

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

MAPEO ENTRE LOS GRUPOS DE ÁREAS DE PROCESO PARA INGENIERÍA Y ASEGURAMIENTO DEL ÉXITO DEL PRODUCTO DEL MODELO CMMI-DEV V.1.3 CON LA NORMA ISO 9003:2014

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGÍSTER EN SOFTWARE MENCIÓN CALIDAD**

ROBERTO XAVIER GARCIA PAZMIÑO

roberto.garcia@epn.edu.ec

DIRECTOR: Dr. EDISON FERNANDO LOZA AGUIRRE

edison.loza@epn.edu.ec

QUITO, Agosto 2019

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Xavier García Pazmiño bajo mi supervisión.

Dr. Edison Loza Aguirre

DIRECTOR

DECLARACIÓN

Yo, Roberto Xavier García Pazmiño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ing. Roberto García

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme regalado la vida y la sabiduría para poder este proyecto.

A mis padres Edgar y Mery que han sido mi bastón de fortaleza durante todos estos años de estudio, y día a día me han enseñado el significado de lo que es vivir la vida.

A mis hermanos y hermanas por ser ese ejemplo a seguir y haber compartido a mi lado tantos años de vida en los que hemos pasado situaciones buenas y malas.

A Mishel y Stephano, por aunque nada ha sido fácil, hemos logrado superar miles de obstáculos para seguir juntos.

A mi tutor el Dr. Edison Loza por sus enseñanzas, consejos y guiarme en la dirección de este proyecto de titulación.

Roberto

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación va dedicado con mucho amor a mi madre querida, por su apoyo, cariño, al haberme enseñado que las cosas no llegan fácil en la vida y día a día motivarme para ser un buen hijo, padre, hermano, profesional y lo más importante ser una buena persona.

Roberto

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Objetivo General.....	11
1.3. Objetivos Específicos	11
1.4. Marco Teórico.....	11
1.4.1 CMMI	11
1.4.2 Norma NTC-ISO/IEC 9000-3.....	23
2. METODOLOGÍA.....	31
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. Análisis Rápido.....	36
3.2. Ejecución.....	37
3.3. Discusión.....	42
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
4.1. Conclusiones	46
4.2. Recomendaciones.....	47
5. BIBLIOGRAFÍA.....	48
6. ANEXOS.....	51
6.1. Anexo I CSPE de los procesos analizados	51
6.2. Anexo II Mapeo entre CMMI-DEV VER 1.3 e ISO/IEC 9000-3:2014	51
7. Lista de Acrónimos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución de CMMI [7].	12
Figura 2 Componentes de CMMI [7].	13
Figura 3 Niveles de Madurez y Capacidad [7].	17
Figura 4 Relación con otros estándares.	27
Figura 5 Diagrama de Bloques de SFramework [24].	34
Figura 6 PEBI para integrar.	41
Figura 7 Relación entre procesos de CMMI-DEV VER 1.3 e ISO 90003:2014.	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procesos de CMMI-DEV seleccionados para la comparación [13].	16
Tabla 2 Comparación de los niveles de capacidad y de madurez.	18
Tabla 3 Representación continua y por etapas [14].	19
Tabla 4 Cláusulas de la norma ISO 9000.3:2014 [19].	24
Tabla 5 Plantilla de un CSPE (Estructura común de elementos de proceso).	33
Tabla 6 Fases de SFRAMEWORK [24].	35
Tabla 7 Procedimiento de mapeo e integración [24].	35
Tabla 8 Descripción general de los modelos.	37
Tabla 9 CSPE de los modelos a comparar	38
Tabla 10 CSPE para el área de procesos RD de CMMI-DEV ver 1.3	39
Tabla 11 CSPE para el proceso QM 0.1 de ISO 90003:2015.	40
Tabla 12 Prácticas específicas a comprar de CMMI-DEV Ver 1.3.	41
Tabla 13 Prácticas base (BP) de ISO 90003:2014.	41
Tabla 14 Mapeo entre RD y REQM de CMMI-DEV VER 1.3 y QM.0.1 de ISO 90003:2014.	42
Tabla 15 Escala de comparación.	43
Tabla 16 Porcentaje de relación CMMI-DEV VER.1.3 e ISO 90003:2014.	43
Tabla 17 Grado de relación CMMI-DEV VER.1.3 e ISO 90003:2014.	44
Tabla 18 Procesos de CMMI-DEV ver 1.3 que se relacionan con procesos de ISO 90003:2014.	45

RESUMEN

Las organizaciones requieren certificados que acrediten la calidad de sus productos y servicios, lo que conlleva a la necesidad de implementar uno o varios modelos de manera integrada. CMMI es un modelo de referencia que busca la mejora de procesos en toda la organización. ISO 9000-3 “Guía para la aplicación de ISO 9001:2014 para el desarrollo, implementación y mantenimiento del software”, se basa en el control de calidad en el desarrollo de sistemas de información, en el ciclo de vida y la calidad del software. Dado que, en el medio ecuatoriano, estos son los estándares más difundidos, cuando una organización que se ha certificado ISO 90003:2014, le es de utilidad conocer el nivel de madurez de los procesos ligados con la ingeniería y aseguramiento del producto, es necesario realizar un estudio comparativo entre los modelos que es sintetizado por un mapeo.

El objetivo de este estudio es proponer un mapeo entre las áreas de proceso de “Ingeniería del producto” y “Aseguramiento del éxito del producto” del marco de referencia CMMI-DEV VER.1.3 con la norma ISO 90003:2014.

Hframework describe un marco de trabajo con la capacidad de soportar la armonización de múltiples modelos, proporcionando de esta manera un apoyo conceptual, metodológico y tecnológico a las organizaciones

Del mapeo realizado se obtuvo que VER (Verificación), VAL (Validación) y REQ (Requisitos) son las áreas de proceso que tienen correspondencia con 4 procesos, TS (Solución Técnica) tiene correspondencia con tres procesos, RD (Gestión de Requisitos) muestra correspondencia con 2 procesos, RSK (Gestión de Riesgos) y PI (Integración del producto) tienen correspondencia con un proceso

Estos resultados pueden servir de guía a una organización que desee alcanzar la madurez organizacional de sus procesos.

Palabras claves: CMMI-DEV, Hframework, ISO 90003:2014, mapeo, áreas de proceso.

ABSTRACT

Organizations require certify the quality of their products and services, which leads to the need to implement one or several models in an integrated manner. CMMI is a reference model that seeks to improve processes throughout the organization. ISO 9000-3 "Guide for the application of ISO 9001: 2014 for the development, implementation and maintenance of software" is based on the quality control in the development of information systems, in the life cycle and the software quality. Given that, in the Ecuador, these are the most widespread standards, when an organization that has ISO 90003: 2014 certified, it would be useful to know the level of maturity of the processes linked with the engineering and assurance of the product. Thus, it is necessary perform a comparative study between the models that is synthesized by a mapping.

The objective of this study is to propose a mapping between the process areas of "Product Engineering" and "Product Success Assurance" of the reference framework CMMI-DEV VER.1.3 with the ISO 90003: 2014 standard.

Hframework describes a framework with the capacity to support the harmonization of multiple models, providing in this way a conceptual, methodological and technological support to organizations

From the mapping performed it was obtained that VER (Verification), VAL (Validation) and REQ (Requirements) are the process areas that correspond to 4 processes of ISO 90003, TS (Technical Solution) has correspondence with three processes, RD (Requirements Management) sample correspondence with 2 processes, RSK (Risk Management) and PI (Product Integration) correspond to a process

These results can serve as a guide for an organization that wishes to achieve the organizational maturity of its processes.

Keywords: CMMI-DEV, Hframework, ISO 90003: 2014, mapping, process areas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, las organizaciones necesitan continuamente involucrar personas en diversas funciones, las cuales deben coordinarse eficientemente para cumplir los objetivos de la organización. Esta coordinación es posible mediante mecanismos que permitan la mejora del rendimiento a través del perfeccionamiento de la calidad. Lo cual a su vez se traduce en mejoras de competitividad organizacional [1].

En este contexto, la calidad de los productos está íntimamente ligada con la calidad de los procesos que permitieron su desarrollo y producción [2]. Es así como surge la necesidad de evaluar los procesos de desarrollo a través de un examen disciplinado, guiado por un conjunto de criterios que permitan determinar si estos procesos permiten satisfacer los objetivos de la organización. La industria de software no está exenta ni de estos requerimientos ni de estas consideraciones de calidad [3]. Por esta razón, un sistema de gestión de calidad para el desarrollo de software se hace indispensable para las organizaciones. En la actualidad, existen varios estándares en el mercado que han surgido precisamente para ayudar a establecer buenas prácticas de calidad en el desarrollo de software [4] (e.g. CMMI, SPICE, Bootstrap e ISO). Sin embargo, a nuestro conocimiento no existen estudios de equivalencia entre estos estándares que permitan aprovechar la implementación de alguna de estas normas para implementar una u otra, o buscar puntos de refuerzo o complementariedad.

El presente estudio pretende cubrir este vacío. Dado que, en el medio ecuatoriano, ISO 9001 y CMMI son los estándares más difundidos, y dado que ISO 90003 es la instanciación de ISO 9001 para la industria de software, consideramos pertinente enfocarnos en estos dos estándares en el presente estudio. Las áreas de proceso seleccionadas para realizar el mapeo corresponden a aquellas relacionadas con las tareas relacionadas a la Ingeniería y el Aseguramiento del éxito del producto de CMMI-DEV VER.13.

El mapeo realizado se basa en los niveles de capacidad de CMMI, debido a que para cada una de las metas específicas de las áreas de proceso objeto de este estudio, se analizará el grado de correspondencia hacia las cláusulas de la ISO 90003:2014, al contrario de los niveles de madurez, en donde para lograr un nivel se deben satisfacer todas las metas específicas de varias áreas de proceso.

1.2. Objetivo General

Proponer un mapeo entre las áreas de proceso de “Ingeniería del producto” y “Aseguramiento del éxito del producto” del marco de referencia CMMI-DEV VER.1.3 con la norma ISO 90003:2014.

1.3. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis inicial del modelo CMMI-DEV Ver. 1.3 y la norma ISO 90003:2014
- Identificar los procesos de ISO 90003:2014 que se interrelacionan con las áreas de procesos de referencia de CMMI-DEV Ver. 1.3; que son objetos de este estudio.
- Mapear los procesos definidos en la familia de normas ISO 90003:2014 correspondientes a las áreas de procesos CMMI-DEV Ver 1.3 seleccionadas para el estudio.

