

# ESTUDIO DE MÉTODOS, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE SOFTWARE USADOS POR EMPRESAS ECUATORIANAS DESARROLLADORAS DE SOFTWARE

Freddy Gonzalo Tituana Vera  
María Verónica Macías Mendoza, Ing.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Guayaquil, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador  
[fituana@fiec.espol.edu.ec](mailto:fituana@fiec.espol.edu.ec)  
[mmacias@fiec.espol.edu.ec](mailto:mmacias@fiec.espol.edu.ec)

## Resumen

*En este artículo se presentan los resultados de un estudio acerca de los métodos, técnicas y herramientas de Verificación y Validación (V&V) de software que las empresas de desarrollo de Software de Quito y Guayaquil emplean en el proceso de desarrollo de Software. El citado estudio involucró un total de 57 empresas de desarrollo de software y fue realizado en el 2008. A fin de obtener los datos necesarios para validar las hipótesis planteadas, se administró un cuestionario a los directores de proyectos de las empresas encuestadas. Este instrumento fue validado por un grupo de expertos en V&V de software y con la ejecución de una prueba piloto sobre el mismo. Los resultados del estudio muestran que las empresas de desarrollo de software ecuatorianas no tienen suficiente conocimiento, ni aplican métodos, técnicas y herramientas de V&V de software en cada fase del ciclo de desarrollo de software; con excepción de la fase de pruebas.*

**Palabras Claves:** *Proceso de Desarrollo de Software, V&V, Ecuador, Guayaquil, Quito.*

## Abstract

*This article presents the results of a study about the software Verification and Validation (V&V) methods, techniques and tools, which are used by software development enterprises located in Quito and Guayaquil in their software development process. The study involved 57 software development enterprises and was conducted in 2008. In order to obtain the necessary data for validating the proposed hypothesis, we used a survey that was answered by the project managers of the companies. The survey was validated by a group of experts in software V&V and with a pilot that we run. The results of the study show that Ecuadorian software development enterprises do not have enough knowledge, nor they apply software V&V methods, techniques and tools in each phase of the software development lifecycle; with the exception of the testing phase.*

## 1. Introducción

La demanda en todo el mundo de software se ha incrementado de una manera positiva, a medida que las computadoras y el Internet penetran cada vez más en todos los aspectos de la sociedad [1]. Ante esta demanda, las empresas desarrolladoras de Software, incluyendo las ecuatorianas, deben emplear procesos de calidad que garanticen un producto confiable para poder tener un buen nivel de competitividad.

En las diversas ingenierías que existen, es ampliamente reconocido que garantizar la calidad del proceso garantiza la calidad del producto final, y la Ingeniería de Software no es la excepción. Por ello actualmente muchas empresas a nivel mundial se enfocan en mejorar el proceso de desarrollo de software, a fin de obtener un producto con una mejor calidad [2].

Una de las partes fundamentales del proceso de desarrollo de software es la validación y verificación (V&V) del software; ya que ambas nos permiten controlar la calidad del producto durante su desarrollo.

La verificación del software se refiere al conjunto de actividades que aseguran que el software implementa correctamente una función específica [3].

La validación del software se refiere a un conjunto de actividades que aseguran que el software construido se ajusta a los requisitos del cliente [3].

En este estudio veremos como actualmente se encuentra la industria del software ecuatoriano, en lo que respecta a la utilización de métodos, técnicas y herramientas de V&V. El objetivo final del estudio es generar una línea base de conocimiento acerca de este tema, para que a futuro la industria ecuatoriana pueda introducir mejoras que le ayuden a incrementar su nivel de competitividad.

Para el efecto se han desarrollado en este artículo las secciones siguientes. En las 3 primeras se explica la forma en que se determinó la población objetivo, y la selección de la muestra y del instrumento de recolección de datos; así como la forma de validación de este último. En la cuarta se muestran las hipótesis planteadas. En la quinta, sexta se dan los resultados y el análisis de los mismos. Finalmente se exponen las conclusiones del estudio.

## 2. Población objetivo del estudio

Al empezar el proceso de selección de la población objetivo, se analizó en primer lugar la ubicación geográfica de las empresas, aquí se procedió a definir que nos enfocaríamos en empresas asentadas tanto en la ciudad de Quito como en la ciudad de Guayaquil.

