



CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**TESIS**

ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE USABILIDAD APLICADAS A UN  
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DEL INEGI PARA PLATAFORMAS  
MÓVILES Y DE ESCRITORIO

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN INFORMATICA Y TECNOLOGIAS COMPUTACIONALES

PRESENTA:

ANA VIOLETA ZAMORA GALLEGOS

TUTOR:

DR. CARLOS ARGELIO ARÉVALO MERCADO

COMITÉ TUTORAL:

M.C. LIZETH ITZIGUERY SOLANO ROMO

DR. JAIME MUÑOZ ARTEAGA

AGUASCALIENTES, AGS., 4 de Junio del 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

**ANA VIOLETA ZAMORA GALLEGOS**  
**ALUMNA DE LA MAESTRÍA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍAS**  
**COMPUTACIONALES**  
**P R E S E N T E**

Estimado Lic. Zamora:

Por medio de este conducto me permito comunicarle a usted, que el trabajo de tesis o caso práctico titulado "**Estudio comparativo de metodologías de usabilidad aplicadas a un sistema de información geográfico del INEGI para plataformas móviles y de escritorio**", está autorizado y será bajo la dirección del Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado; y como revisores el Dr. Jaime Muñoz Arteaga y la M en C Lizeth Itziguery Solano Romo, para que pueda obtener así el grado de Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales.

Sin otro particular me permito saludarle (a) muy afectuosamente.

**ATENTAMENTE**  
**Aguascalientes, Ags., 1 de junio del 2012**  
**"SE LUMEN PROFERRE"**  
**LA DECANO**

  
**MTRA. MARTHA CRISTINA GONZÁLEZ DÍAZ**



  
**VoBo M en C JORGE EDUARDO MACÍAS LUEVANO**  
**SECRETARIO TÉCNICO MAESTRÍA EN INFORMÁTICA**  
**Y TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES**

c.c.p. Dr. Alejandro Padilla Díaz.- Secretario de Investigación y Posgrado.  
c. c. p. M en C Jorge Eduardo Macías Luevano.- Secretario Técnico de la Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales.  
c. c. p. Dr. Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado  
c. c. p. Dr. Jaime Muñoz Arteaga  
c. c. p. M en C Lizeth Itziguery Solano Romo  
c. c. p. Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
FORMATO DE CARTA DE VOTO APROBATORIO

**M. en C. MARTHA CRISTINA GONZÁLEZ DÍAZ**  
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS  
P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **ANA VIOLETA ZAMORA GALLEGOS** con ID 16663 quien realizó la tesis titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE USABILIDAD APLICADAS A UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DEL INEGI PARA PLATAFORMAS MÓVILES Y DE ESCRITORIO**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 16 de Abril de 2012.

  
Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado  
Tutor de Trabajo Práctico

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Jefatura del Depto. de Sistemas de Información  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico



Por este conducto autorizamos al tesista:

**L.I. ANA VIOLETA ZAMORA GALLEGOS**

La impresión de su documento final de Tesis, ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidos en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Asesor

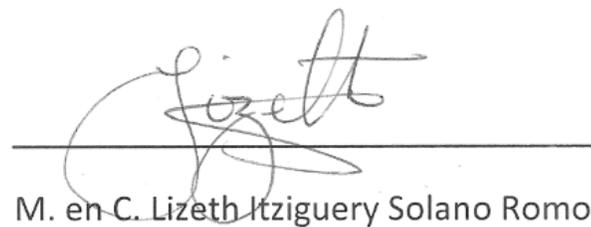


Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado

Sinodales



Dr. Jaime Muñoz Arteaga



M. en C. Lizeth Itziguery Solano Romo

## Agradecimientos

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, en especial al ejemplo que mis padres me han dado y el cual me ha motivado a ser una mejor persona. A mis hermanos y a Juan, que en esos momentos agotadores me ayudaron a conservar la calma y tener las fuerzas para continuar esforzándome.

A mis jefes en INEGI por contribuir al logro de éste proyecto de tesis, por permitirme trabajar con el Mapa Digital de México, y apoyarme en la medida de lo posible cuando así lo requerí. También a mis compañeros que contribuyeron en la realización de las pruebas para ésta tesis.

Quiero agradecer al Dr. Carlos Arévalo por su paciencia y apoyo, así mismo a mis sinodales, la M.C. Lizeth Solano y al Dr. Jaime Muñoz por sus observaciones que me sirvieron para mejorar.

Al CONCYTEA por su confianza y apoyo.

**Índice**

Abstract ..... 10

Capítulo 1. Introducción ..... 12

    1.1 Impacto y futuro de los dispositivos móviles ..... 13

    1.2 Impacto y futuro de los dispositivos móviles en México ..... 17

    1.3 Implicaciones del incremento de la adopción y uso de los dispositivos móviles en el Software Móvil..... 20

    1.4 Problemática Particular ..... 23

        1.4.1 Mapa Digital de México ..... 25

        1.4.2 Software de Calidad en el INEGI ..... 26

    1.5 Objetivos y preguntas de la Investigación..... 29

Capítulo 2. Marco Teórico..... 30

    2.1. Dispositivos Móviles ..... 31

    2.2 Disciplinas del Área Computacional que estudian la usabilidad..... 32

    2.3 Origen del término de usabilidad ..... 33

    2.4 Definición de usabilidad y sus factores..... 37

        2.4.1 Métricas de la usabilidad..... 42

        2.4.2 Marcos de trabajo para la usabilidad..... 45

        2.4.3 Factores y Métricas de usabilidad en dispositivos móviles ..... 51

    2.5 Metodologías de usabilidad ..... 63

    2.6 Estudios de usabilidad realizados en dispositivos móviles ..... 68

Capítulo 3. Método ..... 73

    3.1 Propósito de la pruebas de usabilidad ..... 74

    3.2 Participantes ..... 74

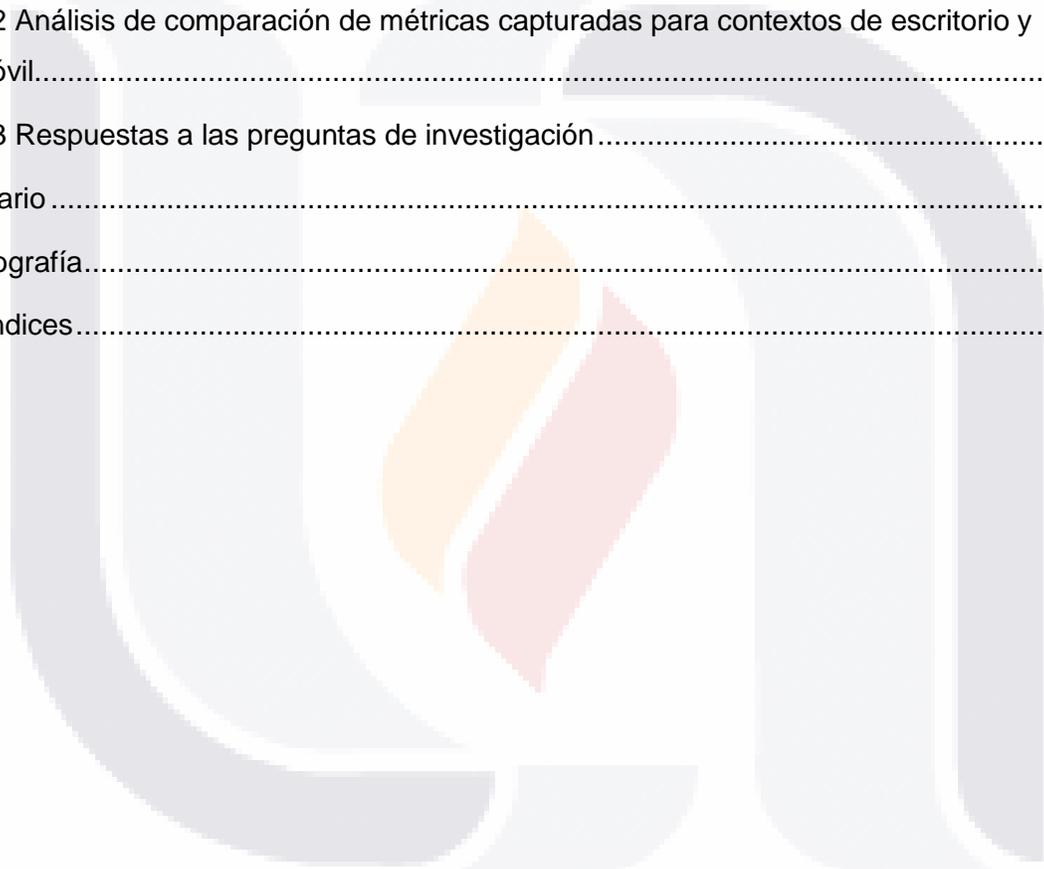
        3.2.1 Selección de participantes ..... 74

        3.2.2 Análisis de participantes ..... 76

    3.3 Métodos de evaluación de la usabilidad seleccionado..... 77

|  |     |
|--|-----|
| 3.4 Lista de tareas.....   | 78  |
| 3.5 Factores y Métricas a capturar .....   | 79  |
| 3.5.1 Factor de Eficacia: .....  | 80  |
| 3.5.2 Factor de Productividad .....  | 80  |
| 3.5.3 Factor de Satisfacción:.....   | 81  |
| 3.6 Técnica de recolección de datos empleada.....  | 81  |
| 3.7 Descripción del Procedimiento .....  | 81  |
| Capítulo 4. Resultados.....  | 84  |
| 4.1 Procedimiento de análisis de resultados .....  | 85  |
| 4.2 Resultados las tareas en escritorio.....   | 87  |
| 4.2.1 Eficacia de la tarea .....   | 87  |
| 4.2.2 Tiempo de la tarea.....  | 89  |
| 4.2.3 Clics de la tarea .....  | 90  |
| 4.2.4 Errores de la tarea .....  | 92  |
| 4.2.5 Eficiencia de la tarea.....  | 93  |
| 4.2.6 Satisfacción .....   | 95  |
| 4.3 Resultados las tareas en dispositivo móvil .....   | 97  |
| 4.3.1 Eficacia de la tarea .....   | 97  |
| 4.3.2 Tiempo de la tarea.....  | 99  |
| 4.3.3 Clics de la tarea .....  | 101 |
| 4.3.4 Errores de la tarea .....  | 102 |
| 4.3.5 Eficiencia de la tarea.....  | 103 |
| 4.3.6 Satisfacción .....   | 105 |
| 4.4 Resultados de protocolos verbales.....   | 107 |
| 4.5 Resultados la comparación entre resultados en escritorio y resultados en dispositivo móvil ..... | 108 |
| 4.5.1 Eficacia de la tarea .....   | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.5.2 Tiempo de la tarea.....  | 109 |
| 4.5.3 Clics de la tarea.....   | 113 |
| 4.5.4 Errores de la tarea.....   | 118 |
| 4.6.5 Eficiencia de la tarea.....  | 123 |
| Capítulo 5. Conclusiones.....  | 124 |
| 5.1 Hallazgos encontrados al aplicar los métodos de evaluación de la usabilidad al “Mapa Digital de México”..... | 125 |
| 5.2 Análisis de comparación de métricas capturadas para contextos de escritorio y móvil.....                     | 127 |
| 5.3 Respuestas a las preguntas de investigación.....   | 130 |
| Glosario.....  | 134 |
| Bibliografía.....  | 136 |
| Apéndices.....   | 141 |



