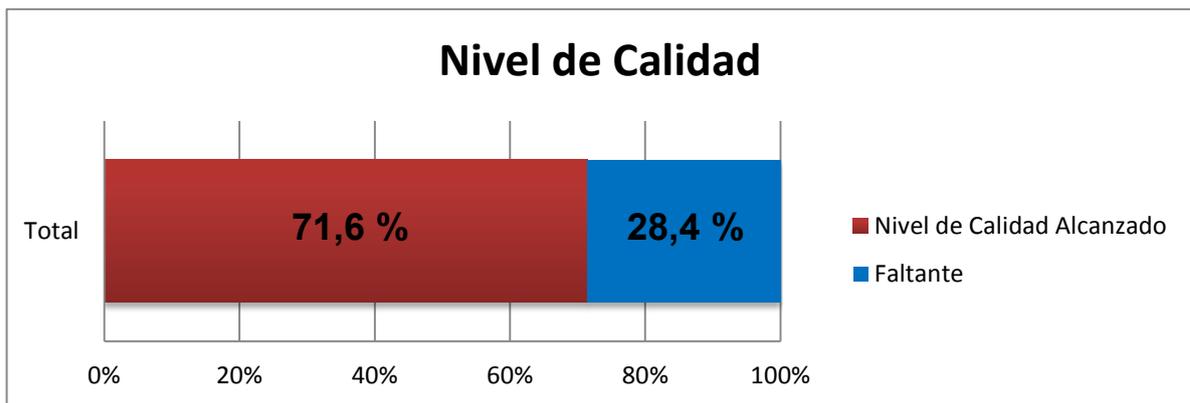


Figura 14. Resultado de Centro DATEC por indicadores de calidad según ISO 9126 en la fase de pruebas de liberación.

El grado de aceptación de un producto depende en gran medida de los resultados obtenidos en el Proceso de Pruebas de Liberación, de modo que si el resultado de este último proceso es positivo, indica que el producto tiene un alto grado de calidad. El objetivo que se persigue es otorgarle un nivel de calidad al Proceso de Pruebas de Liberación de los productos del Centro DATEC, mediante la evaluación de métricas que están enfocadas a este proceso, con la particularidad que algunas recogen datos directos de los productos y otras del proceso como tal. Teniendo en cuenta esto, se midieron las características escogidas de la ISO 9126; obteniendo así, el valor de calidad con que se realiza el Proceso de Liberación además de obtener una aproximación del nivel de calidad que tiene el proceso de desarrollo de los productos que se llevan a cabo en el Centro DATEC.

3.6 Conclusiones Parciales

La aplicación de la propuesta de métricas al Proceso de Liberación de los proyectos escogidos como muestra en el Centro DATEC permitió valorar el estado de calidad del mismo, demostrando que el Centro cuenta con un nivel medio de calidad en la fase de liberación. El análisis de los resultados

obtenidos permitió detectar algunos problemas generales en el Proceso de Pruebas de Liberación que se lleva a cabo en los productos del Centro, como son:

- Problemas en la capacidad a la hora de proporcionar los requerimientos apropiados para ejecutar tareas específicas de acuerdo a los objetivos de los clientes del sistema.
- Problemas con la capacidad del producto para restablecer el nivel de prestaciones especificado y de recuperar los datos directamente afectados una vez ocurrido fallos en el sistema.
- Problemas en cuanto a las capacidades de los productos de evitar fallar una vez que ocurran fallos en el software.

De modo general se pudo constatar que el sistema de métricas escogidos responde a los intereses del Centro pues al escoger dos proyectos al azar los resultados obtenidos por la muestra se encontraban entre los resultados obtenidos del proyecto, de este modo quedaron validadas las métricas seleccionadas en el Capítulo 2.

CONCLUSIONES

El resultado de la presente investigación constituye un importante aporte para los diferentes departamentos productivos pertenecientes al Centro de Tecnologías de Gestión de Datos de la Universidad. Al finalizar esta investigación se concluye que:

- Se realizó un estudio de las principales actividades sobre cómo realizar un correcto proceso de medición y las diferentes clasificaciones de métricas de calidad a tener en cuenta para evaluar el Proceso de Pruebas de Liberación de los productos que son liberados en el Centro DATEC.
- A partir de las clasificaciones de las métricas estudiadas se pudo obtener un conjunto de métricas de calidad enfocadas al Proceso de Pruebas de Liberación atendiendo a las características propias del Centro DATEC, siendo posible hacer una valoración objetiva de la calidad con que se desarrolla dicho proceso.
- Mediante el cálculo del sistema de métricas definido se validó la propuesta de la solución en los proyectos del Centro, demostrando que esta se ajusta a las características propias del Centro DATEC.