1.4. Marco Teórico

Las normas que certifican la calidad de un software mejoran la productividad y la competitividad de un fabricante de programas y aplicaciones informáticas. Además, la utilización de normas de calidad de procesos expande el mercado de potenciales clientes y proyecta a la compañía al mercado externo [5].

Las ventajas de obtener una certificación de calidad son [6]:

- Mejora la competitividad de las empresas.
- Proporcionar confianza a los clientes.
- Ahorro de tiempo y dinero.
- Proporcionar garantías en los procesos de desarrollo y producción.

A continuación, se presentarán las normas de calidad a desarrollarse en este estudio:

1.4.1 CMMI

1.4.1.1 Introducción

En el mercado existe una diversidad de modelos de madurez, estándares, metodologías y guías; cuyo objetivo se centra en brindar ayuda a la forma de hacer negocio en las organizaciones, centrándose en una parte específica del negocio, y dejando a un lado los problemas a los que se enfrenta una organización diariamente [7]. Con CMMI para Desarrollo (CMMI-DEV), parte de la familia de protocolos CMMI, presenta una solución holística de buenas prácticas que se centran en tratar las

actividades enfocadas al desarrollo aplicadas a productos y servicios, cubriendo todo el ciclo de vida del producto [8].

CMMI-DEV forma parte de la familia de estándares CMMI, el cual resultó de la combinación de tres modelos fuentes seleccionados por su éxito en cuanto a la mejora de los procesos de una organización, estos modelos son [9] [10] [11]:

1. *Capability Maturity Model for Software (SW-CMM) v2.0 draft C.*
2. *Systems Engineering Capability Model (SECM) (EIA 2002a).*
3. *Integrated Product Development Capability Maturity Model (IPD-CMM) v0.98.*

En el año 2000 se libera la primera versión de CMMI (V1.02) diseñado con el fin de ser utilizado en las organizaciones de desarrollo que buscan la mejora de procesos en toda la empresa [7]. En el 2002 se publica la versión 1.1 y en el 2006 se publicó la versión 1.2 [7]. Una vez publicada la versión 1.2, se empezó a planificar otros dos modelos CMMI, por este motivo tuvo que adoptar el nombre de CMMI-DEV y ahí nació el concepto de constelaciones [7].

En el 2007 se publicó el modelo CMMI para Adquisiciones y en el 2009 fue publicado el modelo CMMI para servicios. En el año 2008 se empezó a planificar la versión 1.3 de CMMI, con el objetivo de asegurar la consistencia entre los tres modelos y que mejore el material de alta madures en todos los modelos [7].

La versión de CMMI 1.3 para Adquisición y Servicios se publicó en noviembre del 2010 como se observa en la Figura 1 [7].

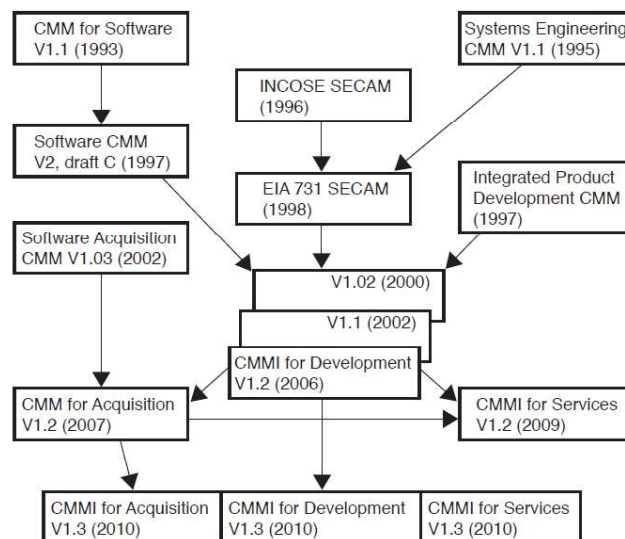


Figura 1 Evolución de CMMI [7].

CMMI-DEV

Es un modelo de referencia que abarca todas las actividades necesarias para desarrollar productos y servicios de organizaciones en diversos sectores. Además, contiene prácticas que cubren la gestión de proyectos, procesos, ingeniería de sistemas, hardware, software y otros procesos relacionados en el desarrollo y mantenimiento [7]. CMMI-DEV contiene 22 áreas de proceso, de las cuales 16 son áreas base, 1 compartida y 5 son específicas de desarrollo [7] [11].

Estructura

La Figura 2 muestra los componentes de CMMI-DEV:

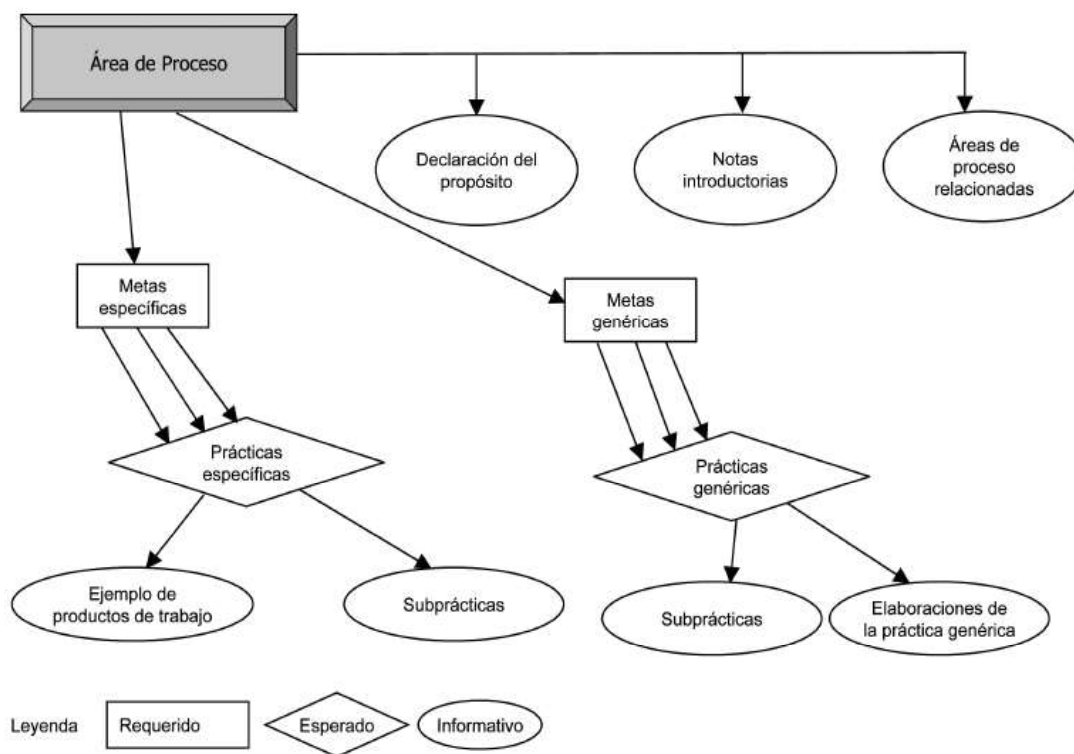


Figura 2 Componentes de CMMI [7].

Áreas de proceso base y los modelos CMMI

Los modelos CMMI se generan a partir del marco CMMI, dicho marco contiene las metas y prácticas utilizadas para producir todos los modelos CMMI. Los tres modelos comparten 16 áreas de proceso base, que cubren conceptos relacionados con la mejora de procesos en cualquier área de interés (adquisición, desarrollo, servicios) [11] [7].

Componentes requeridos, esperados e informativos

El modelo CMMI está compuesto por un conjunto de componentes de naturaleza distinta cuya finalidad es señalar requerimientos a ser cumplidos y guiar en el cumplimiento de los mismos.

Requeridos:

Componentes esenciales para la mejora de procesos en un área dada, a su vez son metas específicas y genéricas, cuya satisfacción se utilizará para evaluar un área de proceso [9].

Esperados:

Describen actividades que son necesarias para lograr un componente requerido, orientando en la implementación de mejora y en la realización de evaluaciones [7].

Informativos

Componentes que ayudan a los usuarios a entender los componentes requeridos y esperados, pudiendo ser ejemplos en un recuadro, explicaciones, notas, referencias, fuentes, títulos de metas, y prácticas [12].

Este tipo de componente no se lo puede ignorar, debido a que proporciona la información necesaria para lograr una correcta comprensión de las metas y prácticas. [12]

Áreas de Procesos:

“Grupo de prácticas relacionadas dentro de un área que, cuando se implementan conjuntamente, satisface un conjunto de metas consideradas importantes para mejorar esa área” [12].

Las 22 áreas de proceso de CMMI-DEV son [11]:

- Análisis Causal y Resolución (CAR).
- Gestión de Configuración (CM).
- Análisis de Decisiones y Resolución (DAR).
- Gestión Integrada del Proyecto (IPM).
- Medición y Análisis (MA).
- Definición de Procesos de la Organización (OPD).
- Enfoque en Procesos de la Organización (OPF).

- Gestión del Rendimiento de la Organización (OPM).
- Rendimiento de Procesos de la Organización (OPP).
- Formación en la Organización (OT).
- Integración del Producto (PI).
- Monitorización y Control del Proyecto (PMC).
- Planificación del Proyecto (PP).
- Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto (PPQA).
- Gestión Cuantitativa del Proyecto (QPM).
- Desarrollo de Requisitos (RD).
- Gestión de Requisitos (REQM).
- Gestión de Riesgos (RSKM).
- Gestión de Acuerdos con Proveedores (SAM).
- Solución Técnica (TS).
- Validación (VAL).
- Verificación (VER). [12]

Metas Específicas:

Se encargan de describir las características que deben estar presentes para poder satisfacer un área de proceso, además sirve de ayuda en las evaluaciones realizadas sobre dicha área [12].

Metas Genéricas

Es aplicada en varias áreas de proceso, describiendo las características que deben estar presentes para lograr institucionalizar los procesos que implementan un área [12].

Prácticas Específicas

Describe una actividad necesaria para lograr una meta específica [12].

Subprácticas

Proporciona una orientación que ayude a la interpretación e implementación de una práctica genérica o específica [12].

Prácticas Genéricas

Práctica aplicada a varias áreas de proceso [12].

En el contexto del presente trabajo, delimitando el alcance del mismo, para realizar la comparación se tomarán en cuenta las áreas de proceso de “Ingeniería” y “Aseguramiento del éxito del producto” del modelo CMMI-DEV VER 1.3 descritos en la Tabla 1 [7]:

Tabla 1 Procesos de CMMI-DEV seleccionados para la comparación [13].