**Índice de Tablas**

Tabla 1. Relación de características, principios rectores y objetivos del INEGI..... 24

Tabla 2. Modelos de Calidad de Software..... 35

Tabla 3. Métricas de comprensibilidad ISO/IEC 9126-1 ..... 43

Tabla 4. Métricas de comprensibilidad ISO/IEC 9126-1 ..... 43

Tabla 5. Métricas de operabilidad ISO/IEC 9126-1 ..... 44

Tabla 6. Métricas de atractivo ISO/IEC 9126-1 ..... 44

Tabla 7. Métricas de cumplimiento ISO/IEC 9126-1..... 45

Tabla 8. Factores y Métricas de usabilidad 9241 ..... 45

Tabla 9. Métricas de eficiencia móvil de Hornbeak ..... 53

Tabla 10. Métricas eficacia móvil de Hornbeak..... 55

Tabla 11. Métricas satisfacción móvil por Hornbeak ..... 56

Tabla 12. Factores de usabilidad para dispositivos móviles Coursaris & Kim..... 59

Tabla 13. Atributos de usabilidad medidos en las aplicaciones móviles Balagtas-Fernandez & Hussmann ..... 60

Tabla 14. Datos de los participantes de la prueba ..... 77

Tabla 15. Tareas de la prueba ..... 78

Tabla 16. Métricas para Eficiencia consideradas en la prueba..... 80

Tabla 17. Métricas para Productividad consideradas en el estudio ..... 80

Tabla 18. Laptop utilizada por el participante en la prueba ..... 82

Tabla 19. Laptop utilizada por el observador en la prueba ..... 83

Tabla 20. Web Cam utilizada en la prueba ..... 83

Tabla 21. Concentrado de los resultados de eficiencia por tarea en escritorio ..... 88

Tabla 22. Concentrado de tiempo de la tarea escritorio ..... 90

Tabla 23. Concentrado de clics por tareas escritorio..... 91

Tabla 24. Concentrado de errores por tarea escritorio ..... 92

Tabla 25. Concentrado de eficiencia por tareas escritorio..... 94

Tabla 26. Concentrado de cuestionario SUS por participante escritorio..... 95

Tabla 27. Concentrado de eficacia por tareas en móvil..... 98

Tabla 28. Concentrado de tiempo por tareas en móvil ..... 100

Tabla 29. Concentrado de clics por tareas en móvil..... 101

Tabla 30. Concentrado de errores por tarea en móvil ..... 103

Tabla 31. Concentrado de eficiencia por tareas en móvil..... 104

Tabla 32. Concentrado de cuestionario SUS en móvil ..... 106

Tabla 33. Datos de % Eficiencia en contexto de escritorio y móvil ..... 108

Tabla 34. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Eficiencia ... 108

Tabla 35. Datos de tiempo de tarea 1 en contexto de escritorio y móvil..... 109

Tabla 37. Datos de tiempo de tarea 2 en contexto de escritorio y móvil..... 110

Tabla 38. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 2 ..... 110

Tabla 39. Datos de tiempo de tarea 3 en contexto de escritorio y móvil..... 110

Tabla 40. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 3 ..... 111

Tabla 41. Datos de tiempo de tarea 4 en contexto de escritorio y móvil..... 111

Tabla 42. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 4 ..... 112

Tabla 43. Datos de tiempo de tarea 5 en contexto de escritorio y móvil..... 112

Tabla 44. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 5 ..... 112

Tabla 45. Datos de clics de la tarea 1 en contexto de escritorio y móvil..... 113

Tabla 46. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 1 ..... 114

Tabla 47.. Datos de clics de la tarea 2 en contexto de escritorio y móvil..... 114

Tabla 48. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 2 ..... 114

Tabla 49. Datos de clics de la tarea 3 en contexto de escritorio y móvil..... 115

Tabla 50. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 3 ..... 115

Tabla 51. Datos de clics de la tarea 4 en contexto de escritorio y móvil..... 115

Tabla 52. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 4 ..... 116

Tabla 53. Datos de clics de la tarea 5 en contexto de escritorio y móvil..... 116

Tabla 54. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 5 ..... 117

Tabla 55. Datos de errores de la tarea 1 en contexto de escritorio y móvil ..... 118

Tabla 56. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 1 ..... 119

Tabla 57. Datos de errores de la tarea 2 en contexto de escritorio y móvil ..... 119

Tabla 58. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 2 ..... 119

Tabla 59. Datos de errores de la tarea 3 en contexto de escritorio y móvil ..... 120

Tabla 60. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 3 ..... 120

Tabla 61. Datos de errores de la tarea 4 en contexto de escritorio y móvil ..... 120

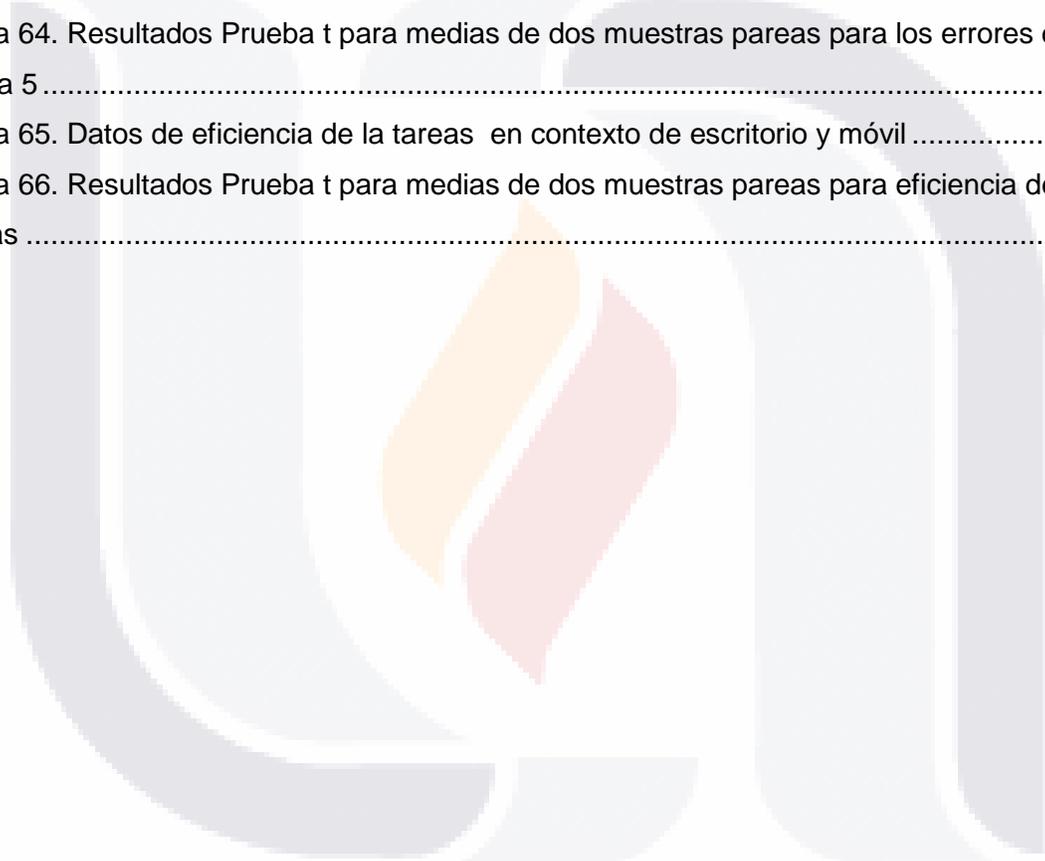
Tabla 62. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 4 ..... 121

Tabla 63. Datos de errores de la tarea 5 en contexto de escritorio y móvil ..... 121

Tabla 64. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 5 ..... 122

Tabla 65. Datos de eficiencia de la tareas en contexto de escritorio y móvil ..... 123

Tabla 66. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para eficiencia de las tareas ..... 123



**Índice de Figuras**

Figura 1. Adultos estadounidenses con un teléfono móvil..... 15

Figura 2. Estadísticas subcripciones de celulares en México ..... 17

Figura 3. Porcentaje de Inversiones en telecomunicaciones en México en el 2010 ..... 18

Figura 4. Dispositivos usados por el Internauta Mexicano para conectarse a Internet ..... 19

Figura 5. Mapa Digital de México 5.0, versión escritorio ..... 24

Figura 6. Dispositivos móviles..... 31

Figura 7. Interacción Hombre-Máquina ..... 32

Figura 8. Factores de calidad del ISO 9126 ..... 36

Figura 9. Factores de usabilidad Shackel ..... 37

Figura 10. Factores de usabilidad Nielsen ..... 38

Figura 11. Factores de Usabilidad ISO 9241-11 ..... 39

Figura 12. Factores de usabilidad de ISO 9126-1 ..... 40

Figura 13. Contextos o categorías de la usabilidad por Beaven..... 41

Figura 14. Modelos ISO identificados en categorías de usabilidad ..... 41

Figura 15. Marco de Trabajo en usabilidad móvil (Coursaris & Kim, 2011) ..... 57

- Figura 16. Marco de trabajo para usabilidad en productos electrónicos de consumo visual ..... 58

Figura 17. Marco de trabajo Balagtas-Fernandez & Hussmann ..... 69

Figura 18. Relación de número de participantes con % de descubrimiento ..... 75

Figura 19. Escenarios de pruebas de evaluación de la usabilidad Tillus and Albert..... 79

Figura 20. Distribución de eficacia por tareas en escritorio ..... 89

Figura 21. Promedio de tiempo de tareas en escritorio ..... 90

Figura 22. Promedio de clics por tarea en escritorio ..... 91

Figura 23. Promedio de errores por tarea en escritorio ..... 93

Figura 24. Porcentaje de eficiencia por tareas en escritorio ..... 94

Figura 25. Promedio de puntuación de SUS en escritorio ..... 96

Figura 26. Distribución de eficacia por tarea en móvil ..... 99

Figura 27. Promedio de tiempo por tareas en móvil..... 100

Figura 28. Promedio de clics por tarea en móvil ..... 102

Figura 29. Conteo de errores por tarea móvil..... 103

Figura 30. Porcentaje de eficiencia por tarea en móvil..... 105

Figura 31. Promedio de puntuación de SUS en móvil..... 106

## Resumen

El aumento en la adopción y uso de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes o “smartphones” y las “Tablets”, en la vida cotidiana de las personas más el constante incremento en el hábito por acceder a internet mediante estos, ha originado la necesidad de poner especial interés en desarrollo software para este tipo de dispositivos, ya que representa un reto debido a que las características distintivas de los ellos, como el tamaño de pantalla, los métodos de entrada de datos, resolución, etc., que le confieren la portabilidad, se convierten en limitaciones al momento de diseñarles interfaces.