Esta decisión se la tomó en base a que en estudios anteriores se ha demostrado que estas ciudades representan el mercado más grande de empresas desarrolladoras de software del país [4].

Posteriormente definimos que el estudio iba a ser realizado en el sector privado y que las características básicas que debían tener las empresas era que se dediquen al desarrollo y/o venta de software y que pertenezcan al mismo sector, que para nuestro estudio sería el sector de software. Esta característica se basó en que al final del estudio se iba a realizar una comparación de datos de las dos ciudades para así poder obtener conclusiones válidas, y para que los datos fueran correctos el estudio debería basarse en empresas con similares características.

## 3. Muestra seleccionada

Para la realización de este estudio se empleo una base de datos proporcionada por el Componente 8 del Proyecto VLIR – ESPOL, la cual agrupa un total de 200 empresas, ubicadas en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. De la base de datos en mención, se tomó una muestra de 20 empresas desarrolladoras de software, en el mes de Enero del 2008 en la ciudad de Guayaquil; para poder realizar el piloto. Posteriormente se realizaron algunas correcciones a la encuesta original para luego seguir con el resto de empresas tanto en la ciudad de Guayaquil como en Quito.

## 4. Instrumento de medición

El tipo de instrumento de medición que se ha escogido es la de encuesta por muestreo, que consiste en elegir a una parte representativa de la población objetivo y trabajar una encuesta con esta porción.

Las razones por las cuales fue escogido este tipo de instrumento de medición se exponen a continuación:

- Permite obtener información de cualquier tipo de población.
- Garantizar un alto porcentaje de respuestas, eliminando el envío de encuestas por email que no ha dado resultados favorables en estudios anteriores.
- Obtener resultados claros y precisos mediante la explicación de cada pregunta en caso de ser necesario.

Para construir el cuerpo de la encuesta, lo primero que tuvimos que hacer fue definir un banco de preguntas que conformaron el borrador de la encuesta. Esta primera versión fue enviada para su revisión a varios expertos en el área de V&V de

software. A continuación se hicieron las correcciones en base a los comentarios dados por los expertos generando la segunda versión de nuestra encuesta.

Finalmente se procedió a la realización del plan piloto, que consistió en encuestar, usando la segunda versión de la encuesta, a un porcentaje significativo de la población, y una vez hecho esto, se procedió a realizar el respectivo análisis estadístico, en donde se verificó que el instrumento de medición cumplía con la condición de permiternos tener datos que nos ayuden a comprobar las hipótesis planteadas.

## 5. Hipótesis planteadas

Las principales hipótesis propuestas en la investigación se listan a continuación:

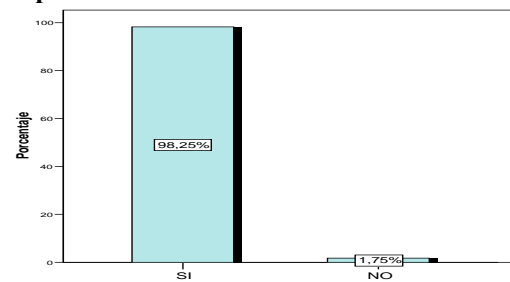
- Las empresas ecuatorianas desarrolladoras de software no tienen métodos de V&V de software establecidos para cada fase del ciclo de desarrollo de Software; planteamiento hipotético que en todo caso confirma la afirmación de que en la actualidad las empresas no usan apropiadamente métodos de V&V de software para el desarrollo de sus productos.
- Las empresas ecuatorianas no tienen herramientas de V&V de software establecidas para cada fase del ciclo de desarrollo de Software; planteamiento hipotético que en todo caso confirma la afirmación de que en la actualidad las empresas no usan apropiadamente herramientas de V&V de software para el desarrollo de sus productos.
- Las empresas ecuatorianas desarrolladoras de software no tienen técnicas de V&V establecidas para cada fase del ciclo de desarrollo de Software; planteamiento hipotético que en todo caso confirma la afirmación de que en la actualidad las empresas no usan apropiadamente técnicas de V&V para el desarrollo de sus productos.