Área	Sigla	Proceso	Propósito
Ingeniería del producto	RD	Desarrollo de Requisitos	Obtener, analizar y establecer los requisitos del cliente, producto o de componentes de producto.
	REQM	Gestión de Requisitos	Identificar, asignar y hacer seguimiento de los requisitos necesarios para satisfacer los objetivos del proyecto. La gestión de requisitos es fundamental, una buena gestión de requisitos impacta muy positivamente en el proyecto, ya que facilita el buen desempeño de los procesos y actividades siguientes.
	TS	Solución Técnica	Seleccionar, diseñar e implementar soluciones a los requisitos, estas soluciones, diseños e implementaciones abarcan productos, componentes de producto y productos relacionados con el ciclo de vida de procesos tanto de forma individual o mediante combinación.
	PI	Integración del Producto	Armar el producto a partir de los componentes del producto, asegurar que el producto armado se comporta adecuadamente y entregar el producto.
	VAL	Validación	Demostrar que el producto o los componentes del producto cumplen con las intenciones de uso cuando se sitúan en su entorno de uso.

Aseguramiento de éxito del producto	VER	Verificación	Asegurar que el producto o proyecto cumplen con sus especificaciones.
	RSKM	Gestión de Riesgos	Identificar problemas potenciales antes de que lleguen a producirse de forma que se puedan planear acciones y actividades que minimicen o mitiguen estos riesgos

Representaciones

CMMI brinda soporte a dos caminos de mejora basado en niveles. Por una parte, se permite mejorar de forma incremental áreas de procesos individuales según la demanda de la organización, mediante una aproximación conocida como continua. Por otro lado, permite mejorar a las organizaciones un grupo de procesos relacionados entre sí de forma incremental, o por etapas. [9]

Estos dos caminos se asocian con los niveles de capacidad y de madurez, que corresponden a la mejora de procesos continua o por etapas. La representación continua permite alcanzar niveles de capacidad, mientras que la representación por etapas permite alcanzar nivel de madurez [3].

La Figura 3 muestra la estructura de los niveles de madurez y de capacidad:

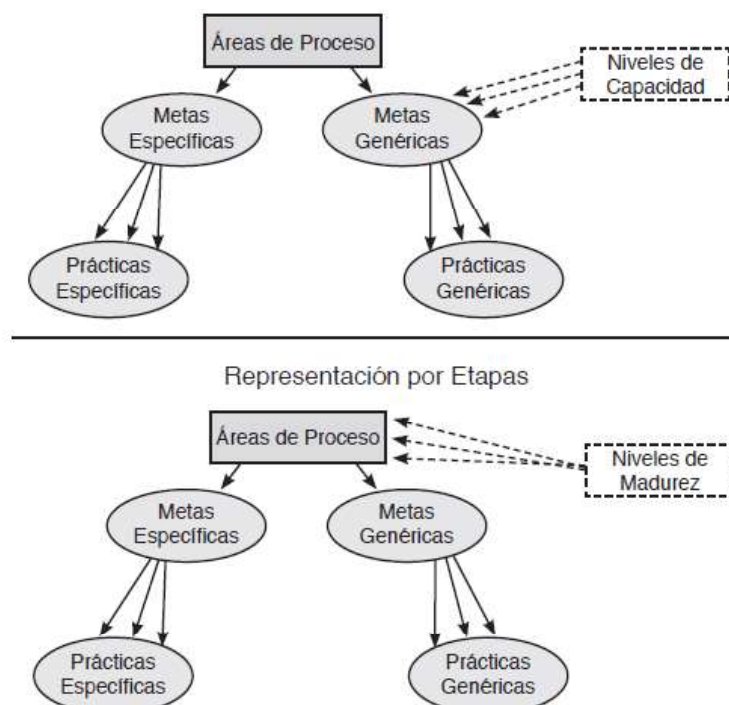


Figura 3 Niveles de Madurez y Capacidad [7]

Los niveles de capacidad se refieren a la consecución de mejora de procesos en áreas de procesos individuales en la organización, mientras que los niveles de madurez se refieren a la consecución de mejora en varias áreas de procesos. Los niveles de madurez se numeran del 1 al 5 y los de capacidad van del 0 al 3, como se muestra en la Tabla 2 [12]:

Tabla 2 Comparación de los niveles de capacidad y de madurez.

Nivel	Representación continua Niveles de capacidad	Representación por etapas Niveles de madurez
Nivel 0	Incompleto	
Nivel 1	Realizado	Inicial
Nivel 2	Gestionado	Gestionado
Nivel 3	Definido	Definido
Nivel 4		Gestionado Cuantitativamente
Nivel 5		En Optimización

Ambas representaciones proporcionan caminos para la mejorara de procesos con el fin de lograr los objetivos de negocio, proporcionan el mismo contenido esencial y utilizan los mismos componentes del modelo [7] , lo que varía es la distribución por grupos áreas de proceso y por niveles de madurez como se observa en la **Tabla 3** de ahí que el presente trabajo se basa en el mapeo de los grupos de áreas de procesos de CMMI-DEV V. 1.3 hacia la ISO 90003:2014, es decir se utilizará la representación continua.

Tabla 3 Representación continua y por etapas [14]

	Área de proceso	Acrónimo	Nivel de Madurez
Process Management	Organizational Process Focus	OPF	3
	Organizational Process Definition	OPD	3
	Organizational Training	OT	3
	Organizational Process Performance	OPP	4
	Organizational Innovation and Deployment	OID	5
Project Management	Project Planning	PP	2
	Project Monitoring and Control	PMC	2
	Supplier Agreement Management	SAM	2
	Integrated Project Management	IPM	3
	Risk Management	RSKM	3
	Quantitative Project Management	IT	4
Engineering	Requirements Management	REQM	2
	Requirements Development	RD	3
	Technical Solution	TS	3
	Product Integration	PI	3
	Verification	VER	3
	Validation	VAL	3
Support	Configuration Management	CM	2
	Process and Product Quality Assurance	PPQA	2
	Measurement and Analysis	MA	2
	Decision Analysis and Resolution	DAR	3
	Causal Analysis and Resolution	CAR	3

Niveles de Capacidad

Los niveles de capacidad se hallan denominados por números del 0 al 3:

0. Incompleto.
1. Realizado
2. Gestionado
3. Definido

Alcanzar un nivel de capacidad en un área de proceso se refiere a la satisfacción de las metas genéricas de ese nivel [12].

Nivel de capacidad 0: Incompleto

Proceso que no es realizado o se realiza parcialmente. Al menos una de las metas específicas del área no se satisface, por ese motivo no se institucionaliza dicho proceso [15].

Nivel de capacidad 1: Realizado

Proceso que lleva a cabo el trabajo necesario para producir productos de trabajo, satisfaciendo metas específicas del área de proceso.

Este nivel presenta mejoras importantes del proceso, dichas mejoras pueden perderse con el tiempo si no se institucionaliza el proceso, esta institucionalización ayuda a asegurar que las mejoras se mantienen dentro de los procesos [15].

Nivel de capacidad 2: Gestionado

Proceso realizado que se planifica y ejecuta de acuerdo con la política; empleando personal calificado que cuenta con los recursos adecuados para poder producir resultados controlados.

En este nivel ayuda a asegurar que las prácticas existentes se mantengan en periodos en donde exista una alta presión [15].

Nivel de capacidad 3: Definido

Es un proceso gestionado adaptado a un conjunto de procesos estándar de la organización acorde con las guías de adaptación de la organización.

La diferencia con el nivel 2 se centra en el alcance de los estándares, descripciones de procesos y procedimientos para un proyecto, ya que en este nivel se adaptan a partir del conjunto de procesos de la organización para ajustarse a un proyecto o unidad organizativa particular.

Los procesos descritos en este nivel describen claramente el propósito, entradas, criterios de entrada, actividades, roles, medidas, etapas de verificación, salidas y criterios de salida [15] [12].

Avanzando a través de los niveles de capacidad

Alcanzar un nivel de capacidad de un área de proceso se logra mediante la aplicación de las prácticas genéricas para este proceso.

Alcanzar el nivel 1 equivale a decir que los procesos asociados con esta área de proceso son realizados.

Alcanzar el nivel 2 equivale a decir que existe una política que indica que el proceso se realizará, en este nivel puede planificarse y monitorizarse de la misma forma que cualquier proyecto o actividad de soporte.

Alcanzar el nivel 3 equivale a tener un proceso estándar de la organización asociado con dicho proceso.

Si se ha alcanzado el nivel 3 la mejora puede darse abordando áreas de proceso de alta madurez (Rendimiento de procesos de la organización, Gestión Cuantitativa del Proyecto, Análisis causal y resolución, Gestión del rendimiento de la organización).

Las áreas de alta madurez se enfocan en mejorar el rendimiento de procesos ya implementados describiendo el uso de la estadística y de otras técnicas cuantitativas para mejorar los procesos de los proyectos y de la organización para conseguir mejorar los objetivos del negocio [12].

Niveles de madurez

Un nivel de madurez consta de prácticas genéricas y específicas que se relacionan en un conjunto predefinido de áreas de proceso que se enfocan en la mejora del rendimiento global de la organización [11].

Un nivel de madurez es una plataforma definida orientada en la mejora de procesos de la organización. En sí, cada nivel desarrolla un subconjunto de procesos organizativos, preparándola de esta manera para pasar al siguiente nivel de madurez. Estos niveles se miden mediante el logro de las metas específicas y genéricas que se asocian a un grupo predefinido de áreas de proceso [12].

Los cinco niveles están denominados por los números del 1 al 5 y son [13]:

1. Inicial
2. Gestionado
3. Definido
4. Gestionado cuantitativamente
5. En optimización

Nivel de madurez 1: Inicial

En este nivel los procesos son ad hoc y caóticos. No existe un entorno adecuado para dar soporte a los procesos de la organización. En estas organizaciones generalmente

se excede con frecuencia el presupuesto y los plazos al producir o generar servicios. [7].

Nivel de madurez 2: Gestionado

En este nivel, se garantiza que “los proyectos y los procesos se planifican y ejecutan de acuerdo con políticas; los proyectos emplean personal cualificado que dispone de recursos adecuados para producir resultados controlados; se involucra a las partes interesadas relevantes; se monitorizan, controlan y revisan; y se evalúan en cuanto a la adherencia a sus descripciones de proceso” [12].

Nivel de madurez 3: Definido

En este nivel, los procesos se encuentran bien caracterizados y comprendidos, los estándares están descritos, así como los procedimientos, métodos y herramientas. Los procesos se establecen y mejoran a lo largo del tiempo. Estos procesos se adoptan de acuerdo a las guías de adaptación definidas [15].