De lo anterior nace la importancia de la usabilidad en los dispositivos móviles más que en otras aéreas debido a que muchas aplicaciones móviles siguen siendo difíciles de usar, carecen de flexibilidad, robustez (Coursaris & Kim, 2011)

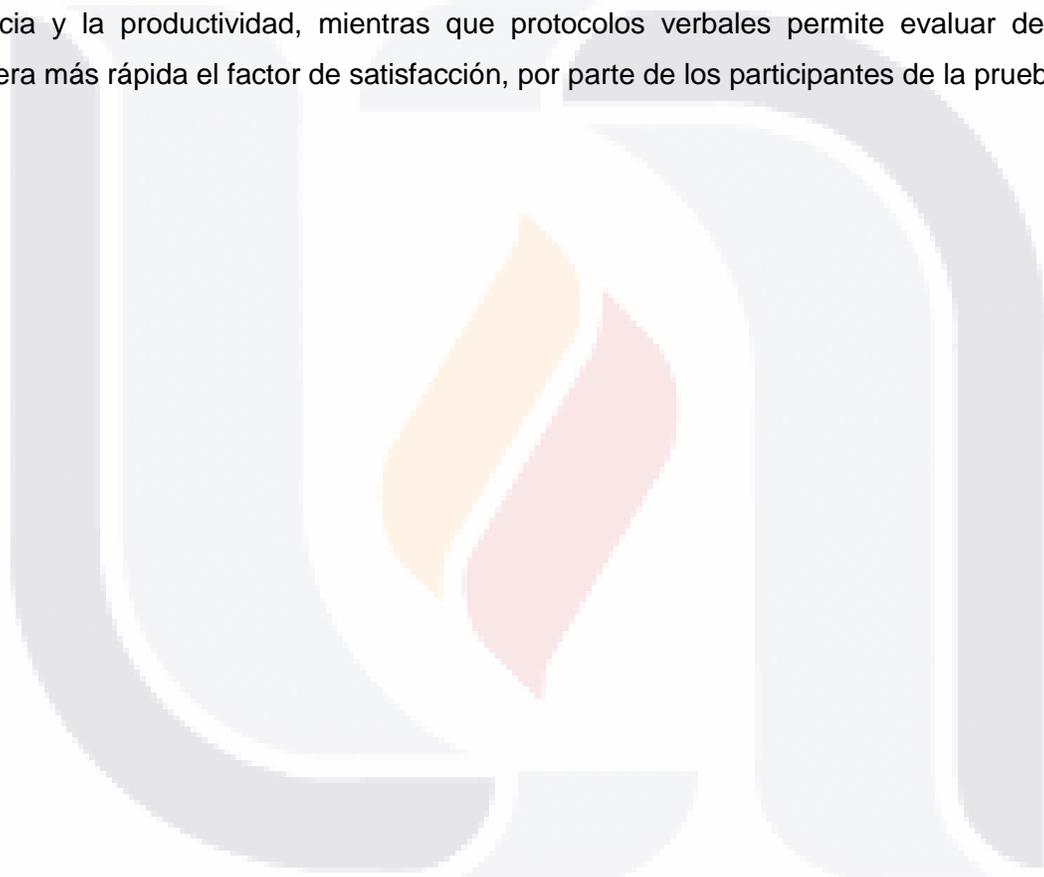
La usabilidad por tanto es definida por la ISO 9126 – 1 (2000) como la capacidad del producto de software de ser comprendido, aprendido, usado y es atractivo para el usuario cuando se utiliza en un contexto en específico.

Este desafío es para todos aquellos interesados en generar contenidos para dispositivos móviles, el INEGI encargado de generar y difundir información de interés nacional estadística y geográfica, enfrenta el reto de adaptarse a los cambios tecnológicos y buscar formas de poner al alcance de la sociedad la información que genera, por lo tiene al alcance diversos sistemas, como el Mapa Digital de México, desarrollado en la Dirección General de Geografía, el cual es un visualizador de información geográfica, que fue diseñado para usarlo en un contexto de escritorio. El cual se tiene el interés de conocer que tan adecuado es para el uso en dispositivos móviles. Sin embargo, en la Dirección General de Geografía, no se tiene la experiencia en realizar pruebas para la evaluación de la usabilidad del software.

Por lo cual se opto por utilizar los métodos de evaluación de usabilidad simultáneamente; protocolos verbales y medición de métricas, para realizar la evaluación del Mapa Digital de México, en dos contextos: de escritorio y móvil, con la participación de 6 personas, definiendo 5 tareas. Para después proceder a realizar una comparación estadística de los resultados de ambos contextos. Y de la relevancia de los datos obtenidos por ambos métodos de evaluación, para la identificación de problemas con la usabilidad.

Se encontró que estadísticamente existe diferencia en la eficiencia de las tareas siendo menor en los dispositivos móviles, mientras que en la eficacia, tiempo, número de clics, errores, no se pudo comprobar una diferencia estadística. Sin embargo, la satisfacción de utilizar el software fue muy poca en ambos contextos.

Se llegó a la conclusión de que es necesario, realizar un diseño especial para ser usado en dispositivos móviles del Mapa Digital de México para poder mejorar la calidad de la interacción con el software. En lo que respecta a los métodos de evaluación de la usabilidad, se observa que medición de métricas facilita la evaluación de factores como la eficacia y la productividad, mientras que protocolos verbales permite evaluar de una manera más rápida el factor de satisfacción, por parte de los participantes de la prueba.



## **Abstract**

The increase in the adoption and use of mobile devices such as "smartphones" and "Tablets" in the daily lives and increase in the habit of accessing Internet through these, has created the need for special interest to developing software for these devices, since it represents a challenge because the distinctive features of these, such as screen size, methods of data entry, resolution., which gives it the portability, become limitations to designing interface.

From the above comes, the importance of usability on mobile devices more than other areas, because many mobile applications are still difficult to use, lack of flexibility, robustness (Coursaris & Kim, 2011).

Usability is therefore defined by the ISO 9126 - 1 (2000) as the ability of the software product to be understood, learned, used and attractive to the user when used in a specific context.

This challenge is for all those interested in generating content for mobile devices, INEGI responsible for generating and disseminating statistical information and geographical of national interest, faces the challenge of adapting to technological changes and find ways to make available the information society, so has the reach various systems such as Digital Map of Mexico, developed at Geography, designed for use in a desktop context.

Geography is interested to know how appropriate it is for use on mobile devices. However, in Geography, there is no experience in testing for the evaluation of software usability. Therefore it was decided to use usability evaluation methods simultaneously, verbal protocols and measurement metrics for the evaluation of Digital Map of Mexico in two contexts: desktop and mobile, with the participation of 6 people, defining 5 tasks. And then proceed to make a statistical comparison of the results of both contexts. And the relevance of the data obtained by both methods of evaluation to identify usability problems.

We found that statistically there is a difference in the efficiency of the tasks being lower in mobile devices, while the efficiency, time, number of clicks, errors, failed to demonstrate a statistical difference. However, the satisfaction of the software was very low in both contexts.

He came to the conclusion that it is necessary; make a special design for use on mobile devices Digital Map of Mexico to improve the quality of interaction with the software. As

regards the methods of usability evaluation, we observe that metric measurement facilitates the evaluation of factors such as efficiency and productivity, while verbal protocols can assess more quickly the satisfaction factor, by participants of the test.



# Capítulo 1. Introducción



## 1.1 Impacto y futuro de los dispositivos móviles

El uso de los dispositivos móviles ha ido incrementando notablemente. En menos de dos décadas la comunicación móvil ha pasado de ser una aplicación de nicho a un mercado masivo de productos de alta tecnología, experimentando un crecimiento sin precedentes que nunca se había logrado por ninguna otra, ya sea radio, televisión, o incluso el internet (David, Dixit, & Jefferies, 2010).

El incremento de la popularidad de los dispositivos móviles se debe a que éstos ofrecen características que permiten a los usuarios realizar tareas que anteriormente solo se podían realizar en una computadora de escritorio. La infraestructura que soporta estas tecnologías permite la movilidad, lo que lleva a que se realicen actividades en diferentes ambientes. En general los beneficios identificados de la computación móvil incluyen la portabilidad, reducción de costos y las características innovadoras no disponibles en las PCs (Tossell, Kortum, Shepard, Zhong, & Rahmati, 2010) . Otro de los factores que influyen en la adquisición, adopción y uso de este tipo de tecnologías es la accesibilidad que tienen los usuarios a éstos, por la variedad de precios que pueden llegar a ser muy baratos o ir al extremo opuesto.

Existen diversos tipos de dispositivos móviles como los teléfonos celulares, recientemente catalogados como “Smartphones” y las llamadas “Tablets” que se caracterizan por tener un sistema operativo (android, IOs, Palm OS, RIM), tener acceso a conexiones a Internet, hardware (Hw) enriquecido como pantallas táctiles, altas resoluciones, cámara frontal, diversos sensores, la computación móvil por medio pre procesadores, memoria RAM, memoria de almacenamiento, y soporte a tecnologías de comunicación como 3G y 4G. Las características anteriormente mencionadas hacen que las diferencias entre las capacidades de los diversos modelos de dispositivos móviles que existen puedan llegar a ser abismales entre ellos. Por ejemplo, existen teléfonos que solo reciben y realizan llamadas telefónicas o mensajes de texto, y los más recientes permiten acceder a Internet, ejecutar juegos o aplicaciones, realizar ediciones a documentos, entre otras muchas funciones.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Las características que tienen los Smartphones actualmente los hacen muy atractivos para el consumidor, tales como pantallas táctiles (touch), cámaras digitales de alta resolución y reproductores MP3, los más sofisticados cuentan con acelerómetros, brújulas digitales, sensores de luz ambiental y con potentes procesadores que les permiten la ejecución de numerosos servicios utilizando interfaces de usuarios más ricas e intuitivas (Lovett & O'Neill, 2010) por lo que el teléfono móvil ha evolucionado rápidamente de ser un dispositivo simple para hacer o recibir llamadas, a un complejo sistema interactivo multimedia (Ji, Park, Lee, & Yun, 2006). Tal ha sido el impacto que no solo se utilizan para uso personal, sino que se están adoptado en diversos contextos o ambientes organizacionales, como en la educación, la salud y la milicia (Tossell y otros, 2010).

Las diversas compañías que ponen a disposición los dispositivos móviles realizan estrategias para poder tener una ventaja en el mercado y poner a disposición la mayor cantidad de dispositivos, por ejemplo en el 2010 PALM puso a la venta Pre Plus y Pixi, además fue comprada por Hewlett Packard (HP) y en octubre HP anunció el 2 Pre y web OS 2.0. También en el verano del 2009 Apple lanzó el iPhone 3G y se celebró el primer aniversario de la App Store del iPhone, anunciando que más de 65,000 aplicaciones estaban disponibles en la tienda y más de 1,5 millones de dólares habían sido descargados. La más reciente información disponible muestra que en septiembre del 2010, la App Store había más de 250,000 aplicaciones que se habían descargado más de 6,5 mil millones de veces (Hanson, 2011).