## 6. Resultados

### 6.1. Indicador 1: Uso de Técnicas de V&V.

En la gráfica se puede observar que el 98.25% utilizan técnicas de V&V en su empresa, mientras que un 1.75% contestó que no utilizan técnicas de V&V en su empresa. Cabe recalcar que las empresas que no utilizan técnicas de V&V para el proceso de desarrollo de software nos comentaron que a pesar de que en este momento no usaban técnicas establecida, estaban revisando la posibilidad de establecer en los próximos meses la utilización de una o varias técnicas que se adapten a sus procesos de Negocio ya que sabían de la importancia de las mismas. Lo que nos indicaría que la mayoría de las empresas que intervinieron en el estudio la gran mayoría poseen técnicas de V&V para el desarrollo de software.

**Gráfico 6.1. Porcentaje de empresas que dicen emplear técnicas de V&V.**

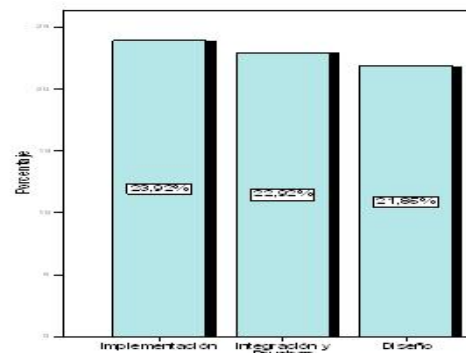


### 6.2. Indicador 2: Esfuerzo en la utilización de Técnicas que se aplica en cada fase de desarrollo de Software.

Este indicador refleja el grado de esfuerzo que aplican en cada fase de desarrollo con respecto al uso de Técnicas de V&V.

En la grafica se observa la tendencia a utilizar Técnicas de V&V en las fases de Implementación, Integración y pruebas, y finalmente la etapa de Diseño.

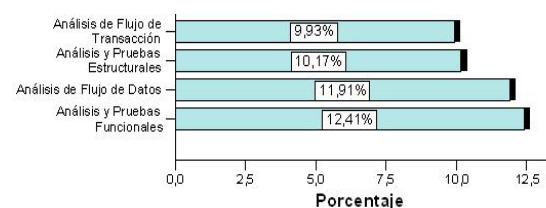
**Gráfico 6.2. Grafico del esfuerzo en el uso de Técnicas de V&V en cada fase de Desarrollo de Software**



### 6.3. Indicador 3: Técnicas de V&V que aportan a la calidad.

Esta estadística mide el grado de aportación de las técnicas contribuyen a la calidad de software, con los siguientes números el 12.41% Análisis y Pruebas Funcionales, el 11.91% Análisis de Flujo de Datos, el 10.17% Análisis y Pruebas Estructurales, el 9.93% Análisis de Flujo de Transacción.

**Gráfico 6.3. Porcentaje de técnicas que aportan a la calidad de Software**

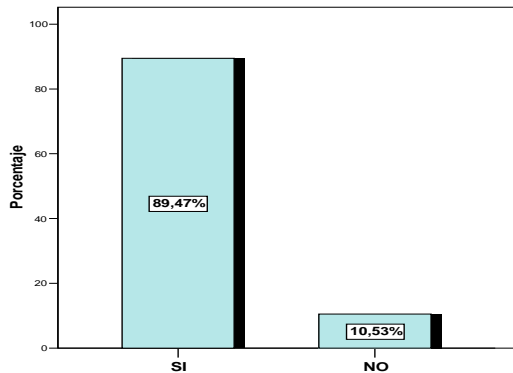


#### 6.4. Indicador 4: Uso de Métodos de V&V.

En la gráfica se puede observar que el 89.47% afirmó que utilizan métodos de V&V en su empresa, mientras que un 10.53% contestó que no utilizan métodos de V&V en su empresa, de conjunto de empresas que indicaron no emplear métodos se puede atribuir al desconocimiento de éstos métodos para el desarrollo de software.

En promedio la mayoría de las empresas que intervinieron en el estudio indicaron que si poseen métodos de V&V para el desarrollo de software.