Nivel de madurez 4: Gestionando cuantitativamente

En este nivel, se establecen objetivos cuantitativos para la calidad y el rendimiento de los procesos, y se utilizan como criterios en la gestión de los proyectos, estos objetivos se basan en las necesidades del cliente, usuarios, la organización e implementadores del proceso. La calidad y el rendimiento se interpretan en términos estadísticos gestionados durante la vida de los proyectos [12].

Nivel de madurez 5: En optimización.

En este nivel, la organización mejora continuamente sus procesos basándose en una comprensión cuantitativa de sus objetivos del negocio y necesidades de rendimiento.

Los procesos se mejoran continuamente mediante mejoras incrementales e innovadoras de proceso y tecnología. Se establecen los objetivos de calidad y rendimiento, y se utilizan como criterios para gestionar la mejora de procesos. Los efectos de mejora se miden utilizando técnicas estadísticas, cuantitativas y se comparan con los objetos de calidad y rendimiento del proceso [12].

Avanzando a través de los niveles de madurez

Las mejoras de madurez dentro de una organización se pueden dar obteniendo el control a nivel de proyecto y continuando hasta el nivel más alto, utilizando ya sea datos cuantitativos o cualitativos en la toma de decisiones.

La madurez de una organización se asocia directamente con la mejora de resultados esperados que se puedan lograr. En sí, la madurez es una forma para poder predecir resultados de proyectos futuros de una organización. A medida que la organización logra sus metas genéricas y específicas para un conjunto de áreas de proceso en un nivel de madurez, aumenta su madurez organizativa y de esta forma se obtienen los beneficios de la mejora de procesos, ya que en cada nivel se establece la base necesaria para el siguiente nivel, es imposible saltarse entre niveles de madurez [12].

Se pueden establecer mejoras de proceso en cualquier momento, incluso antes de que se dé un paso de nivel de madurez donde se recomiende la práctica específica.

Las normas de calidad dotan a las organizaciones de un certificado de calidad indispensable a la hora de establecer confianza y ofrecer en el mercado estándares positivos y generar un valor añadido de garantía para el usuario que quiere consumir un servicio o producto determinado” [16]. Una de las normas de calidad, objeto de este estudio es:

1.4.2 Norma NTC-ISO/IEC 9000-3

La norma ISO 9001:2008 fue escrita para ser utilizada en cualquier organización, pero en cuanto al desarrollo de software resulta difícil interpretarla. Es por ello que se publicó la norma ISO 9000-3 “Guía para la aplicación de ISO 9001:2014 para el desarrollo, implementación y mantenimiento del software”, cuyo ámbito de aplicación se centra en el control de calidad en el desarrollo de sistemas de información, en el ciclo de vida y la calidad del software [17].

Esta norma proporciona una guía que sirve para detectar y corregir problemas en los productos de software, consiguiendo de esta manera la mejora en la calidad de los mismos y los siguientes beneficios [18]:

- Mejora en la documentación de los sistemas.
- Cambio cultural positivo.
- Incremento en la eficiencia y productividad.
- Incremento en la satisfacción del cliente.
- Agilizar el tiempo de desarrollo de los sistemas.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ISO 9000-3

Las ideas básicas de la ISO 9000-3:2014 son [18]:

- El control de calidad se debe aplicar a todas las fases del ciclo de vida del software, incluyendo el mantenimiento y tareas posteriores a la implantación.
- Es necesaria una estricta colaboración entre la organización que adquiere el software y quien lo produce.
- El sistema de calidad debe estar definido y es necesario garantizar que toda la organización ponga en práctica ese sistema.

Si bien en la ISO 9000-3:2014 se trata el concepto de ciclo de vida, no se impone a seguir un ciclo en específico como puede ser el ciclo en espiral de Boehm. Pero independiente del ciclo de vida, la ISO 9000-3:2014 introduce actividades que tienen lugar de forma independiente a las fases del ciclo tales como actividades de configuración, verificación y validación [19].

CLAUSULAS ESPECÍFICAS DE LA ISO 9000-3:2014

La Tabla 4 muestra las cláusulas que componen la ISO 9000-3:2014:

Tabla 4 Cláusulas de la norma ISO 9000.3:2014 [20].

4. SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	
4.1 REQUISITOS GENERALES	Identificación, aplicación de procesos de software
	Secuencia de interacción de procesos
4.2 REQUISITOS DE DOCUMENTACIÓN	Generalidades
	Manual de calidad
	Control de Documentos
	Control de registros
5. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN	
5.1 COMPROMISOS	Política de Calidad
	Establecimiento de los objetivos de calidad
	Revisiones
	Disponibilidad de Recursos
5.2 ENFOQUE AL CLIENTE	Cumplimiento de requerimientos del cliente
5.3 POLÍTICA DE CALIDAD	La alta dirección debe procurar que la política de calidad sea adecuada
5.4 PLANIFICACIÓN	Objetivos de calidad
	Planificación del sistema de gestión de calidad
5.5 RESPONSABILIDAD, AUTORIZACIÓN Y COMUNICACIÓN	Responsabilidad y autoridad
	Representante de la dirección
	Comunicación interna
5.6 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	Información para revisión
	Resultados de la revisión

6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS	
6.1 PROVISIÓN DE RECURSOS	
6.2 RECURSOS HUMANOS	Competencia, toma de conciencia y formación
6.3 INFRAESTRUCTURA	Edificios, espacios de trabajo y servicios asociados
	Equipo para los procesos (Hardware, Software)
	Herramientas de software para apoyar el proceso de diseño y desarrollo
6.4 AMBIENTE DE TRABAJO	
7 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO	
7.1 PLANIFICACIÓN DE LA REALIZACIÓN DEL PRODUCTO	Ciclo de vida del software
	Planificación de la calidad
7.2 PROCESOS RELACIONADOS CON EL CLIENTE	Determinación de los requisitos relacionado con el producto
	Revisión de los requisitos relacionados con el producto
	Comunicación con el cliente
7.3 DISEÑO Y DESARROLLO	Planificación
	Elementos de entrada para el diseño y desarrollo
	Resultados del diseño y desarrollo
	Revisión del diseño y desarrollo
	Verificación del diseño y desarrollo
	Validación del diseño y desarrollo
7.4 COMPRAS	Procesos de compras
	Información sobre compras
	Verificados de los productos comprados
7.5 PRODUCCIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO	Control
	Validación de los procesos de producción y prestación de servicios
	Identificación y trazabilidad
	Propiedad del cliente
7.6 CONTROL DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	Preservación del producto
8. MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA	
8.2 SEGUIMIENTO Y MEJORA	Satisfacción del cliente
	Auditoría interna
	Seguimiento y medición de los procesos
	Seguimiento y medición del producto
8.3 CONTROL DEL PRODUCTO NO CONFORME	
8.4 ANÁLISIS DE DATOS	

8.5 MEJORA	Mejora continua
	Acción correctiva
	Acción preventiva

A continuación se detallan los capítulos que conforman esta norma [17]:

- 1. Objetivo:
Especificar los requerimientos para el sistema de gestión de calidad de una organización.
- 2. Referencias:

Referenciada de la norma ISO 9000:2005 Sistemas de Gestión de Calidad – Fundamentos y Vocabulario.
- 3. Términos y Definiciones:
Términos y definiciones aplicados en la ISO 9000.
- 4. Sistemas de Gestión de calidad:
Se debe establecer y mantener un sistema de gestión de calidad documentado, para que de esta manera se asegure que los productos cumplen con los requerimientos especificados y debe incluir:
 - Preparación de procedimientos e instructivos de sistema de gestión de calidad de acuerdo con los requerimientos.
 - Aplicación afectiva de los procedimientos y de las instrucciones documentadas del sistema de gestión de calidad.
- 5. Responsabilidad de la dirección:
Se debe definir y documentar que:
 - Se conozca la política, se entienda e implemente.
 - Las responsabilidades, autoridades y relaciones de todo el personal, que tenga relación con el desarrollo del producto, deben ser definidas, en especial de aquellos que necesitan libertad organizacional.
- 6. Gestión de los recursos:
Se deben utilizar los recursos de la organización de manera eficiente, pudiendo ser maquinaria, dinero, información, empleados, además se debe garantizar que se tienen los recursos suficientes, necesarios y que se hallen bien distribuidos.
- 7. Realización de los productos:
En esta sección se tratan las actividades principales en el desarrollo o adquisición del software de una organización.

- 8. Medición, análisis y mejora:

En esta sección se trata de satisfacer uno de los objetivos de la norma, como lo es el uso de la información para la toma de decisiones.

RELACIÓN CON OTROS ESTÁNDARES

Esta guía se encuentra dentro de la familia de estándares ISO 9000 para sistemas de calidad, esto se debe a que las actividades que se llevan a cabo en estos sistemas son comparables y aplicables en el desarrollo de software de alta calidad [19].

Esta guía tiene relación directa con los estándares ISO 9001 y con IEEE 730. El primero proporciona las normativas de requerimientos para garantizar la calidad de los sistemas, y es a su vez uno de los estándares de calidad más relevantes para la ingeniería de software, ya que se halla orientado a la fabricación e incluye todos los procesos relaciones con el desarrollo que den cobertura a todo el ciclo de vida [19]. El estándar IEEE 730 establece el puente entre la gestión de calidad y la ingeniería de software, el que recomienda requerimientos que deben ser llevados a cabo para generar un plan de garantía de calidad asociada a un proyecto de software. La diferencia radica en que la ISO 9003 está orientada a toda la organización, mientras que el IEEE 730 es aplicado a un único proyecto dentro de la organización [19].