Otra evidencia de la creciente popularidad de los teléfonos móviles son las estadísticas que mencionan que existían más de 270 millones de usuarios en los Estados Unidos en el año 2009, de acuerdo con el Pew Internet and American Life Project (Pew Internet and American Life Project, 2012). A mediados del 2010, el 82% de los jóvenes mayores de 18 años y adultos estadounidenses tenía un teléfono móvil o un dispositivo de computación móvil que funciona como teléfono (ver Figura 1. )

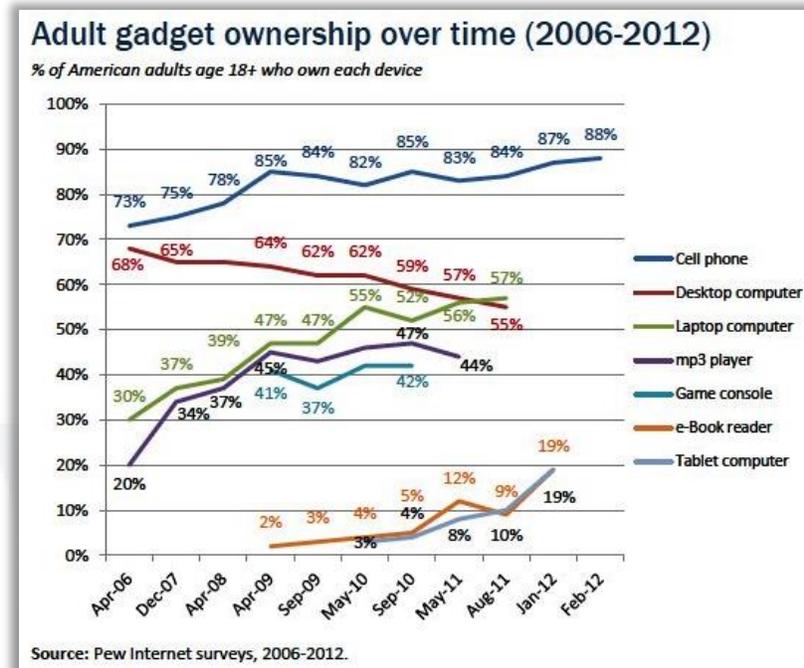


Figura 1. Adultos estadounidenses con un teléfono móvil

Diversos son los documentos en los que se menciona la inminente expansión del uso de los dispositivos móviles como lo menciona la Wireless World Research Forum (WWRF) citado por (David y otros, 2010) en una frase “siete billones de dispositivos inalámbricos atenderán a siete mil millones de personas en el 2020”.

Y se reafirma con lo que el Director General de Google Eric Schimdt cree al decir que el futuro de la informática se encuentra en los dispositivos móviles inteligentes, y los centros de datos, y que en los próximos años la tecnología móvil seguirá avanzando y los consumidores estarán expuestos a aplicaciones inimaginables ahora (Hanson, 2011).

Una de las características que ha marcado diferencia en el uso de los dispositivos móviles es la capacidad de conectarse a Internet incrementando el número de usuarios de Internet Móvil, según Arthur D. Little, citado por (David y otros, 2010) los operadores de telefonía móvil se enfrentan al incremento en el tráfico de datos móviles ya que se prevé que crezcan en 32% entre 2009 y 2015.

(Tossell y otros, 2010) mencionan que es evidente el cambio del papel de la tecnología móvil en conjunto con el uso del internet, ya que las tareas realizadas se basan en el

Internet redefiniendo el contexto de uso en entornos personales o profesionales y la forma en cómo se interactúa con ellos, por ejemplo el utilizar el pulgar ha reemplazado la voz como mecanismo de entrada.

Los dispositivos móviles al igual que las computadoras llegaron a ser una herramienta que nos ayuda en la vida diaria la cual podría considerarse indispensable, sin embargo si consideramos lo que dijo (Gaver, 2002) citado por (Fallman, 2009) "el ordenador se ha convertido en algo que nos ayuda a buscar nuestras vidas, no solo algo que nos ayuda a realizar nuestro trabajo", los dispositivos llegarán a marcar diferencia en la forma de vida o hábitos de las personas, podrían llegar a definir estilos de vida.



## 1.2 Impacto y futuro de los dispositivos móviles en México

Al igual que en la mayoría de los países del mundo, México no es la excepción, según la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) el sector de las telecomunicaciones en el país registraron un crecimiento de dos dígitos en el cuarto trimestre de 2011 en comparación con el mismo período de 2010 creció en términos anuales a una tasa promedio de 11.3 superando la tasa registrada un año antes 10.6%.

Este crecimiento se puede clasificar en tres categorías o segmentos primero el aumento en las suscripciones del servicio de televisión vía satélite, segundo un mayor consumo del tráfico de larga distancia internacional de entrada y tercero el tráfico de telefonía móvil.

Específicamente el tráfico de telefonía móvil tuvo un incremento anual promedio de 14.5% y en el último trimestre el crecimiento fue de 14.7% siendo éste el de mayor crecimiento en el año, como se observa en la Figura 2.

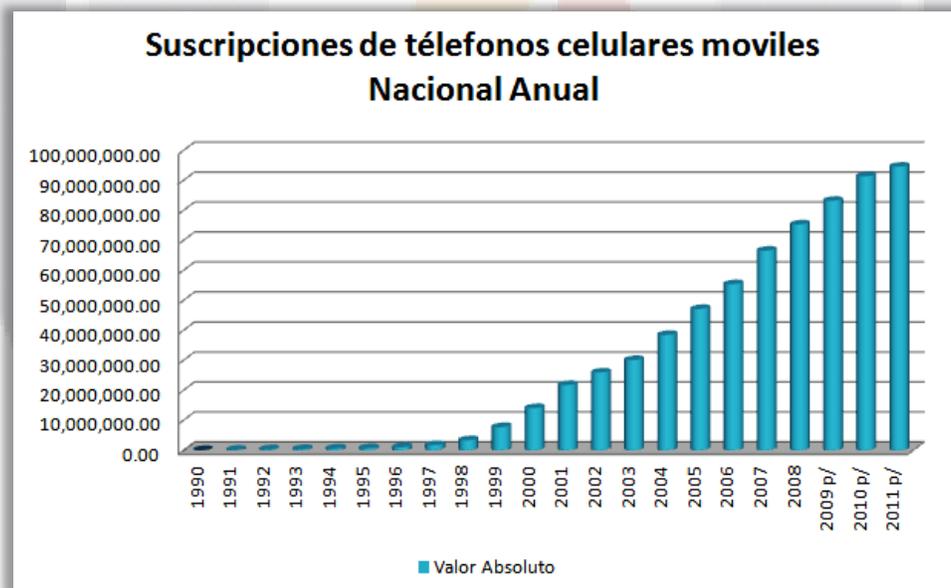


Figura 2. Estadísticas suscripciones de celulares en México

Al termino del 2011 el número de usuarios de telefonía móvil fue un total de 95.3 millones de usuarios llegando a tener una Teledensidad de 84.8 usuarios por cada 100 habitantes.

En el comunicado de prensa No 11/2012 de la COFETEL se confirma la tendencia de crecimiento, no obstante se menciona que el crecimiento en 2011 fue menor que en años

anteriores explicando este comportamiento debido a los signos de madurez en el mercado, por lo cual la estrategia de los operadores móviles se está enfocando a la provisión de servicios de internet móvil de banda ancha.

Otra evidencia es las inversiones en telecomunicaciones en el 2010, siendo el segmento de telefonía móvil la que tuvo el 52.1% de la inversión incrementando un 19.1% en comparación con el 2009 que fue de 33%, ilustrado en la Figura 3.

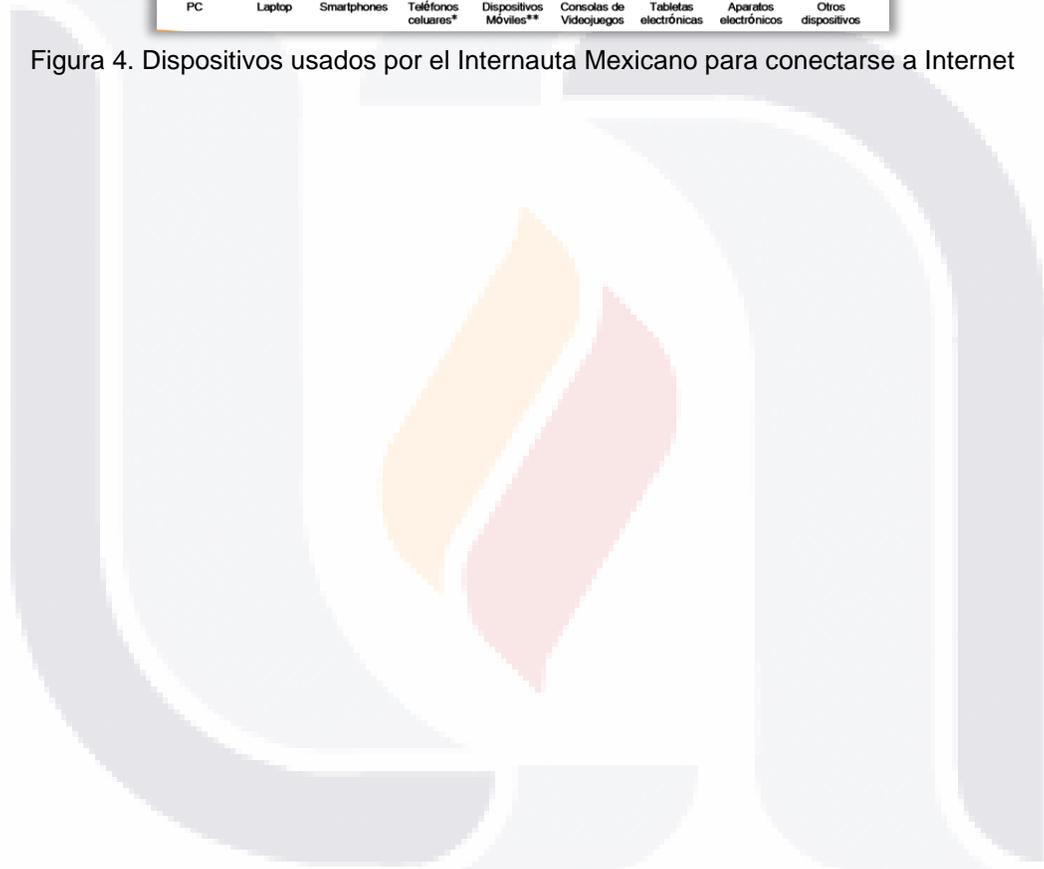


Figura 3. Porcentaje de Inversiones en telecomunicaciones en México en el 2010

En el séptimo reporte de Hábitos de los Usuarios de Internet en México, de mayo del 2011, realizado por la Asociación Mexicana de Internet se publicó los resultados de la encuesta a 1149 entrevistados, donde observa la PC sigue siendo el dispositivo más utilizado por el Internauta Mexicano para conectarse a Internet, sin embargo los dispositivos como Smartphones, teléfonos celulares, dispositivos móviles y Tablets representan un 64% de usuarios que lo utilizan para conectarse, considerando dispositivos móviles como iPod Touch, PSP, Nintendo DS, etc, ver la Figura 4.



Figura 4. Dispositivos usados por el Internauta Mexicano para conectarse a Internet



### **1.3 Implicaciones del incremento de la adopción y uso de los dispositivos móviles en el Software Móvil**

Estas evidencias demuestran que el crecimiento seguirá en aumento más personas harán uso de dispositivos móviles potencializando su uso con el acceso a internet, además de que se producirán mejoras en las características de Hardware (Hw) y Software (Sw). Por tanto, los dispositivos móviles tendrán que ser accesibles y fácilmente operables con interfaces de usuario innovadoras y con nuevos paradigmas de interacción (David y otros, 2010) las aplicaciones serán robustas y sofisticadas.

Sin embargo, los avances en la tecnología representan limitaciones y desafíos para los diseñadores de las interfaces de usuario en los dispositivos móviles debido a la gran variedad de modelos disponibles en el mercado con características físicas y capacidades tan cambiantes entre ellos como tamaños de pantalla, métodos de entrada, capacidad de procesamiento. Existen dispositivos en los que el tamaño de pantalla es pequeño, baja resolución, métodos de entrada no tradicionales los cuales representan dificultades de navegación (Coursaris & Kim, 2011).