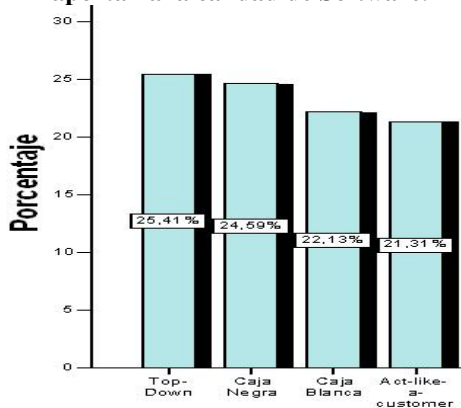
**Gráfico 6.4. Porcentaje de uso de métodos de V&V por parte de empresas.**



#### 6.5. Indicador 5: Métodos de V&V que aportan a la calidad.

En esta gráfica, muestra los índices obtenidos de los métodos que las empresas ecuatorianas a su criterio aportan a la elaboración de software de calidad, 25.23% indicaron que los métodos que aportan mas a la calidad del software es Top-Down y Act-like a Customer, el 23.36% Caja Negra y Caja Blanca

**Gráfico 6.5. Porcentaje de métodos que aportan a la calidad de Software.**

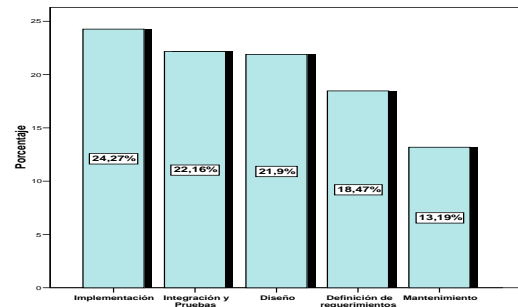


#### 6.6 Indicador 6: Esfuerzo en la utilización de Métodos que se aplica en cada fase de desarrollo de Software

Este indicador refleja el grado de esfuerzo que aplican en cada fase de desarrollo con respecto al uso de Métodos de V&V.

En la grafica se observa la tendencia a utilizar métodos de V&V en la mayoría de las fases de desarrollo de software, lo que se evidencia el desconocimiento por parte de los lideres de proyectos en la utilización correcta de un métodos en una fase determinada del proceso de desarrollo de software.

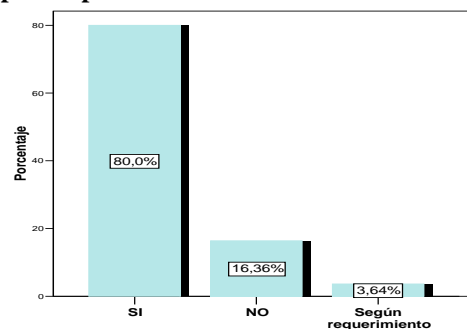
**6.6 Grafico del uso de Métodos de V&V en cada fase de Desarrollo de Software.**



#### 6.7. Indicador 7: Uso de Herramientas de V&V.

En la grafica se puede observar que un 80% de las empresas indicaron que si utilizan herramientas de V&V, al diferencia del 16,36% que mencionaron que no utilizan herramientas de V&V. Cabe indicar que existe un valor del 3.64% de empresas que afirmaron que el uso de herramientas depende de los requerimientos del usuario, es decir que en este caso la decisión de emplear o no una herramienta se encuentra a criterio del usuario.

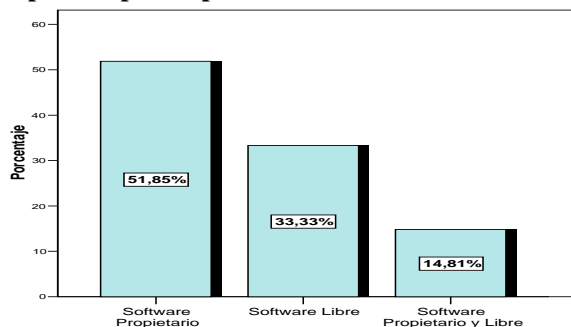
**Gráfico 6.7. Porcentaje de herramientas empleadas por empresas ecuatorianas.**



#### 6.8. Indicador 8: Tipo de Herramientas de V&V.

Este indicador nos proporciona información respecto a la tendencia en el uso del tipo de herramientas por parte de las empresas ecuatorianas, ya sea por el software libre ó software propietario

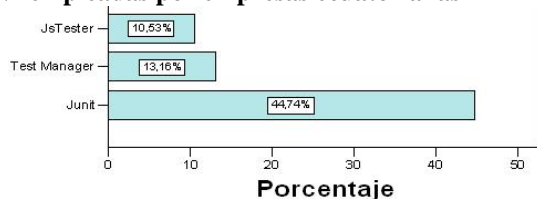
**Gráfico 6.8. Tipo de Herramientas de V&V empleadas por empresas ecuatorianas**



**6.9. Indicador 9: Herramientas de V&V de Distribución libre.**

Este indicador determina el grado utilización de los tipos de Herramientas de V&V de distribución Libre por parte de las empresas desarrolladoras, donde se aprecia que el mayor porcentaje es JUnit.