Por todo lo anteriormente expuesto se concluye que los objetivos trazados para la presente investigación se han cumplido satisfactoriamente.

RECOMENDACIONES

El presente trabajo de diploma recomienda que:

- Una vez identificado por la Universidad los tipos de prueba a realizar para evaluar la característica de Mantenibilidad, se recomienda al equipo de calidad del Centro DATEC aplicar las métricas definidas en el Capítulo 2 para evaluar dicha característica, con el objetivo de comprobar el grado de analizabilidad, modificabilidad y el nivel de estabilidad con que cuente el sistema en el Proceso de Pruebas de Liberación.
- Se recomienda al Centro aplicar además de las métricas de proceso definidas métricas enfocadas directamente al producto y a la calidad de uso, para obtener así finalmente un exacto nivel de calidad con que cuentan los productos del Centro DATEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pressman, Roger S. 1998. Conceptos De Calidad Software. 1998.

Olsina, Luis. Centro de Investigación de la Web. [En línea] [Citado el: 23 de Junio de 2012.] http://www.ciw.cl/recursos/Charla_Metricas_Indicadores.pdf.

ISO 8042:1900. 2012. Scribd Inc. 2012. <http://es.scribd.com/doc/80877024/Calidad-y-Calidad-de-Software>.

IEEE Std.1061-1998. IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology.

Ingeniería del Software, un enfoque Práctico. 2008.

IEEE 2012. IEEE Standards Association 2012.

Glosario de la Calidad. 2012. Universidad Católica de Cuyo 2012. [Citado el: 16 de 07 de 2012.] <http://www.uccuyosl.edu.ar//blog/escueladenegocios/wp-content/uploads/2010/04/glosario-de-la-calidad.pdf>.

Ferreira, Mateus y García, Félix. 2008-2012. Universidad de Castilla-La Mancha. Medición del Software. Ontología y Metadatos. [En línea] 2008-2012. [Citado el: 18 de Junio de 2012.] <http://www.uclm.es/dep/tsi/pdf/uclm-tsi-001.pdf>.

FUNDIBEQ. 2012. Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad. 2012. [Citado el: 22 de Septiembre de 2012.] http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf.

Definición.de. 2008-2012. Definición.de. 2008-2012. [Citado el: 18 de Mayo de 2012.] <http://definicion.de/modelo-de-calidad/>

W3C. 2012. W3C. World Wide Web. [En línea] 2012. [Citado el: 18 de Febrero de 2012.] <http://www.w3c.es/divulgacion/guiasbreves/Estandares>.

Ferreira, Mateus y García, Félix. 2008-2012. Universidad de Castilla-La Mancha. Medición del Software. Ontología y Metadatos. 2008-2012. [Citado el: 18 de Junio de 2012.] <http://www.uclm.es/dep/tsi/pdf/uclm-tsi-001.pdf>.

Rational Software Corporation. 1987-2012. Rational Unified Process. 1987-2012. [Citado el: 2 de Septiembre de 2012.] www.ibm.com/software/rational/.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Alcala, Mario Lorenzo.** 2008. MEDIDA DE LA USABILIDAD EN APLICACIONES DE ESCRITORIO. 2008.
2. **Definición.de. 2008-2012.** Definición.de. 2008-2012. [Citado el: 18 de Mayo de 2012.] <http://definicion.de/modelo-de-calidad/>
3. **Fernández Carrasco, Oscar M y García León, Delba.** Un enfoque actual sobre la calidad del software.
4. **Ferreira, Mateus y García, Félix. 2008-2012.** Universidad de Castilla-La Mancha. Medición del Software. Ontología y Metadatos. 2008-2012. [Citado el: 18 de Junio de 2012.] <http://www.uclm.es/dep/tsi/pdf/uclm-tsi-001.pdf>.
5. **FUNDIBEQ. 2012.** Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad. 2012. [Citado el: 22 de Septiembre de 2012.] http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf.
6. **Glosario de la Calidad. 2012.** Universidad Católica de Cuyo 2012. [Citado el: 16 de 07 de 2012.] <http://www.uccuyosl.edu.ar//blog/escueladenegocios/wp-content/uploads/2010/04/glosario-de-la-calidad.pdf>.
7. **Godínez Mendoza, Lilibet y Acosta Sánchez, Maylín.** 2009. Selección y aplicación de las métricas para software educativo a partir de las estandarizadas internacionalmente. 2009.
8. **González Doria, Heidi 2011.** Las Métricas de Software y su Uso en la Región Universidad de las Américas Puebla. 2011.
9. **IEEE 2012.** IEEE Standards Association 2012. <http://standards.ieee.org/develop/project/1900.7.html>.
10. **Ingeniería del Software, un enfoque Práctico.** 2008.
11. **Ingeniería del Software, un enfoque Práctico.** [ed.] Mc Graw Hill. Quinta edición. México: s.n., 2003.
12. **IEEE Std.1061-1998.** IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology.
13. **Ingeniería del Software, un enfoque Práctico.** 2008.