Por el contrario existen dispositivos móviles como los Smartphone y las Tablets en los que son menos las limitaciones de tamaño y resolución, presentan características como capacidad de procesamiento, conexión a redes inalámbricas las cuales podrían alcanzar capacidades propias de las netbooks.

Debido al auge de los dispositivos móviles, el diseño y producción de aplicaciones móviles irá en aumento, donde parte del éxito de la aplicación será a que ésta sea fácil de utilizar en cualquier contexto. De este punto nace la importancia de los estudios de evaluación de la usabilidad sobre estas aplicaciones necesarios para garantizar el éxito de la aplicación.

Para la realización de estos estudios debe considerarse las limitaciones de los dispositivos y además se debe tomar en cuenta que el tiempo invertido en desarrollar el Sw tiene que ser el menor posible.

Las pruebas de evaluación de usabilidad para aplicaciones de Sw desarrolladas para dispositivos móviles es un área de investigación emergente que se enfrenta a una serie

de desafíos ya que existe mucha diferencia entre medir la usabilidad en PC y los dispositivos móviles debido a las características únicas de los dispositivos móviles como son el tamaño de la pantalla, la resolución, los métodos de entrada de datos, el ancho de banda limitado, falta de fiabilidad de las redes inalámbricas, así como la evolución del contexto (factores ambientales) (Zhang & Adipat, 2005).

La importancia de la usabilidad en los dispositivos móviles más que en otras aéreas es porque muchas aplicaciones móviles siguen siendo difíciles de usar, carecen de flexibilidad, robustez (Coursaris & Kim, 2011) .

En el estudio realizado por Seffah y Metzker (2009) se mencionó algunas estadísticas interesantes para justificar los costos de los beneficios de los estudios de la evaluación de la usabilidad:

1. 80% de los costos de desarrollo de software ocurren después de que el producto se libera, en la fase de mantenimiento.
2. De los costos, el 80% se deben a necesidades de los usuarios no satisfechas.
3. Sólo el 20% de los costos de desarrollo post se deben a errores o problemas de fiabilidad.
4. Los costos de solucionar los problemas en la fase de mantenimiento en lugar de la fase de diseño se incrementan de 40 a 100% más caro.
5. Sistemas diseñados con los principios de usabilidad en mente típicamente reducen el tiempo necesario para la capacitación en un 25%.

Por ejemplo, en American Express el departamento de Atención al Cliente observó las siguientes consecuencias después de la mejora de la usabilidad en su sistema existente (Seffah & Metzker, 2009):

- La capacitación de los empleados redujo de 12 horas a 2 horas.
- Mejoró de la productividad disminuyendo de 17 minutos a 4 minutos por cada solicitud.
- Disminuyó la entrada de datos tasa de error del 20% al 2%.

Los desafíos presentes en las pruebas de usabilidad móvil identificados por (Zhang & Adipat, 2005) fueron:

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Contexto móvil: definido por Dey, Salber y Abowd citados por (Zhang & Adipat, 2005) como cualquier información que caracteriza a una situación relacionada con la interacción entre usuarios, aplicaciones y su entorno. Incluye la ubicación, personas cercanas, elementos ambientales que puedan distraer al usuario.
  - Conectividad: identificado por Longoria 2001, citado por (Zhang & Adipat, 2005) conexión inalámbrica lenta y poco confiable, con poco ancho de banda. Afecta en la descarga de datos.
  - Tamaño de la pantalla: es una limitación física de la pantalla.
  - Resolución: es menor que la del PC, degradando la calidad de las imágenes.
  - Capacidad de procesamiento limitada. Dependiendo de las necesidades de las aplicaciones, en algunos dispositivos pueden llegar a ser insuficientes.

Sin embargo, años después, aún con los avances en Hw y Sw, los dispositivos móviles inteligentes como iPhone, HTC Desire, Galaxy de Samsung, parecen haber eliminado las barreras de la usabilidad móvil con sus pantallas modernas de tamaño considerable, además de ser táctiles y el apoyo de banda ancha (3G y WiFi) pero Nielsen (Budiu & Nielsen, 2009) identificó que el uso del dispositivo móvil sigue presentando desafíos a los usuarios, detectando 4 problemas que los usuarios tienen con los dispositivos móviles:

- Pantallas pequeñas: característica propia del dispositivo que le permite ser fácilmente portable, sin embargo limita las opciones visibles a los usuarios exigiendo que estos tengan que confiar en su memoria a corto plazo para entender la información en el espacio haciendo la interacción mas difícil.
- Entrada incomoda o torpe: en especial para escribir ocupando tiempo en escribir y son más propensos a errores.
- Retraso de las descargas: aun con los servicios 3G tener acceso a una siguiente pantalla puede ser muy lento.
- Falta de diseño en los sitios: gran cantidad de sitios web están optimizados para su uso general en escritorio pero no necesariamente son buenos para un acceso móvil.

(Chittaro, 2010) llegó a una conclusión similar ya que la gente tiene la necesidad de realizar más actividades en sus dispositivos móviles, pero en ocasiones se enfrentan a las limitaciones de los dispositivos, como el Hw y Sw, pero encontró otro factor: el contexto.

## 1.4 Problemática Particular

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) es un organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, encargado de producir, integrar y dar a conocer la información estadística (de la población y la economía) y geográfica (abarca todos los aspectos que caracterizan el territorio de México). Es responsable de coordinar las actividades de otras dependencias del gobierno federal o de las entidades federativas que generan información estadística y geográfica, incluidas las del propio Instituto, de tal manera que se puedan reunir esfuerzos para formar una infraestructura de datos de México en el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

El 25 de enero de 1983 se creó, por decreto presidencial, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), que integró en su estructura a:

- La Dirección General de Estadística, en funciones desde 1882, cuando pertenecía a la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio.
- La Dirección General de Geografía, establecida en 1968 y que estaba adscrita a la Secretaría de la Presidencia.
- La Dirección General de Política Informática.
- La Dirección General de Integración y Análisis de la Información.

En el año 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el decreto por el cual se expide la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG) que establece la autonomía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con el fin de que sea el responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) el cual tiene por objetivo se suministre a la sociedad y al Estado de información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, que sirva para coadyuvar el desarrollo nacional bajo los principios de accesibilidad, transparencia, objetividad e independencia (SNIEG, 2008). Cada característica de la información está asociada a un principio rector, de los cuales se derivan objetivos específicos. En la Tabla 1, se lista la relación entre características, principios rectores y objetivos.

| Características  | Principios Rectores   | Objetivos  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Accesibilidad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Producir información</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pertinente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Transparencia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Difundir oportunamente la información a través de mecanismos que faciliten su consulta</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Veraz</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Independencia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Promover el conocimiento y uso de la información</li> </ul>                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Oportuna</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Objetividad</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conservar la información</li> </ul>   |

Tabla 1. Relación de características, principios rectores y objetivos del INEGI

El Instituto se encuentra estructurado en Subsistemas o Direcciones Generales, donde la Dirección General de Geografía tiene la misión de coordinar y armonizar la generación y administración de información de interés nacional de calidad acorde a la normatividad establecida por el SNIEG, conservar y promover su disponibilidad para brindar el Servicio Público de Información.

Para cumplir con los objetivos del SNIEG y la misión antes mencionada, la Dirección General de Geografía puso a disposición de los usuarios el Mapa Digital de México<sup>1</sup> (MDM5), ver Figura 5. Mapa Digital de México 5.0, versión escritorio, que es un sistema de información geográfico que combina los datos estadísticos con la información geográfica generados por el Instituto; en el cual se puede obtener información a base de consultas graficas, en las cuales dependiendo de las capas de información que estén visibles, se podrán hacer acercamientos y búsquedas adecuadas con una serie de herramientas que proporciona el sistema. La disponibilidad de temas de la información depende de la escala (1:250 000, 1:50 000, 1:20 000 y 1:10 000). Con esta plataforma se cumple el objetivo de brindar mecanismos en los cuales se facilite la consulta de información generada en el Instituto a través de la Web.



Figura 5. Mapa Digital de México 5.0, versión escritorio

1. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>

Algunas de las funciones o tareas que se pueden realizar en el MDM5 son:

- Visualizar información.
- Navegar en la información, con zoom, paneos, almacenar vistas,
- Seleccionar de información a desplegar, de los distintos grupos en que esta acomodada la información, por ejemplo datos de relieve, vías de comunicación, territorio insular, climas, geología, etc.
- Identificar o consultar información sobre un objeto seleccionado.
- Realizar búsquedas de información por temas, por ejemplo nombres de estados, localidades urbanas o rurales, nombres de ríos, topónimos, etc.
- Determinar aéreas de influencia o buffers (análisis espacial).
- Insertar marcas en el mapa para identificarlos como puntos de interés.
- Hacer mediciones de área o lineales.
- Imprimir el mapa en formato PDF.
- Realizar algunas configuraciones como visualizar leyenda, configuración de idioma, activar o desactivar ayuda rápida, etc.

Con el auge del uso de los dispositivos móviles y el consecuente incremento al acceso a la Web la dirección de Geografía del INEGI enfrenta el reto en la distribución de información a través de SmartPhones, PDAs y/o Tablets, para poder cumplir con los objetivos del LSNIEG.

#### **1.4.1 Mapa Digital de México**

Existe la interrogante en la Dirección de Geografía en relación a la necesidad de invertir recursos en el desarrollo de una versión del Mapa Digital de México que sea especialmente para uso en dispositivo móvil, ya que se desconoce el desempeño que tiene la versión actual al ser consultado desde un dispositivo móvil.

Esta interrogante no es algo único para la Dirección de Geografía, si no que es un problema de todas las empresas u organizaciones que tiene un sitio web completo, y que han detectado la necesidad de tener un sitio diseñado especialmente para el uso en dispositivos móviles, ya sea porque los usuarios del sitio lo solicitan o porque la organización dependen mucho de lo que sus clientes realicen en el y busquen facilitarles el realizar tareas.

(Budiu & Nielsen, 2009) comprobaron que el éxito del uso de los sitios diseñados para dispositivos móviles comparado con el uso de los “sitios completos” es mayor, ya que tienen un promedio de 64% de éxito en comparación con el 53% de los sitios completos, y el incrementar el desempeño en 1/5 es razón suficiente para crear sitios móviles optimizados.

El decidir el invertir o no en un sitio móvil no es una decisión tan sencilla, es necesario considerar factores como la existencia de diversos tipos de dispositivos móviles ya que para cada uno de ellos podría ser necesario tener ciertas consideraciones al momento de desarrollar el sitio. (Budiu & Nielsen, 2009) identificaron 3 tipos de dispositivos y además en su estudio calcularon la tasa de éxito de usar cada uno de ellos. Los clasificaron en “Touch phones” con una tasa de éxito del 75%, en Smartphones con una tasa de éxito del 55% y los “Feature phones” (celulares regulares) con un 38% de tasa de éxito.

También se debe de considerar si el desarrollo de un sitio web es lo que se necesita o es necesario desarrollar una aplicación. La diferencia entre ellas sería que para el caso de la aplicación surge otra interrogante en la que se considera el Sistema operativo que tiene el dispositivo, ya que están disponibles diferentes plataformas como Android, IOS, (el de blackberry), etc.