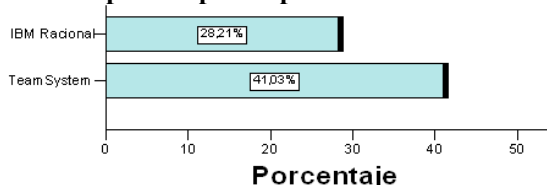
**Gráfico 6.9. Herramientas de distribución libre de V&V empleadas por empresas ecuatorianas**



**6.10. Indicador 10: Herramientas de V&V de Distribución Propietaria.**

Este indicador determina el grado utilización de los tipos de Herramientas de V&V Propietarios por parte de las empresas desarrolladoras, donde se aprecia que el mayor porcentaje es Team System.

**Gráfico 6.10. Herramientas de Propietarias de V&V empleadas por empresas ecuatorianas**



**6.11 Indicador 11: Herramientas de V&V de Distribución Libre que aportan más Calidad a las Empresas Ecuatorianas**

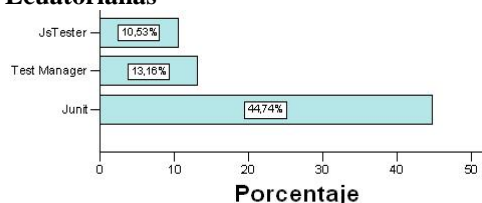
Como resultado de las entrevistas con los jefes de los departamentos de sistemas de empresas de la ciudad de Quito y Guayaquil, hemos podido indagar

sobre las Herramientas de distribución libre de V&V, que utilizan en sus respectivas empresas para llevar a cabo el desarrollo de productos de software.

Entre las principales Herramientas de distribución Libre que las empresas emplean en sus procesos están las siguientes:

- JUnit
- Test Manager
- JsTester
- Act- like a Customer

**6.11 Grafico de Herramientas de Distribución Libre de V&V que aportan más Calidad a las Empresas Ecuatorianas**



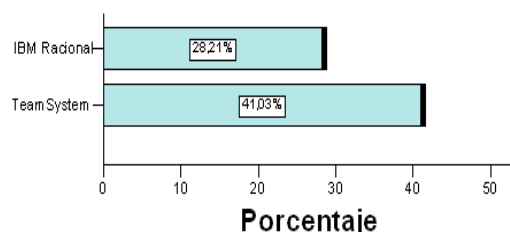
**6.12 Indicador 12: Herramientas Propietarias de V&V que aportan más Calidad a las Empresas Ecuatorianas**

Como resultado de las entrevistas con los jefes de los departamentos de sistemas de empresas de la ciudad de Quito y Guayaquil, hemos podido indagar sobre las Herramientas Propietarias de V&V, que utilizan en sus respectivas empresas para llevar a cabo el desarrollo de productos de software.

Entre las principales Herramientas propietarias que las empresas emplean en sus procesos están las siguientes:

- IBM Rational
- Microsoft TeamSystem

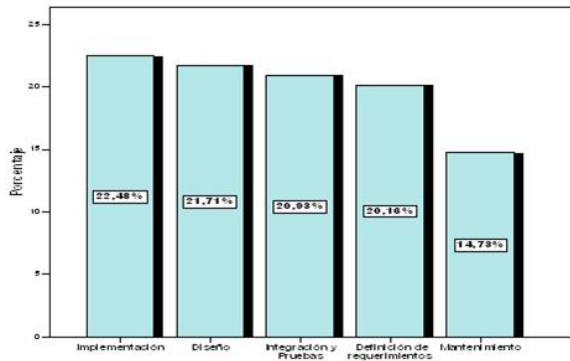
**6.12 Grafico de Herramientas Propietarias de V&V usadas por empresas Ecuatorianas**



**6.13 Indicador 13: Esfuerzo en la utilización de Herramientas que se aplica en cada fase de desarrollo de Software**

Este indicador refleja el grado de esfuerzo que aplican en cada fase de desarrollo con respecto al uso de Herramientas de V&V.