Otros estándares que tienen una relación menor con el ISO 9000-3 son: la ISO 10013 que sirve de ayuda en la preparación del manual de calidad de la organización, la ISO 10005 que sirve en el desarrollo de un plan de calidad para un proyecto específico y la ISO 10007 que brinda una orientación para aspectos relacionada con la gestión de la calidad de la administración de la configuración, como se muestra en la Figura 4 [19]:

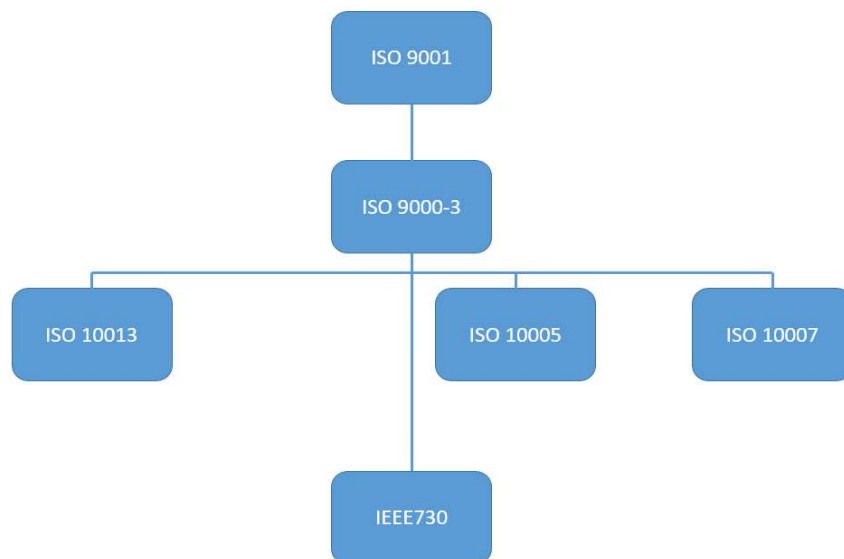


Figura 4 Relación con otros estándares

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Los siguientes pasos son necesarios para la implementación de un sistema de gestión de calidad [21]:

1. Evaluar la necesidad y metas de la organización con relación a la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad:

Esta necesidad puede surgir a raíz de quejas de los clientes, cobros por garantías, retraso en las entregas, altos inventarios, retrasos en la producción, alto nivel de rechazo en el mercado. En esta etapa se deben identificar las metas que la organización desea alcanzar tras implantar un Sistema de Gestión de Calidad, tales con la satisfacción de los clientes, mayor participación en los mercados, mayor eficiencia y rentabilidad [21].

2. Obtener información acerca de las ISO 9000

Es necesario entender los requisitos de las normas ISO 9000, ISO 9001 y la ISO 9004 [21].

3. Nombrar un consultor

Si en la organización no se cuenta con las competencias adecuadas para desarrollar un Sistema de Gestión de calidad, se puede contratar un consultor externo. El consultor debe tener conocimientos acerca de los procesos de realización de los productos y la experticia en ayudar a otras organizaciones a alcanzar las metas establecidas, incluida la certificación [21].

4. Toma de conciencia y formación

Es necesario planificar y obtener información específica de cómo desarrollar manuales de calidad, cómo se planea un sistema de gestión de calidad, cómo se identifican e implementan procesos de mejora, y cómo auditar la conformidad del sistema de gestión de calidad [21].

5. Realizar el análisis de brechas (gap)

Es necesario evaluar las brechas existentes entre el sistema de gestión de calidad y los requisitos ISO 9001 para el propio sistema, planificando la forma de cerrar dichas brechas detectadas. Este análisis se puede llevar a cabo mediante una autoevaluación o un consultor externo [21].

6. Proceso de realización del producto

Examinar lo referido a la ISO 9001 en lo relacionado con la realización de producto o servicio para poder determinar cómo los requisitos se aplican o no al sistema de gestión de calidad. Estos procesos incluyen [21]:

- Procesos relacionados con el cliente.
- Diseño y desarrollo.

- Compras.
- Producción y suministros de productos.
- Control de dispositivos de medición y seguimiento.

7. Suministrar el personal

Definir las responsabilidades de las personas que se involucrarán en el desarrollo, documentación del sistema de gestión de calidad, incluido el nombramiento de un representante de la dirección, quién supervisará la implementación del sistema [21].

8. Elaborar el cronograma

Se debe preparar un plan completo para cerrar las brechas identificadas en el paso 5, Este plan debe incluir las actividades a realizarse, los recursos requeridos, la responsabilidad y el tiempo de finalización para cada actividad [21].

9. Redactar el manual de calidad

En el manual se debe incluir el cómo se aplica el sistema de gestión de calidad a los procesos, productos, instalaciones y departamentos de la organización.

- Se debe excluir cualquier requisito que haya identificado en el paso 6, con su justificación respectiva.
- Debe hacerse referencia o incluirse procedimientos documentados para el Sistema de Gestión de Calidad.
- Se debe describir la interacción entre los procesos del sistema de gestión de calidad y otros procesos de realización, medición y mejora.
- Se debe redactar la política de calidad y los objetivos de calidad de la organización [21].

10. Realización de auditorías internas

La fase de implementación dura aproximadamente de tres a seis meses, los auditores deben llevar a cabo auditorías internas que cubran las actividades del sistema de gestión de calidad, y a su vez la dirección debe aplicar sin demora las correctivas sugeridas por el auditor. Si se requiere, la alta dirección debe actualizar los procedimientos y objetivos, y también debe revisar la eficacia del sistema y suministrar los recursos necesarios para las acciones correctivas y mejoras [21].

11. Solicitud de certificación

Cuando se ha finalizado el paso anterior con éxito, y si existe la necesidad de tener una certificación por una tercera parte, se puede solicitar una certificación a un organismo de certificación acreditado [21].

12. Realización de evaluaciones periódicas

Una vez certificado, se deben llevar a cabo auditorías internas de manera periódica, que ayuden a revisar la eficacia y mejora continua del sistema de gestión de calidad [21].

2. METODOLOGÍA

Hframework describe un marco de trabajo con la capacidad de soportar la armonización de múltiples modelos, proporcionando de esta manera un apoyo conceptual, metodológico y tecnológico a las organizaciones [22]. Sus elementos principales son:

- **Marco Conceptual:** Permite comprender e identificar la complejidad que existe al alinear varios modelos [22].
- **Marco Metodológico:** Facilita la administración de actividades, roles y tareas que son necesarias para configurar y gestionar la estrategia en el proceso de armonización [23].
- **Ambiente Tecnológico:** Herramienta para la armonización [22].

Los componentes del framework de armonización son [24]:

- **Guía para la determinación de los objetivos de armonización:** Esta guía permite el identificar y definir de manera clara los objetivos de la armonización a partir de las necesidades y objetivos del negocio, definiendo el alcance e identificando los enfoques o modelos a seguir [24].
- **Proceso de Armonización:** Con este proceso lo que se busca es guiar a una organización a través de la identificación y configuración de una estrategia para la armonización de diferentes modelos, esta estrategia se encuentra conformada por métodos y/o técnicas que permiten conocer el “qué” y “cómo” se resuelven las diferencias entre modelos y a su vez poder aprovechar las similitudes entre los modelos. Las actividades principales de este modelo son [24]:
 - Inicio.
 - Análisis y Definición.
 - Ejecución.
 - Revisión.
- **Ontología para soportar los proyectos de armonización de múltiples modelos:** Llamada H2mO, esta ontología proporciona una terminología coherente que permite apoyar y dirigir la ejecución de proyectos de mejora cuando múltiples modelos están siendo armonizados [24].
- **Ontología para la homogenización de los Modelos de Referencia de procesos:** Llamada OPm, permite establecer los elementos clave para poder expresar cualquier modelo como un enfoque basado en procesos.

- **Métodos y Técnicas:** Un conjunto de métodos, técnicas y elementos que proveen información del “Cómo poner” dos o más modelos en consonancia el uno con el otro [23].
- **Herramienta Web:** Soporta la gestión, configuración y ejecución de una estrategia de armonización [25].

Dentro de la estrategia de la armonización generalizada, que forma parte del núcleo dentro del proceso de armonización, se utilizan los siguientes métodos [25]:

- **Homogenización:** Provee un conjunto de actividades que pueden ser usadas para aplicar y poner en armonía las diferencias estructurales existentes en los diferentes modelos a través de CSPEs (*Comon Structures of Process Elements*) [23].
- **Comparación:** Se lleva a cabo la identificación de las diferencias y similitudes cualitativas y cuantitativas entre los modelos [25].
- **Integración:** Permite combinar las mejores prácticas de varios modelos [23].
- **Estructura común de los elementos del proceso (CSPE):** Es una plantilla definida a partir de los elementos de proceso. Permite a su vez colocar múltiples modelos dentro de la misma estructura para homogenizar y facilitar su mapeo e integración [23]. La estructura de un CSPE está dada por:
 - **Sección 1: Descripción (SD1):** Incluye la categoría del proceso, procesos, actividades y tareas relacionadas [23].
 - **Sección 2: Roles y Recursos (SRR2):** Incluye recursos, herramientas, roles y las actividades necesarias para el desarrollo del proceso [23].
 - **Sección 3: Control (SC3):** Relacionado al producto (artefactos, resultados), con metas y medidas que sirven como verificación de la ejecución de las actividades [23].
 - **Sección 4: Información Adicional (SAI4):** Implica métodos y procesos relacionados dentro del proceso [23].

La Tabla 5 muestra una plantilla de CSPE (COMOM STRUCTURE OF PROCESS ELEMENT) que está dividida en 4 secciones [23]:

Tabla 5 Plantilla de un CSPE (Estructura común de elementos de proceso).

Sección	Elementos	Descripción
Sección 1: Descripción (SD)	SD1. Categoría del Proceso	
	SD2. Proceso	
	SD3. Actividades	
	SD4. Tareas	
Sección 2: Roles y Recursos (SRR)	SRR1 Roles	
	SRR1 Herramientas	
Sección 3: Control (SC)	SC1. Artefactos	
	SC2. Metas	
	SC3. Métricas	
Sección 4: Información Adicional (SIA)	SIA1. Procesos Relacionados	
	SIA2. Métodos	

El diseño y evaluación de SFramework se presenta en [25], en donde se toma en cuenta la descripción presentada de HFramework [23] [24], y se llega a la conclusión de que es posible agilizar alguno de sus componentes, tales como: guías de soporte, ontologías, roles, productos de trabajo y la herramienta tecnológica. Todo esto con la condición de conservar la secuencia causa-efecto, para que de esta manera las relaciones sean aplicables y se consiga el resultado esperado. [25] [22].

Además se toman en cuenta las siguientes consideraciones [25]:

- No se toman en cuenta las guías de soporte: Esto debido a que constituyen un conjunto de recomendaciones [25].
- Mediante el uso de los conceptos de armonización, homogenización, comparación, integración y el uso de la estructura comunes de entidades de procesos (CSPE), pueden obviarse los detalles de las ontologías del modelo original [25].
- El proceso de armonización se simplifica mediante la Estrategia de Armonización generalizada, que utiliza CSPEs, y de estos los que son más promisorios para la integración, denominados como PEBI (Process Elements to Be Integrated); y, los criterios de integración. Las salidas constituyen los modelos armonizados [25].
- Se reducen a tres Roles en la ejecución de la estrategia de armonización: Ingeniero de Procesos, Ejecutor y Supervisor. En casos de menor complejidad es posible obviar el rol de procesos, con la condición de que el rol de Ejecutor lo realice un profesional de TI [25].

- Se elimina el uso de la herramienta tecnológica de apoyo a la gestión del proyecto de armonización [25].