El INEGI busca ofrecer a los usuarios de información productos de calidad y no solo en los datos, sino en las formas en cómo éstos se distribuyen, como lo especifica en SNIEG en el artículo 4 (SNIEG, 2008). En el caso en específico del Mapa Digital de México la versión de escritorio ha llegado a posicionarse como una plataforma adecuada para realizar esta función, sin embargo no es una plataforma diseñada especialmente para dispositivo móvil, por lo que se desconoce el desempeño que pudiera tener en éste, pudiendo llegar a ofrecer un servicio no muy adecuado, ni con la calidad que busca el INEGI.

#### **1.4.2 Software de Calidad en el INEGI**

El término calidad definido por la (ISO 14598-1, 1999) es “el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades implícitas y explícitas”.

Existen diversas definiciones de calidad de software las cuales se encuentran en estándares o modelos de calidad que se han definido en la literatura de la ingeniería de software, por ejemplo la norma ISO 9126 o los modelos de calidad de McCall's, Boehm's, Dromey's, FURPS, entre otros.

EL Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) define la Calidad del Software como el grado en que un sistema, componente o proceso cumple con los requisitos especificados y las necesidades y expectativas del cliente (usuarios) (Al-Qutaish, 2010).

En cada uno de estos modelos están definidos las características o factores que deberían de tener los productos de software de calidad, por ejemplo funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad, escalabilidad,

La metodología que se aplica en el actual proceso de desarrollo de software en la Dirección de Geografía del INEGI busca en cada una de sus etapas (análisis, diseño, programación, pruebas, etc.) cuidar la calidad del software. Sin embargo se carece de alguna etapa donde se valide el factor de usabilidad.

No existe una definición universal para la usabilidad, se ha tratado de definir por diversos autores o estándares, considerando diferentes factores. La definición de la usabilidad según la norma ISO 9241-11, es la medida en que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un contexto de uso especificado en (ISO 9241-11, 1998). Según Nielsen la usabilidad es un atributo de calidad que evalúa lo fácil que son las interfaces de usuario de ser utilizadas o también se puede referir a los métodos para mejorar la usabilidad durante el proceso de diseño (Nielsen J. , 2012). Para Janice Redish and Joseph Dumas (1993) significa que las personas que utilizan el producto puedan hacerlo de forma rápida y fácil para llevar a cabo sus propias tareas.

A pesar de las múltiples de definiciones del término de usabilidad de por diferentes autores todas ellas coinciden de manera general que la usabilidad es que la gente pueda utilizar un artefacto de tecnología en particular con relativa facilidad a fin de lograr un objetivo concreto en un contexto de uso específico (Coursaris & Kim, 2011).

El interés por cuidar el factor de usabilidad en los sistemas desarrollados en INEGI, se justifica con los beneficios reportados de medirla en los sistemas de información, éstos pueden categorizarse desde el punto de vista de quién es el productor del Sw o desde el punto de vista de los usuarios finales, los beneficios como productores de Sw:

- Predecir, garantizar y mejorar la calidad del producto.
- Controlar y mejorar los procesos de desarrollo y costo, incrementando la productividad.
- Decidir sobre la aceptación de un producto de software.
- Incrementa las ventas del producto, al seleccionar un producto de entre productos alternativos.

Desde el punto de vista de los usuarios las ventajas de medir la usabilidad en los productos de Sw reportadas son:

- Aumenta la satisfacción, disminuye la frustración del y disfruta de interactuar con el producto por parte del usuario (cliente).
- El usuario alcanza sus metas de manera eficaz y eficiente.
- El tiempo invertido en capacitación es menor, ya que es más fácil de utilizar el producto.

La versión bajo estudio en la presente tesis del “Mapa Digital de México” busca ofrecer la mejor experiencia de uso y satisfacción a los usuarios, por lo cual nace la interrogante de saber si esta versión es suficiente o es necesario el desarrollo de una particular para dispositivos móviles, buscando siempre que el producto final sea un Software de Calidad al término del proceso de desarrollo de software.

En la Dirección de Geografía del INEGI no se cuenta con la experiencia en realizar pruebas o aplicar metodologías para medir la usabilidad, ya sea en sistemas de información o en específico en sistemas de información geográficos. Sin embargo, se busca realizar las pruebas en el menor tiempo posible y encontrar la mayor cantidad de deficiencias en la aplicación.

## 1.5 Objetivos y preguntas de la Investigación

### Objetivo general

Medir la calidad de la interfaz de usuario de escritorio de una aplicación de consulta de información geográfica mediante métodos de medición de la usabilidad diferentes y evaluar su efectividad en entornos para dispositivos móviles.

### Objetivos específicos

- Realizar una medición de usabilidad para la aplicación de consulta de información geográfica denominada “Mapa Digital de México” utilizando tanto técnicas de obtención de métricas, como de registro de protocolos verbales.
- Realizar una comparación de la pertinencia y utilidad de los datos obtenidos mediante ambos métodos de medición (métricas de usabilidad y protocolos verbales) y reportar las ventajas y desventajas operativas de las metodologías de medición de la usabilidad aplicadas.
- Proponer mejoras específicas a la interfaz de usuario de la aplicación evaluada.

### Preguntas

¿Qué métodos de medición de la usabilidad aportan información más relevante sobre la calidad de la interfaz de usuario de una aplicación de consulta de información geográfica?

¿La interfaz de usuario de una aplicación geográfica debe rediseñarse para entornos móviles?

¿Cuál es la dificultad operativa tanto de los métodos de obtención métricas de usabilidad, como los de registro de protocolos verbales?

## Capítulo 2. Marco Teórico



## 2.1. Dispositivos Móviles

Para definir qué es un dispositivo móvil se retoma la definición propuesta por (Rodrigues, Oliveira, & Vaidya, 2010) que dice que son dispositivos portátiles o de mano, son pequeños y ligeros, pueden caber en un bolsillo, como los teléfonos móviles o los PDAS.

(Budiú & Nielsen, 2009) ha clasificado los dispositivos móviles en base a la experiencia del usuario, siendo el tamaño de la pantalla la característica que hace la diferencia. Los tipos que identificó son:

- Teléfonos de funciones (convencionales): con pequeñas pantallas y teclado numérico, representando la mayoría de los disponibles en el mercado.
- Teléfonos inteligentes (Smartphones): la pantalla es de tamaño medio y teclado completo de la A-Z.
- Teléfonos con pantalla táctil (Touch screen): el tamaño de la pantalla es casi como del tamaño del dispositivo, y una interfaz gráfica manipulada directamente con gestos táctiles.

Para este estudio se consideran como dispositivos móviles a todos los “Smartphones” o “Tablets”. (Figura 6)



Figura 6. Dispositivos móviles

## 2.2 Disciplinas del Área Computacional que estudian la usabilidad

La Interacción Hombre-Máquina (HCI, Human Computer Interaction) es un área de investigación y práctica que nació a inicios de los años 80 como un área de especialidad de las ciencias computacionales (Myers, 1998).

El interés en el tema de interacción Hombre-Máquina se incrementó con la difusión del uso de la computadora personal. Es una disciplina que estudia el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y además estudia los fenómenos más importantes que rodean esta interacción (Hewett, y otros, 2012). (Figura 7).



Figura 7. Interacción Hombre-Máquina

En los últimos 10 años se han desarrollado y publicado diversas normas internacionales para HCI, que buscan apoyar el diseño centrado en el usuario y el desarrollo de interfaces fáciles de usar.

La ingeniería de software es una disciplina cuya meta es el desarrollo costeable de sistemas de software, relacionándose con los problemas prácticos que se encuentran en el proceso de producir software (Sommerville, 2005).

La relación que existió entre la ingeniería de software y la usabilidad, es que (Checkland, 1981) citado por (Sommerville, 2005) diferenció entre las propiedades

emergentes funcionales y las no funcionales, las cuales se refieren al comportamiento de los sistemas en su entorno, por ejemplo: volumen, fiabilidad, protección, reparabilidad, usabilidad y mantenibilidad.

### **2.3 Origen del término de usabilidad**

La usabilidad es un término del cual se empezó a escribir en los 80 enfocado a productos tangibles siendo el primer trabajo que habla del tema de usabilidad el de John Whiteside y John Bennett, los cuales publicaron capítulos y artículos sobre el tema de “usability engineering” donde proponían un nuevo enfoque para el diseño y evaluación del producto agregando al proceso de producción el establecimiento de metas, uso de prototipos y la evaluación iterativa (Dumas, 2007).

Los trabajos que se han realizado con respecto a la usabilidad, en los años posteriores al origen del término incluyen desde definir la usabilidad, modificar metodologías existentes, el desarrollo de nuevas metodologías, estudios de costo/beneficio de la usabilidad, comparación entre metodologías, desarrollo de herramientas para medir la usabilidad.

Sin embargo, con toda esta experiencia acumulada por el paso de los años no se tiene una definición de usabilidad, que sea universal, diferentes autores e incluso estándares internacionales han tratado de definirla.

Lo que es un hecho innegable es que la usabilidad es reconocida como una característica, factor o atributo de calidad del Sw. El término calidad ha sido definido por la ISO 8402 como la totalidad de las características de una entidad que le confieren aptitud para satisfacer necesidades implícitas e explícitas (Bevan, 1995).

La usabilidad está presente en diversos modelos de calidad de Sw entendiendo por modelo de calidad como el conjunto de características y las relaciones entre ellas, que explica la relación entre los factores de calidad y sub-factores (Jeong & Hong, 2012). Para M.Azuma citado por (Zeman, Tanuska, & Kebisek, 2009) define modelo de calidad como el conjunto de características y las relaciones entre ellos que proporcionan la base para la especificación de requisitos de calidad y evaluación de la calidad.

En la Tabla 2. Modelos de Calidad de Software se listan modelos de calidad en los cuales la usabilidad está presente como factor, en el anexo A se da detalle de las características o factores de calidad en cada modelo de calidad de Sw identificados (Al-Qutaish, 2010).

| Modelo                 | Descripción del modelo   |
|------------------------|--|
| McCalls' Quality Model | Modelo FCM (Factores, criterios, métricas). Dividido en 3 perspectivas principales, compuestas de 11 factores de calidad que describen la vista externa (como es visto por los usuarios), 25 criterios de calidad que describe la vista interna del software (según el desarrollador) y 41 métricas de calidad usadas como método para medir. <i>En este modelo, los factores de calidad son construcciones hipotéticas que corresponden a la vista externa del sistema según la percepción de sus usuarios.</i> |
| Boehm's Quality Model  | Divido en tres niveles, alto con 3 características, intermedio 7 características, 15 características primitivas, de las cuales son la base para definir métricas de calidad.   |
| Dromey's Quality Model | Consiste en 4 propiedades de software y para cada propiedad existen atributos de calidad, 13 atributos.  |
| FURPS Quality Model    | Extensión del modelo IBM Rational Software, Consiste en 5 características  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <p>ISO 9126 Quality Model</p> | <p>Mencionan las características de calidad para la evaluación de software, estándar llamado <i>Evaluación del Producto de Software – características de calidad y las directrices para su uso</i>. De 2001 al 2004 el ISO ha publicado y extendido la versión, conteniendo el modelo de calidad y medidas propuestas para el modelo. La versión actual consiste en el ISO y 3 reportes técnicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ISO IS 9126-1: Quality Model [ISO, 2001].</li> <li>2. ISO TR 9126-2: External Metrics [ISO, 2003].</li> <li>3. ISO TR 9126-3: Internal Metrics [ISO, 2003].</li> <li>4. ISO TR 9126-4: Quality in Use Metrics [ISO, 2004].</li> </ol> <p>El primer documento contiene 2 partes: Modelo de cualidades internas y externas y modelo de la calidad en uso. La primera parte son seis características que están subdivididas en 27 sub-características para la calidad interna y externa.</p> |
|-------------------------------|---|

Tabla 2. Modelos de Calidad de Software

La calidad es un concepto de múltiples dimensiones que incluyen diversas características o subcaracterísticas que deben de tener el Sw dependiendo del modelo son los factores o características identificadas, por ejemplo la norma (ISO 9126-1, 2000) distingue la calidad en interna y externa, la interna se refiere a las propiedades de la parte no ejecutable de un producto de Sw durante su desarrollo y las métricas de calidad se refieren a la calidad de los resultados intermedios como el código fuente de una versión prototipo

La calidad externa se refiere al comportamiento del sistema informático, las métricas de calidad externa solo pueden obtenerse mediante la ejecución del producto de software en el entorno de sistema al que se destina el producto (Figura 8).