### 6.13 Grafico del uso de Herramientas de V&V en cada fase de Desarrollo de Software.



En la grafica se observa la tendencia a utilizar herramientas de V&V en la mayoría de las fases de desarrollo de software, lo que se evidencia el desconocimiento por parte de los lideres de proyectos en la utilización correcta de una herramienta en una fase determinada del proceso de desarrollo de software.

## 7. Comprobación de Hipótesis

### 7.1 Prueba de la hipótesis 1

La primera hipótesis a demostrar en el presente estudio responde al planteamiento hipotético referido en el punto 5, que textualmente dice:

“Las empresas ecuatorianas no poseen métodos de V&V establecidos para cada fase de desarrollo de Software.”

Donde se plantea como Hipótesis Nula  $H_0$

$H_0$ : Métodos que utiliza la empresa es independiente al tipo de esfuerzo que emplean en cada fase de desarrollo

Vs

La Hipótesis alternativa  $H_1$

$H_1$ : Métodos que utiliza la empresa y el tipo de esfuerzo que emplean no son independientes

Pruebas de chi-cuadrado

Tabla 7.1 Tabla de resultados de Hipótesis 1

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4,138(a)	4	,388
Razón de verosimilitud	4,158	4	,385

Chi-cuadrado de Pearson	5,390(a)	4	,250
Razón de verosimilitud	5,408	4	,248
Asociación lineal por lineal	3,729	1	,053
N de casos válidos	57		

En la Tabla notamos que el p-valor es de 0,250, lo que vemos que a nivel de significación de 0,05, se debe de aceptar la hipótesis nula de independencia entre estas variables. Por lo tanto la conclusión a la que se ha llegado es que dicha hipótesis es verdadera, basados en los resultados del Indicador 4 y 6 donde se establece si utilizan ó no Métodos de V&V y el grado de utilización del método en cada fase de desarrollo respectivamente. En este Indicador se observa que aunque la mayoría de empresas mencionó que si utilizan métodos de V&V para el desarrollo de software; estos no se reflejan en las fases de desarrollo.

Otro punto que refuerza la conclusión obtenida es que los métodos mencionados como los más usados por las empresas pueden ser aplicados solo en la etapa de Implementación.

### 7.2 Prueba de la hipótesis 2

La segunda hipótesis a demostrar en el presente estudio responde al planteamiento hipotético referido en el punto 5, que textualmente dice:

“Las empresas ecuatorianas no poseen herramientas de V&V establecidos para cada fase de desarrollo de Software”

Donde se plantea como Hipótesis Nula  $H_0$

$H_0$ : Herramientas que utiliza la empresa es independiente tipo de esfuerzo que emplean en cada fase de desarrollo

Vs

La Hipótesis alternativa  $H_1$

$H_1$ : Herramientas que utiliza la empresa y el tipo de esfuerzo que emplean no son independientes

Pruebas de chi-cuadrado

Tabla 7.2 Tabla de resultados de Hipótesis 2

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4,138(a)	4	,388
Razón de verosimilitud	4,158	4	,385

Asociación lineal por lineal	1,536	1	,215
N de casos válidos	57		

En la Tabla notamos que el p-valor es de 0,388, lo que vemos que a nivel de significación de 0,05, se debe de aceptar la hipótesis nula de independencia entre estas variables. Por lo tanto ha quedado demostrada como verdadera, al igual que la hipótesis anterior, la demostración se la ha realizado en base a los resultados del Indicador 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 para esta hipótesis la conclusión es verdadera en nuestro medio. Aunque la mayoría de las empresas respondieron que si utilizan herramientas de V&V para el desarrollo de software, esto no se refleja en la utilización en cada fase de desarrollo.

Otro punto que refuerza la conclusión obtenida es que las herramientas mencionadas como las más usadas por las empresas pueden ser aplicadas solo en la etapa de Implementación, por lo que existe una contradicción en sus respuestas ya que en el indicador 13 mencionan que ponen esfuerzo en el uso de herramientas de V&V en las demás etapas de desarrollo.