14. **Ingeniería del Software, un enfoque Práctico.** [ed.] Mc Graw Hill. Quinta edición. México: s.n., 2003.
15. **ISO 8042:1900.** 2012. Scribd Inc. 2012. <http://es.scribd.com/doc/80877024/Calidad-y-Calidad-de-Software>.
16. **Marcos, José y Arroyo, Alicia.** 2010. La norma ISO/IEC 25000 y el proyecto KEMIS. España: s.n., 2010. ISSN:1885-4486.
17. **Olsina, Luis.** 2012. Universidad Nacional de La Pampa. 2012. [Citado el: 18 de 07 de 2012.] <http://www.eici.ucm.cl/Academicos/ygomez/descargas/calidad/calidad.pdf>.
18. **OLSINA, Luis Antonio.** Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web.
19. **Olsina, Luis.** Centro de Investigación de la Web. [En línea] [Citado el: 23 de Junio de 2012.] http://www.ciw.cl/recursos/Charla_Metricas_Indicadores.pdf.
20. **Pressman, Roger S.** 1998. Conceptos De Calidad Software. 1998.
21. **Rational Software Corporation.** 1987-2012. Rational Unified Process. 1987-2012. [Citado el: 2 de Septiembre de 2012.] www.ibm.com/software/rational/.
22. **W3C.** 2012. W3C. World Wide Web. [En línea] 2012. [Citado el: 18 de Febrero de 2012.] <http://www.w3c.es/divulgacion/guiasbreves/Estandares>.

Anexos

Anexo 1. Proyecto SIGOB

Nombre de la métrica	Variables	Datos
Validación de requerimientos.	NC: Número de requerimientos que se han validado como correctos. NNV: Número de requisitos no validados aún.	NC = 25 NNV = 0
Estabilidad de requerimientos	RT: Total de requerimientos definidos. RM: Número de requerimientos modificados, que se obtienen como la sumatoria de los requerimientos insertados, modificados y eliminados	RT=25 RM=11
Integridad de Implementación Funcional	A: Número de funciones perdidas detectadas en la evaluación. B: Número de funciones descritas en la especificación de requisitos.	A=3 B=25
Exactitud esperada	CDR: Número de casos encontrados con diferencias entre los resultados alcanzados y los razonablemente esperados. TO: Tiempo de operación.	CDR=5 TO=6570 hrs
Erradicación de fallos	FS: Número de fallos solucionados. TFD: Número total de fallos reales detectados	FS=6 TFD=8
Restaurabilidad	A: Número de casos de restauración exitosos. B: Número de casos de restauración probados por los requisitos.	A=7 B=11
Intensidad de fallos totales contra casos de prueba	A1: Número total de fallos totales detectados. A2: Número de casos de pruebas ejecutados.	A1=8 A2=25
Tiempo medio de recuperación	T: Tiempo de recuperación de la inactividad N: Número de oportunidades en que el sistema entró en recuperación.	T=70 s N=2

Tiempo de respuesta	T: Tiempo empleado en obtener el resultado.	T=3200mls
Comprensibilidad de entradas y salidas	<p>A: Número de elementos de entrada que suministra el sistema de software como salida comprendidas correctamente.</p> <p>B: Número total de elementos de entrada que suministra el sistema de software como salida proporcionados por la interfaz.</p>	<p>A= 22</p> <p>B=25</p>
Facilidad de instalación	<p>A: indica el número de casos en los cuales el usuario tiene éxito en las operaciones para una instalación adecuada a su conveniencia.</p> <p>B: Indica el número total de casos en los cuales el usuario intenta adecuar la instalación a su conveniencia.</p>	<p>A=0</p> <p>B=0</p>