Figura 8. Factores de calidad del ISO 9126

## 2.4 Definición de usabilidad y sus factores.

La usabilidad ha sido un término básico de la Interacción persona-computadora (HCI). Diferentes definiciones de usabilidad se encuentran en la literatura como Shackel, 1991 citado por (Hornbeak, 2005) define la usabilidad como la capacidad de ser utilizado por los seres humanos con facilidad y eficiencia. Además considera que la usabilidad tiene dos puntos de vista: en el primero la usabilidad es una propiedad relativa del sistema en relación con los usuarios, por lo que la evaluación depende del contexto afectando la percepción subjetiva del producto. Por otro lado considera la usabilidad como medidas objetivas de la interacción.

(Folmer & Bosch, 2004). Identificaron los cuatro criterios o dimensiones para la usabilidad definidos por Shackel, ver (Figura 9):

- Eficacia: el rendimiento en la realización de las tareas
- Facilidad de aprendizaje: grado de aprendizaje para realizar las tareas
- Flexibilidad: adaptación a la variación en la tarea
- Actitud: la satisfacción del usuario con el sistema



Figura 9. Factores de usabilidad Shackel

(Nielsen J. , Usability Engineering, 1993) consideró la usabilidad como un aspecto que tiene influencia sobre la aceptación del producto por tanto partió de la aceptabilidad identificándola en práctica y social, definiendo la usabilidad como la habilidad de ayudar al usuario a realizar una serie de tareas para que el sistema llegue a alcanzar la utilidad. Identificó 5 factores para la usabilidad (Figura 10):

- Facilidad de aprendizaje: los sistemas deben ser fáciles de aprender, los usuarios pueden rápidamente comenzar a realizar tareas con el sistema.

- Eficiencia: los sistemas deben ser eficientes para su uso, cuando un usuario ha aprendido por completo el sistema, la productividad será posible en un nivel alto.
- Memorabilidad: el sistema debe ser fácil de recordar, por ejemplo los usuarios ocasionales deben ser capaces de volver a utilizar el sistema después de un período de no utilizarlo, sin tener que aprender todo de nuevo.
- Errores: el sistema debe tener una baja tasa de error, el sistema debe permitir a los usuarios pocos errores durante el uso, de los cuales se puedan recuperar fácilmente. No se deben producir errores catastróficos.
- Satisfacción: el sistema debe ser agradable de usar, los usuarios deben estar satisfechos cuando lo estén utilizando.

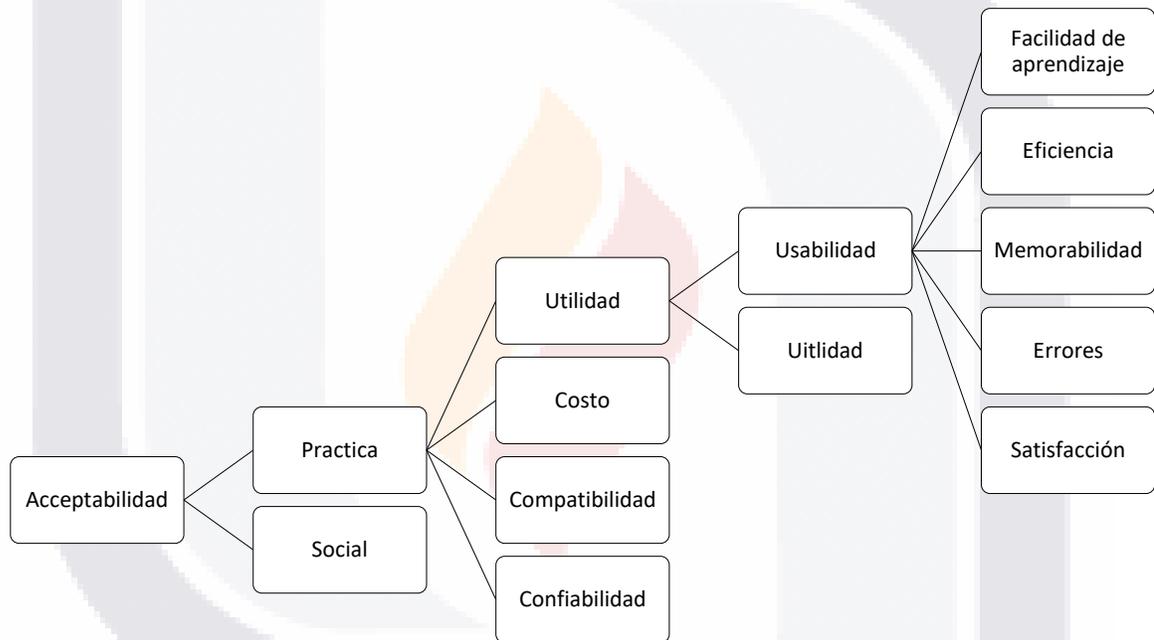


Figura 10. Factores de usabilidad Nielsen

Según ISO 9241-11 (ISO 9241-11, 1998) estándar orientado a la ergonomía, define la usabilidad como en la medida en que un producto puede ser utilizado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con eficacia; el grado en el cual los objetivos de uso se logran, eficiencia; los recursos que tienen que ser gastados para alcanzar los objetivos, y satisfacción; la medida en que el usuario encuentra el uso del producto aceptable en un contexto de uso especificado (Fallman, 2009). De acuerdo con la ISO 9241-11 los atributos de usabilidad son (Figura 11):

- La eficacia: la exactitud e integridad con la que el usuario alcanza los objetivos especificados.
- Eficiencia: los recursos invertidos en relación con la exactitud e integridad con la que los usuarios alcanzar los objetivos.
- Satisfacción: la comodidad y la aceptabilidad de su uso.

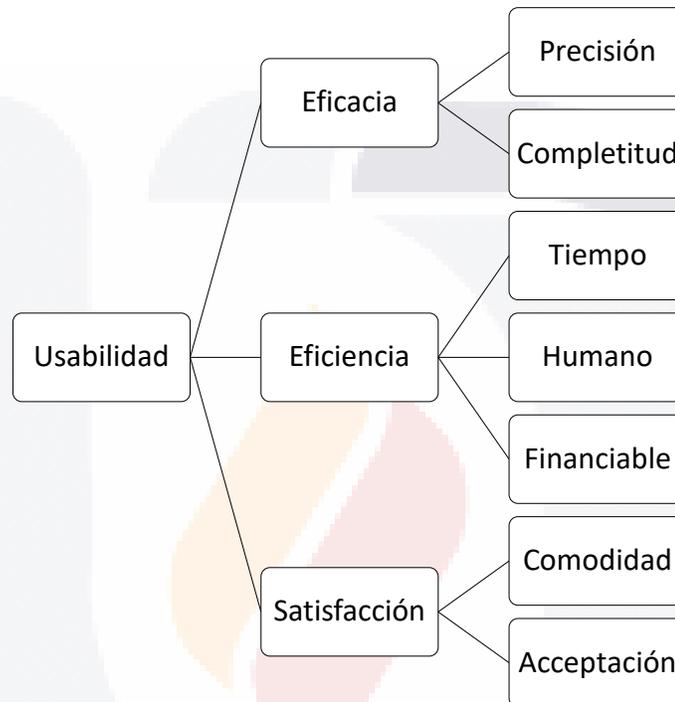


Figura 11. Factores de Usabilidad ISO 9241-11

La ISO 9126 distingue las características o factores de calidad para la evaluación del Sw, llamado estándar para Evaluación de Software, en él la usabilidad está relacionada con el diseño de la interfaz, define la usabilidad como un conjunto de atributos del Sw que tienen que ver con el esfuerzo necesario para el uso y en la evaluación del uso por un conjunto de usuarios.

En 2001, se actualizó la versión ISO IS 9126-1. En el cual la usabilidad juega dos roles, uno orientado al producto, en el que la usabilidad es parte de las actividades del diseño del Sw, es un componente del Sw y el otro orientado al proceso donde la usabilidad es un objetivo de diseño, el Sw debe conocer las necesidades de los usuarios. Además se define el término de “calidad en uso”, que es resultado de la combinación de los seis factores de calidad del Sw cuando el producto es usado. Calidad en uso es definida como: la capacidad del producto de Sw de permitir a usuarios en específico alcanzar los

objetivos especificados con eficiencia, eficacia, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto de uso específico. Y la usabilidad es definida como la capacidad del producto de Sw en ser entendido, aprendido, usado y atractivo por el usuario, bajo condiciones específicas. El ISO 9126-1 Identifica para la usabilidad los factores de (Figura 12):

- Comprensibilidad: la capacidad del producto de software que habilita al usuario a entender si el software es adecuado y cómo se puede utilizar para determinadas tareas y condiciones de uso.
- Facilidad de aprendizaje: la capacidad del producto de software que habilita al usuario a aprender su aplicación.
- Operabilidad: la capacidad del producto software para permitir al usuario operar un control de ella.
- Atractivo: la capacidad del producto de software para ser atractivo para el usuario. Por ejemplo, el uso de la naturaleza del color de diseño gráfico

La IEEE Std.610.12 la define la facilidad con la cual un usuario puede aprender a operar, preparar contribuciones e interpretar los resultados de un sistema o componente (Seffah & Metzker, On Usability and Usability Engineering, 2009) .

La definición de la usabilidad ha ido evolucionando (Nigel Bevan, 2001) ha identificado en el ISO 9126, 4 contextos o categorías (Figura 13) en las cuales se puede agrupar las definiciones de usabilidad de diversos estándares. La primer categoría asocia aquellos que hablan del uso del producto (eficiencia, eficacia y satisfacción en un contexto particular), la segunda categoría agrupa a los que tiene que ver con la interfaz de usuario y la interacción, la tercera categoría agrupa el

proceso utilizado para elaborar el producto y la



Figura 12. Factores de usabilidad de ISO 9126-1

última categoría la capacidad de una organización para aplicar el diseño centrado en el usuario.