### 7.3 Prueba de la hipótesis 3

La tercera hipótesis a demostrar en el presente estudio responde al planteamiento hipotético referido en el punto 5, que textualmente dice:

“Las empresas ecuatorianas no cuentan con técnicas de V&V establecidos para cada fase de desarrollo de Software”

Donde se plantea como Hipótesis Nula  $H_0$

$H_0$ : Técnicas que utiliza la empresa es independiente tipo de esfuerzo que emplean en cada fase de desarrollo

Vs

La Hipótesis alternativa  $H_1$

$H_1$ : Técnicas que utiliza la empresa y el tipo de esfuerzo que emplean no son independientes

Pruebas de chi-cuadrado

**Tabla 7.3 Tabla de resultados de Hipótesis 3**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<b>Chi-cuadrado de Pearson</b>	1,554(a)	2	,460
<b>Razón de verosimilitud</b>	1,556	2	,459
<b>Asociación lineal por lineal</b>	1,537	1	,215

<b>N de casos válidos</b>	57		
---------------------------	----	--	--

En la Tabla notamos que el p-valor es de 0,460, lo que vemos que a nivel de significación de 0,05, se debe de aceptar la hipótesis nula de independencia entre estas variables. Revisando los resultados del Indicador 1 y 2, en la cual el 89.47% de las empresas indicaron que si utilizan Métodos de V&V para el desarrollo de software. Aunque la mayoría de las empresas respondieron que si utilizan técnicas de V&V para el desarrollo de software, esto no se refleja la utilización en cada fase de desarrollo. Por lo cual se puede concluir que el valor de la hipótesis planteada es verdadero.

## 8. Conclusiones

Que las empresas ecuatorianas si emplean Métodos de V&V para el desarrollo de Software, sin embargo existen empresas que no tienen definido en que etapa del proceso de desarrollo de software emplear un determinado método, por lo cual la aplicación de estos métodos no lo hacen de manera correcta; tomando en cuenta el indicador 6 tenemos que mayor énfasis le dan a la etapa de Implementación con un porcentaje de 24.27%.

Otro punto a considerar es que los métodos seleccionados por las empresas pueden ser aplicados solo en la etapa de Implementación, por lo que existe una contradicción ya que la mayor parte menciona que pone esfuerzo en el uso de métodos de de V&V en otras fases del desarrollo.

La mayor parte de las empresas presentes en la encuesta si usan Herramientas de V&V, pero al igual que en el caso anterior aun no tienen definido en que fase explotar sus beneficios. Como se puede ver en el indicador 13 referente al tipo de esfuerzo que se aplica a cada fase de desarrollo, la diferencia entre las etapas de Implementación, Integración y Pruebas, Diseño y Definición de requerimientos es de alrededor de 1%, cosa que no sucede en la etapa de mantenimiento en donde el uso de herramientas es mínimo. Además las herramientas seleccionadas por las empresas pueden ser aplicados solo en la etapa de Implementación, por lo que existe una contradicción ya que la mayor parte menciona que pone esfuerzo en el uso de herramientas de V&V en otras fases del desarrollo.

En cuanto a la utilización de Técnicas de V&V, las empresas en su gran mayoría (98.25) menciono que si utiliza como muestra el indicador 1, a demás se observa en el Indicador 2 que la etapas en las cuales las utilizan son: Implementación, Integración y Pruebas y Diseño con una diferencia pequeña del 1% entre cada etapa.

La mayoría de empresas encuestadas consideran que la importancia del uso de herramientas de V&V radica en saber cómo y cuándo aplicarlas para lograr el máximo beneficio de ellas, ya que representan una inversión considerable la adquisición de éstas para su empresa.

## 9. Referencias

[1] Perfiles de Productos de Exportación, disponible en [http://www.ecuadorexporta.org/productos\\_down/perfil\\_producto\\_software567](http://www.ecuadorexporta.org/productos_down/perfil_producto_software567), última visita: Mayo 9, 2007

[2] Jorge Mazón, José Alvear, Gipsy Bracco, Mónica Villavicencio. "Aspectos de la calidad y dificultades en la gestión de proyectos de software: "Estudio exploratorio"", ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software, Guayaquil-Ecuador, Septiembre-2005, pp. 1 - 12.

[3] Steven R. Rakitin (2001). Software Verification and Validation for Practitioners and Managers, 2da edición Artech House, pp 129

[4] Danny Salazar, Mónica Villavicencio, María Macías, Monique Snoeck. "Estudio estadístico exploratorio de las empresas desarrolladoras de software asentadas en Guayaquil, Quito y Cuenca", ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software, Guayaquil-Ecuador, Octubre-2003, pp. 1-15