Tomando en cuenta estas consideraciones, se sintetiza la secuencia de fases de SFramework para la armonización de modelos, tal como se observa en la Figura 5:

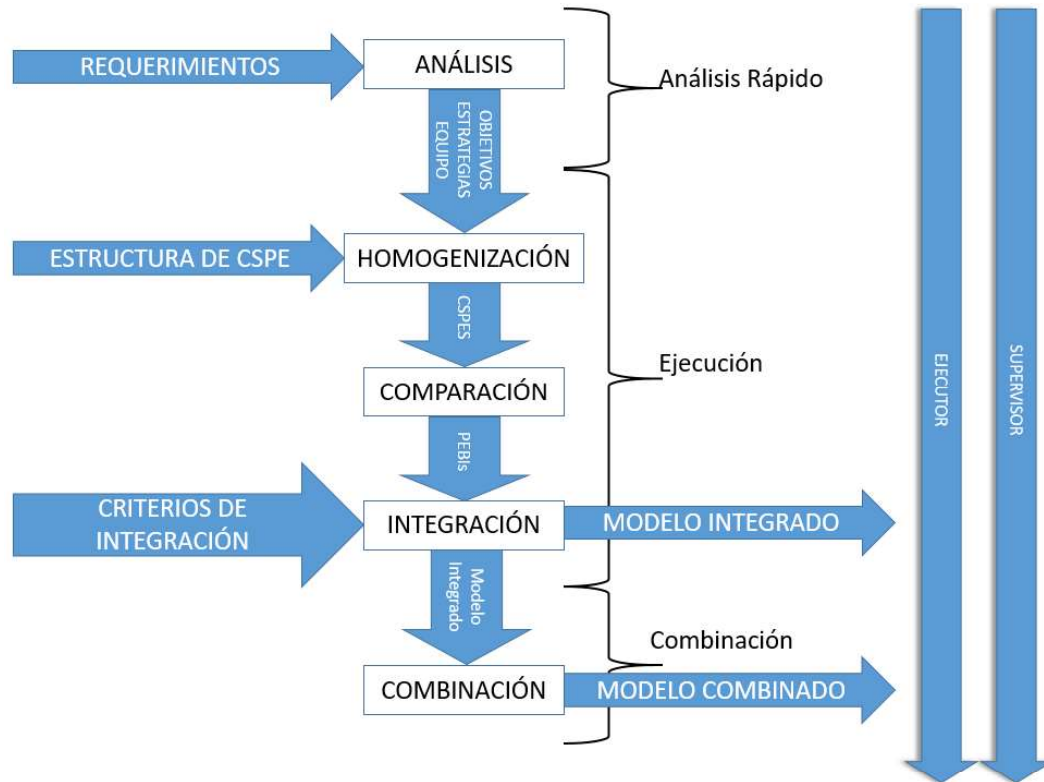


Figura 5 Diagrama de Bloques de SFramework [25].

En la primera fase se definen las necesidades, objetivos y estrategias de armonización, además se conforma el grupo de trabajo y se asignan los roles de ejecutor y supervisor, en la fase de ejecución se realizan las actividades para la armonización como son la homogenización, comparación e integración, el modelo integrado es usable, ya que está constituido por mapeos entre modelos de referencia [25].

La tercera fase es optativa [25], y debido al alcance de este proyecto de titulación solo se ejecutarán las fases de análisis rápido y ejecución, que se muestran en la Tabla 6:

Tabla 6 Fases de SFRAMEWORK [25]

SFRAMEWORK		
ANÁLISIS RÁPIDO	ENTRADAS	Decisión de inicio del proceso
	ACTIVIDADES	a) Identificación de las necesidades de la organización y los modelos a armonizar. b) Definición de los objetivos de armonización. c) Definición de la estrategia general de armonización entre modelos. d) Conformación del grupo de trabajo y asignación de roles.
	SALIDAS	Documento de análisis
EJECUCIÓN	ENTRADAS	Salidas de la fase de análisis rápido
	ACTIVIDADES	a) Homogenización: Descripción estándar de los modelos, mediante el uso de dos técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción general. • Descripción específica: usando la estructura CSPE Tabla 5. b) Comparación de CSPE e identificación de PEIB preliminares. c) Integración: <ul style="list-style-type: none"> • Definición de PEIB. • Integración de PEIB.
	SALIDAS	a) Homogenización: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los modelos. • CSPE. b) Comparación de CSPEs y PEIBs preliminares. c) Integración: <ul style="list-style-type: none"> • PEIBs definitivos. • Integración de PEIBs.

Para la integración se utilizará el procedimiento descrito en la Tabla 7:

Tabla 7 Procedimiento de mapeo e integración [25].

PROCEDIMIENTO DE MAPEO E INTEGRACIÓN	
PASO	DESCRIPCIÓN
1	Los PEIBs del Modelo_2 se asignan a los componentes CSPE del Modelo_1, como sigue: <ol style="list-style-type: none"> a. Mapeo 1: 1 para los PEIBs que se ajustan a un solo componente. b. Mapeo 1: n para los PEIBs que se ajustan a más de un componente. c. Si el PEIB abarca un proceso completo del Modelo_1, se asigna el proceso del Modelo_2 respectivo d. Si a, b y c no se cumplen, entonces el Modelo_1 no cubre el PEIB, en cuyo caso se asigna al proceso más cercano o se crea un nuevo proceso. El PEIB se etiqueta como complemento
2	Se detallan los PEIBs del Modelo_2, y se presentan los resultados ordenados según la definición del Modelo_1.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Rápido

Para iniciar con el proceso de mapeo, se realizaron las actividades descritas en la Tabla 6, detalladas a continuación:

- a) Cuando una organización que se ha certificado ISO 90003:2014 orientado al análisis, suministro y mantenimiento del software, le es de utilidad conocer el nivel de capacidad de los procesos ligados con la ingeniería y aseguramiento del producto, surge la necesidad de realizar un mapeo entre las dos normas.
- b) Es necesario identificar los procesos de la norma ISO 90003:2014 que correspondan a los grupos de áreas de proceso de ingeniería y aseguramiento del producto de CMMI-DEV V. 1.3.
- c) El orden de integración será de CMMI-DEV VER 1.3 (Modelo1) hacia ISO 90003:2014 (Modelo2).
- d) EL equipo de trabajo está conformado por 2 personas que ocupan los siguientes roles:
 - Ejecutor: Está a cargo del análisis entre modelos, implementando técnicas de armonización. Es necesario que esta persona tenga habilidades de abstracción, análisis y ser capaz de relacionar y comparar modelos.
 - Supervisor: Encargado de validar y verificar los resultados obtenidos en el proceso de armonización.
- e) El mapeo a realizar se basa en los niveles de capacidad de CMMI, debido a que para cada una de las metas específicas de las áreas de proceso objeto de este estudio, se analizará el grado de correspondencia hacia las cláusulas de la ISO 90003:2014, al contrario de los niveles de madurez, en donde para lograr un nivel se deben satisfacer todas las metas específicas de varias áreas de proceso.

3.2. Ejecución

Se ejecutaron las actividades de la segunda fase de la Tabla 6.

Homogenización: La descripción general de los modelos se presenta en la Tabla 8 :

Tabla 8 Descripción general de los modelos

Atributo	CMMI-DEV V1.3	ISO 9003:2014
Emisor	Software Engineering Institute	International Organization for Standardization
Nombre	<i>Capability Maturity Model Integration (CMMI) for Development (CMMI-DEV)</i>	IEEE Standard Adoption of ISO/IEC 9003:2014, Software Engineering—Guidelines for the Application of ISO 9001:2008 to Computer Software
Taxonomía de la Guía	Colecciones de buenas prácticas	Especificación Técnica
Enfoque	Proporciona buenas prácticas a todas las organizaciones para el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios	Todas las organizaciones
Objetivo(s) de la guía	Abarcar todas las actividades necesarias para desarrollar productos, servicios de organizaciones en diversos sectores, además contiene prácticas que cubren la gestión de proyectos, procesos, ingeniería de sistemas, hardware, software y otros procesos relacionados en el desarrollo y mantenimiento.	Proporcionar una guía que sirve para detectar y corregir problemas en los productos de software
Disponibilidad	Se la puede descargar desde: https://www.sei.cmu.edu/	Se puede comprar la guía en: https://www.iso.org
Número de Procesos	22 Áreas de Procesos	5 Procesos
Tamaño (Número de páginas)	604	71

En este estudio se consideraron las áreas de proceso de Ingeniería y Aseguramiento del éxito del producto que se presenta en la Tabla 1 y todos los procesos de la ISO 9003:2014 descritos en la Tabla 4.

En la descripción específica se puede conocer si un modelo define los elementos de proceso en comparación con otros modelos utilizando CSPE, que se encuentra descrito en la Tabla 5.

En la Tabla 9 se detalla la descripción específica para cada uno de los modelos utilizando CSPE. Esta comparación lo que permite es poder identificar si un modelo define los elementos del proceso a comparar con otro modelo, tomando como base los procesos establecidos en el CSPE. Con él ✓ se indica que el modelo posee el elemento descrito en las diferentes secciones, mientras que la X indica todo lo contrario.

Analizando uno de los modelos presentados en la Tabla 8 se determinó que la coincidencia será: categoría de procesos, procesos, actividades, tareas.

Tabla 9 CSPE de los modelos a comparar

Sección	Elementos	CMMI-DEV VER 1.3	NTC-ISO/IEC 9000-3
Descripción (SD)	SD1. Categoría de Procesos	✓	✓
	SD2. Procesos	✓	✓
	SD3. Actividades	✓	✓
	SD4. Tareas	✓	✘
Roles y recursos (SRR)	SRR1. Roles	X	X
	SRR2. Herramientas	X	X
Control (SC)	SC1. Artefactos	ü	✓
	SC2. Metas	X	X
	SC2. Métricas	X	X
Información Adicional (SIA)	SIA1. Procesos relacionados	✓	X
	SIA2. Métodos	X	X

La Tabla 10 muestra un CSPE para el par de proceso Desarrollo de Requisitos de CMMI-DEV VER 1.3:

Tabla 10 CSPE para el área de procesos RD de CMMI-DEV ver 1.3

SD1. Categoría de Procesos	Ingeniería	
SD2 Procesos	ID	RD
	Nombre	Desarrollo de Requisitos
	Propósito	El propósito del Desarrollo de Requisitos (RD) es educir, analizar y establecer los requisitos de cliente, de producto y de componente de producto.
	Descripción	Notas introductorias
	Objetivo	Requisitos
SD 3 SP 1.1 Desarrollar los requisitos de cliente.		
SD4 Tareas		SC 1 Artefactos
1. Educir las necesidades 2. Transformar las necesidades de las partes interesadas en requisitos de cliente		Ejemplo de productos de trabajo 1.Resultados de las actividades de educación de requisitos.
SD 3 SP 1.2 Desarrollar los requisitos de producto		
SD4 Tareas		SC 1 Artefactos
1.- Establecer los requisitos de producto y de componente de producto. 2.- Asignar los requisitos de componente de producto. 3.- Identificar los requisitos de interfaz.		
SD 3 SP 1.3 Analizar y validar los requisitos		
SD4 Tareas		SC 1 Artefactos
1.-Establecer los conceptos y los escenarios de operación. 2.- Establecer una definición de la funcionalidad y de los atributos de calidad requeridos. 3.- Analizar los requisitos. sp 4.- Analizar los requisitos para conseguir un equilibrio. 5.- Validar los requisitos.		

La Tabla 11 describe un CSPE para el proceso Sistemas de Gestión de Calidad de ISO 90003:2014, debido a que esta norma está protegida por copyright, no se muestran de manera completa los CSPE creados para el respectivo mapeo, en el Anexo I se detallan todos los CSPE creados.

Tabla 11 CSPE para el proceso QM 0.1 de ISO 9003:2015

SD1. Categoría de Procesos	Gestión de la Calidad	
SD2 Procesos	ID	QM 0.1
	Nombre	SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD
	Propósito	Establecer y mantener un sistema de gestión de calidad documentado, para que de esta manera se asegure que los productos cumplen con los requerimientos especificados
SD 3 Actividades Generales		SC 1 Artefactos
QM.0.1.BP.1 QM.0.1.BP.2		Resultados Entradas Salidas

- a) Comparación: Una vez identificados los elementos con posibilidad de integración, que pasan a ser los elementos de procesos para ser integrados (PEBI). El orden de integración es: Los PEBI a integrarse deben identificarse en los procesos de ISO 9003:2014 e integrarse con los PEBI de las áreas de procesos de Ingeniería y Aseguramiento del éxito del producto del modelo CMMI-DEV VER 1.2.
- b) Integración: Los elementos a integrar corresponden a las actividades de cada una de las áreas de proceso de Ingeniería y Aseguramiento del éxito del producto del modelo CMMI-DEV VER 1.3 detallados en la Tabla 1, con las prácticas base de los procesos de la norma ISO 9003:2014 descritos en la Tabla 4. La Figura 6 muestra el total de PEBIs identificados para la comparación de los modelos

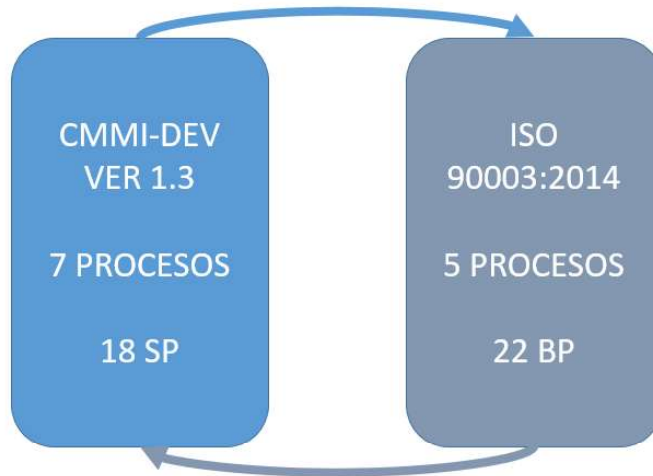


Figura 6 PEBI para integrar.

La Tabla 12 muestra el número de prácticas específicas (SP) de CMMI-DEV VER 1.3 identificadas para este estudio.

Tabla 12 Prácticas específicas a comparar de CMMI-DEV Ver 1.3.

Proceso	Número de SP
RD	3
REQM	1
TS	3
PI	3
VAL	2
VER	3
RSKM	3

La Tabla 13 muestra la cantidad de prácticas base (BP) de ISO 90003:2014 identificadas en este estudio

Tabla 13 Prácticas base (BP) de ISO 90003:2014.

Proceso	Número de BP
QM 0.1	2
QM 0.2	6
QM 0.3	4
QM 0.4	6
QM 0.5	4

En la integración los PEBI del modelo 2 se asignan a los componentes CSPE del modelo 1, tal como se describe en la **Tabla 7**

De esta forma el análisis se basó en estudiar como las prácticas específicas de las áreas de proceso de CMMI-DEV VER 1.3 descritos en la tabla x, abordan, no abordan de alguna forma ciertos aspectos de las prácticas base de los procesos de ISO 90003:2014 descritos en la tabla y.

La Tabla 14 muestra un ejemplo del mapeo realizado entre los procesos de Desarrollo de Requisitos (RD) y Gestión de Requisitos (REQM) de CMMI-DEV VER 1.3 y Sistemas de Gestión de Calidad QM.0.1 de ISO 90003:2014, las celdas con ✓ corresponden a las relaciones encontradas entre ambos modelos, mientras que las celdas marcadas con X indican que no se encontró relación alguna.

Tabla 14 Mapeo entre RD y REQM de CMMI-DEV VER 1.3 y QM.0.1 de ISO 90003:2014.

		ISO 90003:2014 SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	
		QM.0.1.BP.1	QM.0.1.BP.2
CMMI-DEV VER 1.3			
RD Desarrollo de Requisitos	SP 1.1 Desarrollar los requisitos de cliente	X	X
	SP 1.2 Desarrollar los requisitos de producto	X	X
	SP 1.3 Analizar y validar los requisitos	X	X
REQM Gestión de Requisitos	SP 1.1 Gestionar los requisitos	X	✓

3.3. Discusión

El grado de relación y cumplimiento se lo obtienen dividiendo la cantidad de elementos de procesos en los que se ha encontrado entre los dos modelos por la cantidad total de los elementos de uno de los procesos, mientras que, para expresar el grado de relación existente entre los modelos seleccionados, se utilizó la siguiente escala definida en [26] y que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15 Escala de comparación.

Acrónimo	Descripción	Porcentaje	Color	
N	No relacionado	0%	Blanco	
W	Débilmente relacionado	1% a 15%	Rojo	
P	Parcialmente relacionado	16% a 50%	Verde	
L	Ampliamente relacionado	51% a 85%	Púrpura	
S	Fuertemente relacionado	86% a 100%	Celeste	

Teniendo en cuenta estas consideraciones y analizando los resultados mostrados en la Tabla 14, se observa que una práctica específica de CMMI-DEV VER. 1.3 del área de proceso de Gestión de Requerimientos respalda a una de dos prácticas base de ISO 90003:2014, por lo tanto, el área de proceso REQM tiene un cumplimiento del 50%. En la Tabla 16 se muestra el porcentaje de relación identificado para cada uno de los procesos, mientras que en la Tabla 17 se muestra el grado de cumplimiento definido en la Tabla 15. El mapeo realizado entre los modelos se encuentra en el Anexo II.

Tabla 16 Porcentaje de relación CMMI-DER VER.1.3 e ISO 90003:2014.

	QM.0.1	QM.0.2	QM.0.3	QM.0.4	QM.0.5
RD	0	22.2	0	33.3	0
REQM	50	16.6	0	33.3	25
TS	0	11.11	25	27.7	0
PI	0	0	0	50	0
VAL	50	16.6	0	41.6	12.5
VER	50	16.6	0	44.4	8.3
RSKM	0	0	0	5.56	0

Tabla 17 Grado de relación CMMI-DEV VER.1.3 e ISO 90003:2014

	QM.0.1	QM.0.2	QM.0.3	QM.0.4	QM.0.5
RD	N	P	N	P	N
REQM	P	P	N	P	P
TS	N	W	P	P	N
PI	N	N	N	P	N
VAL	P	P	N	P	W
VER	P	P	N	P	W
RSKM	N	N	N	W	N

La comparación se la realizó de muchos a muchos, de ahí que las 35 relaciones que pueden haber existido, 16 relaciones pertenecen a N, un equivalente al 45.71%, es decir no se encuentran relacionadas de ninguna manera, y 19 tienen algún grado de relación, esto corresponde al 54.58%, el 42.85% (15) corresponden a relaciones parcialmente relacionadas, y el 11.42% (4) a relaciones débilmente relacionadas. La Figura 7 presenta el número de relaciones identificadas entre los procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 y los procesos ISO 90003:2014.

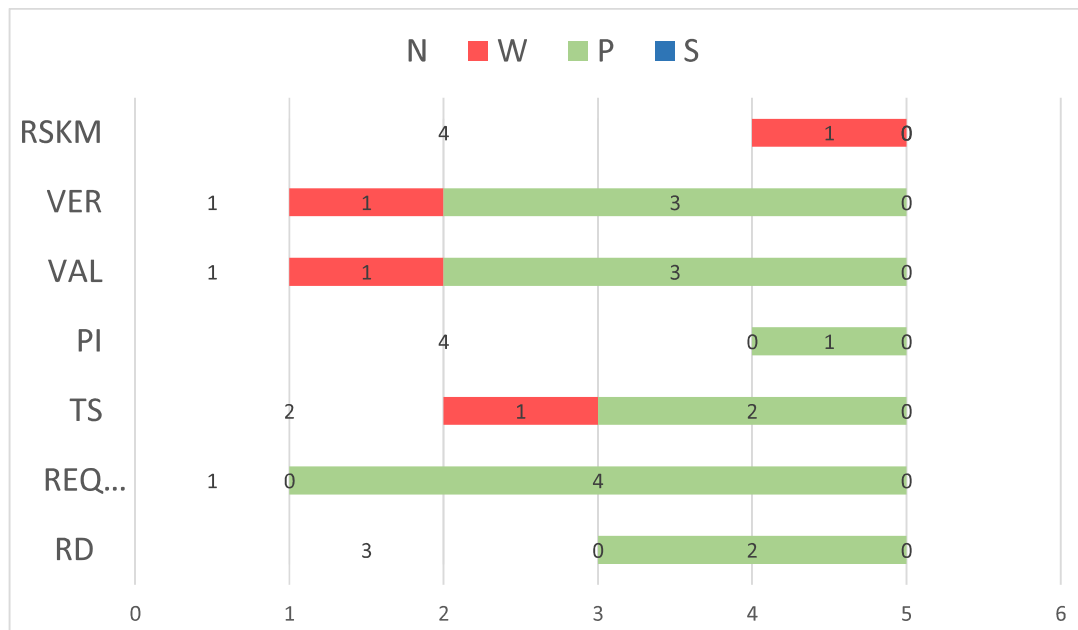


Figura 7 Relación entre procesos de CMMI-DEV VER 1.3 e ISO 90003:2014

VER, VAL y REQ son las áreas de proceso que tienen correspondencia con 4 procesos, TS tiene correspondencia con tres procesos, RD muestra correspondencia con 2 procesos, RSK y PI tienen correspondencia con un proceso, la Tabla 18 muestra la información de los procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 relacionados con procesos de la ISO 90003:2014.

Tabla 18 Procesos de CMMI-DEV ver 1.3 que se relacionan con procesos de ISO 90003:2014.

	N	W	P	L	S
RD	Q.M.0.1 Q.M.0.3 Q.M.0.5	N/A	Q.M.0.2 Q.M.0.4	N/A	N/A
REQM	Q.M.0.3	N/A	Q.M.0.1 Q.M.0.2 Q.M.0.4 Q.M.0.5	N/A	N/A
TS	Q.M.0.1 Q.M.0.5	Q.M.0.2	Q.M.0.3 Q.M.0.4	N/A	N/A
PI	Q.M.0.1 Q.M.0.2 Q.M.0.3 Q.M.0.5	N/A	Q.M.0.4	N/A	N/A
VAL	Q.M.0.3	Q.M.0.5	Q.M.0.1 Q.M.0.2 Q.M.0.4	N/A	N/A
VER	Q.M.0.3	Q.M.0.5	Q.M.0.1 Q.M.0.2 Q.M.0.4	N/A	N/A
RSKM	Q.M.0.1 Q.M.0.2 Q.M.0.3 Q.M.0.5	Q.M.0.4	N/A	N/A	N/A

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- De lo descrito en el Capítulo I acerca de los modelos a comparar se evidencia que CMMI-DEV VER. 1.3 abarca todas las actividades necesarias para desarrollar productos y servicios de organizaciones en distintos sectores, mientras que la norma ISO 9000-3:2014 se centra en el desarrollo, implementación y mantenimiento del software.
- Mediante los elementos de procesos definidos en la descripción específica de SFramework se puede identificar como los modelos a comparar se complementan entre sí.
- Las prácticas específicas de CMMI-DEV VER 1.3 y las prácticas base de la ISO 9000-3:2014 se lograron identificar una vez realizada la descripción específica de cada modelo a comparar.
- De las 35 relaciones que pueden haber existido, se obtuvo que 16 relaciones no tienen relación alguna, 19 tienen algún grado de relación, 15 corresponden a relaciones parcialmente relacionadas, y 4 a relaciones débilmente relacionadas.
- Mediante el mapeo realizado entre las áreas de proceso de “Ingeniería del producto” y “Aseguramiento del éxito del producto” del marco de referencia CMMI-DEV VER.1.3 CMMI-DEV VER 1.3 con la norma ISO 9000-3:2014, las organizaciones pueden obtener una guía para certificarse de CMMI a ISO o viceversa.
- Con el mapeo resultante de este proyecto, se puede ejecutar la fase de combinación en SFramework obteniendo como resultado un documento consolidado de los dos modelos.
- El mapeo realizado se basa en los niveles de capacidad de CMMI, debido a que para cada una de las metas específicas de las áreas de proceso objeto de este estudio, se analizó el grado de correspondencia hacia las cláusulas de la ISO 90003:2014, al contrario de los niveles de madurez, en donde para lograr un nivel se deben satisfacer todas las metas específicas de varias áreas de proceso.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar la fase de combinación descrita en SFramework, debido a que en esta fase se presenta un nuevo modelo resultante a partir de los modelos mapeados que evidencia las relaciones encontradas y de esta manera poder complementar las no correspondencias, de manera que consolide las prácticas base y prácticas específicas de los modelos.
- Se recomienda realizar el mapeo de las áreas de procesos de CMMI-DEV VER 1.3 que fueron descartadas de este estudio debido al alcance del proyecto, ya que será de utilidad para las empresas que quisieran obtener certificaciones obtener un mapeo completo de los modelos descritos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. C. A. Hernández, «De Gerencia,» Blade Media LLC, 08 07 2011. [En línea]. Available: http://www.degerencia.com/articulo/involucrar_y_comprometer_al_empleado. [Último acceso: 15 10 2017].
- [2] P. Aguirre, «Catarina,» [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lco/aguirre_p_j/capitulo1.pdf. [Último acceso: 10 11 2017].
- [3] S. D. A. Jiménez, «Calidad de Software en el uso de Metodologías Ágiles para el Desarrollo de software,» [En línea]. Available: <http://www.bvs.hn/cu-2007/ponencias/CAL/CAL006.pdf>. [Último acceso: 16 10 2017].
- [4] G. C. N. Beltrán, «Gestión de calidad en desarrollo de software,» *Revista de Investigación de Sistemas e Informática*, vol. 1, nº 8, pp. 65-69, 2011.
- [5] C. Dergarabedian, «iProfesional,» Emprendimientos Corporativos S.A, 2016. [En línea]. Available: http://www.iprofesional.com/notas/25366-Por-que-es-necesaria-una-certificacion-de-calidad-en-software?page_y=0. [Último acceso: 15 10 2017].
- [6] D. G. F. D'Angelo, 26 10 2018. [En línea]. Available: http://ldc.usb.ve/~abianc/materias/ci4712/ISO_9000-3.pdf.
- [7] S. E. Institute, CMMI® para Desarrollo, Versión 1.3, Editorial Universitaria Ramón Areces, 2010.
- [8] M. K. S. Mary Beth Chrissis, CMMI, Guía para la integración de procesos, Pearson Educación, 2009.
- [9] J. A. BALDONEDO, *MODELO CMMI Y METODOS AGILES EN LA GESTION DE PROYECTOS*, UNIVERSIDAD DE LA RIOJA, 2017.
- [10] M. C. Virginia Cuomo, «GESTIÓN DE CALIDAD EN EL SOFTWARE,» 6 5 2016. [En línea]. Available: <https://cs.uns.edu.ar/~virginia.cuomo/calidad-2016/downloads/CalidadSW-2016-Teoria04-Mayo.pdf>.

- [11] S. E. LEARNING, «CMM PROCESS AREAS,» TUTORIALS POINT, [En línea]. Available: https://www.tutorialspoint.com/es/cmml/cmmi_process_areas.htm.
- [12] S. E. Institute, «CMMI para Desarrollo, Versión 1.3,» *Software Engineering Process Management Program*, p. 555, 2010.
- [13] S. E. Institute, CMMI® para Desarrollo, Versión 1.3, Editorial Universitaria Ramón Areces, 2010.
- [14] S. E. Institute, «Capability Maturity Model® Integration (CMMISM), Version 1.1 CMMISM for Software Engineering (CMMI-SW, V1.1),» *CMMI Product Team* , 2002.
- [15] E. L. Aguirre, *Calidad de los procesos de software v1.0.*, Quito: Maestría en software EPN, 2017.
- [16] [En línea]. Available: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/tag/normas-de-calidad/>. [Último acceso: 24 4 2019].
- [17] I. C. Society, IEEE Standard Adoption of ISO/IEC 90003:2014, Software Engineering— Guidelines for the Application of ISO 9001:2008 to Computer Software, New York, NY 10016-5997 : Software and Systems Engineering Standards Committee , 2015.
- [18] A. STOVAR, 16 09 2013. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/ANYELISTOVAR/norma-iso-90003>.
- [19] S. P. P. José Luis Tomás Navarro. [En línea]. Available: <http://users.dsic.upv.es/asignaturas/facultad/lsi/trabajos/102000.doc>.
- [20] D. G. R. Z. CARLOS ANDRÉS MORENO GIRALDO, *MODELO DE APLICACIÓN DE LA NTC-ISO/IEC 90003 AL DESARROLLO DE SOFTWARE DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE INGENIERÍA PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA DE SISTEMAS , 2016.
- [21] D. G. G. Roberto Carro Paz, Normalización series normas ISO 9000, Mar del Plata: Universidad Nacional del mar del plata, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas.

- [22] C. Pardo, M. Cuellar y M. Correa, «Armonización de Múltiples Modelos para el Gobierno de TI y el Desarrollo de Software,» *Ventana Informática*, nº 30, 2014.
- [23] P. Cesar, *A Framework to Support the Harmonization between Multiple Models and Standars*, Institute of Information Technologies & Systems University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Tesis Doctoral, 2012.
- [24] C. Pardo, F. Pino, F. García y T. Baldasarre, «Supporting the Combination and Integration of Multiple Standards and Models,» *Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering LNCS*, Springer-Verlag, (Special edition best papers ENASE 2010, extended and updated paper), 2011.
- [25] C. Montenegro, A. Larco y E. Fonseca, «Agile Approach for Model Harmonization to IT Process Improvement,» *Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica (ReCIBE)*, vol. 6, p. 67, 2017.
- [26] M. T. B. M. P. G. V. Francisco J.Pino, «Harmonizing maturity levels from CMMI-DEV and ISO/IEC 15504,» *JOURNAL OF SOFTWARE MAINTENANCE AND EVOLUTION: RESEARCH AND PRACTICE*, p. 500, 2009.
- [27] K. G. U. L. U. P. Gabriela Garita Gonzalez, *Desarrollar una metodología de administración de proeyctos para el desarrollo y el mantenimiento de proyectos informáticos, basada en la metodologí de gestión de proyectos PMI y bajo el modelo de calidad para los procesos CMMI*, Universidad estatal a distancia, Trabajo final de graduación Maestría.

6. ANEXOS

Los anexos I y II se encuentran en el CD digital que se encuentra en el trabajo de titulación y contienen la siguiente información:

6.1. Anexo I CSPE de los procesos analizados

6.2. Anexo II Mapeo entre CMMI-DEV VER 1.3 e ISO/IEC 9000-3:2014

7. Lista de Acrónimos

CMMI

Modelo de Madurez de Capacidades de Integración, viii

CMMI-DEV

CMMI para el desarrollo, i, v, vi, vii, viii, ix, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 52, 53

CMMI-DEV VER.1.3

CMMi para el desarrollo versión 1.3, viii, ix, 10, 48

CSPE

Estructura común de elementos de proceso, v, vii, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 53

H2mO

Ontología para soportar la armonización de múltiples modelos, 31

Hframework

Marco de trabajo para la armonización de modelos, viii, ix, 31

IEEE

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 27, 37, 51

OPrm

Ontología para la homogenización de modelos de referencia de procesos, 31

PEBI

Elementos de proceso a ser integrados, vi, 33, 36, 40, 42

SFramework

Modelo ágil para la homogenización de modelos, vi, 33, 34, 48, 49