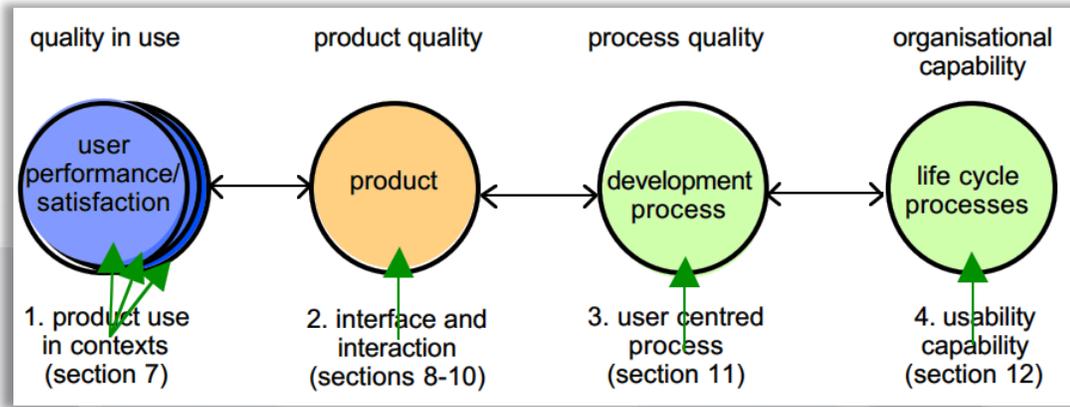


Figura 13. Contextos o categorías de la usabilidad por Beaven

(Abran, Khelifi, Suryan, & Seffah, 2003) hicieron uso de las categorías propuestas por Beaven identificando que estándares ISO contribuyen con la usabilidad y los ubicó en cada una de las categorías como se observa en la Figura 14.

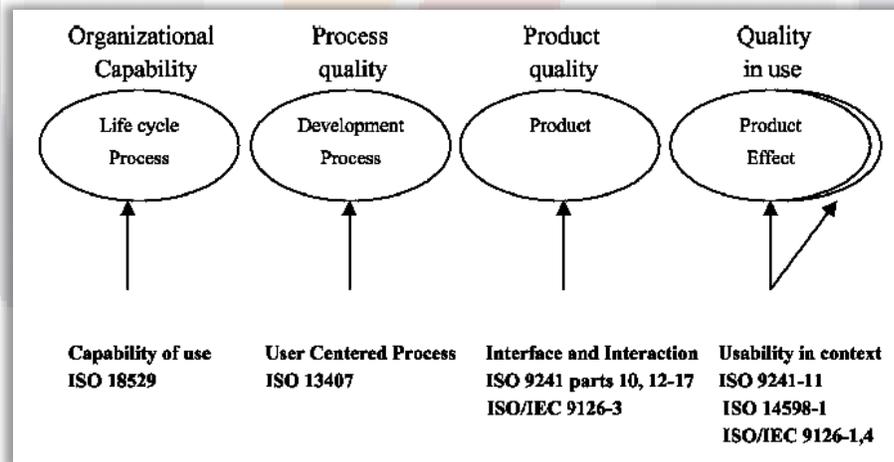


Figura 14. Modelos ISO identificados en categorías de usabilidad

Beaven identificó la calidad en el uso como el grado en que un producto satisface las necesidades de todo aquello implicado cuando se utiliza conforme a condiciones establecidas, también la usabilidad puede ser (Bevan, Measuring usability as quality of use, 1995) vista desde un punto en que la calidad del producto son aquellas características con las cuales un producto puede ser diseñado y después ser evaluado

para asegurar la calidad, por ejemplo la norma ISO 9126. La diferencia entre usabilidad y calidad en el uso es una cuestión de contexto, cuando se evalúa la usabilidad la atención se centra en la mejora de la interfaz de usuario, mientras que el contexto es tratado como un hecho, significa que el nivel de utilidad alcanzado dependerá de las circunstancias específicas en las que se utiliza el producto.

Durante años para HCI la usabilidad fue definida y aceptada por la definición del principio de las cinco E's de de la usabilidad de Nielsen que dice que los sistemas interactivos deben ser diseñados para ser eficaces, eficientes, atractivos, tolerantes al error y fácil de aprender. Sin embargo los investigadores están cada vez más interesados en las experiencias de usuarios, como la comprensión y el diseño de las relaciones entre los usuarios y los artefactos, que sea atractivo, divertido, jugable, alegre, creativo, significativo, emocionante, ambigua y curiosos (Fallman, 2009)

De manera general la usabilidad es definida como un conjunto de atributos relacionados con el esfuerzo necesario para el uso del software, y para la valoración individual de tal uso, por un conjunto de usuarios.

### **2.4.1 Métricas de la usabilidad**

Las pruebas de usabilidad son un método de evaluación utilizado para medir qué tan bien los usuarios pueden utilizar un sistema de software específico. Por medio de la medición se puede crear una descripción cuantitativa que permita la comprensión de un comportamiento, permitiendo la selección de herramientas y técnicas para controlar y mejorar procesos, productos y servicios (Gafni, 2009).

Definir los factores y sub-factores para la usabilidad, no es suficiente para realizar las pruebas de evaluación de la usabilidad, por lo que es necesario identificar para cada factor métricas, es decir una medida de alcance o grado en que un producto posee y demuestra una cierta característica o factor de calidad según Boehm 1978 citado por (Al-Qutaish, 2010).

Los atributos de usabilidad son las características que se utilizan para medir la calidad de las aplicaciones.

Según el estándar 1061 de la IEEE se define un atributo como una medida física o abstracta medible de una entidad. Una métrica es una función de medición, y una métrica de calidad de software es una función cuyas entradas son datos de software y cuya salida es un valor numérico que puede ser interpretado como el grado en el que el software posee un atributo que afecta su calidad (Kaner & Bond, 2004).

Al igual que la definición de la usabilidad, no existe un solo conjunto de factores o métricas diversos autores y estándares han tratado de definir los factores y métricas para las pruebas de evaluación de usabilidad.

La ISO/IEC 9126–1 descompone la usabilidad en 5 factores: comprensibilidad, facilidad de aprendizaje, operabilidad, atractivo y usabilidad. (Seffah, Donyaee, & Padda, Usability measurement and metrics: A consolidated model, Journal Software Quality Control) identificaron para cada una de los factores las siguientes métricas:

| <b>Métricas de comprensibilidad</b> |  |
|-------------------------------------|--|
| Nombre de la métrica                | Propósito de la métrica  |
| Compleitud de la descripción        | ¿Qué proporción de la función (o tipos de función) son descritos en la descripción del producto? |
| Capacidad de demostración           | ¿Qué proporción de las funciones que requieren demostración tienen capacidades de demostración?  |
| Funciones evidentes                 | ¿Qué proporción de las funciones del producto son evidentes para el usuario?                     |
| Función de comprensibilidad         | ¿Qué proporción de las funciones del producto el usuario será capaz de comprender correctamente? |

Tabla 3. Métricas de comprensibilidad ISO/IEC 9126-1

| <b>Métricas de aprendizaje</b>                                 |   |
|--|---|
| Nombre de la métrica   | Propósito de las métricas   |
| Compleitud de la documentación del usuario y/o centro de ayuda | ¿Qué proporción de las funciones son descritas en la documentación del usuario y/o centro de ayuda? |

Tabla 4. Métricas de comprensibilidad ISO/IEC 9126-1

| <b>Métricas de operabilidad</b>                      |   |
|--|---|
| Nombre de la métrica                                 | Propósito de las métricas   |
| Comprobación de validez de la entrada                | ¿Qué proporción de los elementos de entrada proporcionan comprobación de la validez de los datos?                       |
| Capacidad de cancelación de la operación del usuario | ¿Qué proporción de las funciones pueden ser canceladas antes de completarse?  |
| Capacidad de deshacer la operación del usuario       | ¿Qué proporción de las funciones pueden ser deshechas?  |
| Capacidad de personalización                         | ¿Qué proporción de las funciones puede ser personalizada durante la operación?  |
| Accesibilidad física                                 | ¿Qué proporción de las funciones puede ser personalizada para el acceso de los usuarios con discapacidades físicas?     |
| Capacidad de monitoreo del estado de la operación    | ¿Qué proporción de las funciones tiene capacidad de monitoreo del estado de las operaciones?                            |
| Consistencia operacional                             | ¿Qué proporción de las operaciones se comportan de la misma forma en operaciones similares en otras partes del sistema? |
| Claridad de los mensajes                             | ¿Qué proporción de los mensajes se explican por sí mismos?  |
| Claridad de los elementos de la interfaz             | ¿Qué proporción de los elementos de la interfaz se explican por sí mismos?  |
| Capacidad de recuperación de un error operacional    | ¿Qué proporción de las funciones puede tolerar errores del usuario?   |

Tabla 5. Métricas de operabilidad ISO/IEC 9126-1

| <b>Métricas de atractivo</b>   |   |
|--|---|
| Nombre de la métrica   | Propósito de las métricas   |
| Interacción atractiva  | ¿Qué tan atractiva es la interfaz para el usuario?  |
| Capacidad de personalización de la apariencia de la interfaz del usuario | ¿Qué proporción de los elementos de la interfaz del usuario pueden ser personalizados en su apariencia? |

Tabla 6. Métricas de atractivo ISO/IEC 9126-1

| <b>Métricas del cumplimiento de la usabilidad</b> |           |
|---|-----------|
| Nombre de la métrica                              | Propósito |
|   |           |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Cumplimiento de la usabilidad | ¿Qué tanto cumple el producto con las regulaciones aplicables, estándares y convenciones para la usabilidad? |
|-------------------------------|--|

Tabla 7. Métricas de cumplimiento ISO/IEC 9126-1

La ISO 9241 identifica 3 factores: eficiencia, eficacia y satisfacción (Abran y otros, 2003) y para cada una de ellas se identifican la siguiente tabla las métricas sugeridas (ISO 9241-11, 1998):

| Objetivo de la usabilidad | Medidas de efectividad                                       | Medidas de eficiencia  | Medidas de satisfacción                      |
|---------------------------|--|--|--|
| Usabilidad general        | Porcentaje de metas alcanzadas.                              | Tiempo para completar una tarea.<br>Tareas completadas por unidad de tiempo. | Escala de calificación para la satisfacción. |
|                           | Porcentaje de usuarios que completaron exitosamente la tarea | Costos monetarios al realizar la tarea.                                      | Frecuencia de uso discrecional.              |
|                           | Precisión promedio de tareas completadas.                    |  | Frecuencia de las quejas.                    |

Tabla 8. Factores y Métricas de usabilidad 9241

## 2.4.2 Marcos de trabajo para la usabilidad

Existen diversos marcos de trabajo que han buscado facilitar la evaluación de la usabilidad los cuales han tratado de definir los pasos para realizar la prueba, los factores que deberían tomarse en cuenta, las métricas, número de usuarios, métodos de análisis y recolección de datos, preparación de materiales para la prueba, etc. A continuación se listan algunos de los marcos de trabajo identificados en la literatura.

### **MUSIC (Metrics for Usability Standards in Computing)**

Las métricas para las normas de usabilidad en Informática (Bevan & Macleod, 1994) es un marco de trabajo que definen las métricas de la usabilidad del software, muchas de las cuales fueron integradas de la norma ISO 9241. Proporciona un método confiable y válido para la especificación y medición de la usabilidad además de dar información

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sobre el diagnóstico, incluye herramientas y técnicas para medir el rendimiento del usuario y la satisfacción. Ejemplos de métricas de usabilidad incluidas en este marco: medidas del desempeño de los usuarios tales como la efectividad de la tarea, la eficiencia temporal y la longitud o la proporción de período productivo. Sin embargo en este modelo no se pueden reflejar medidas como la satisfacción de los usuarios o de facilidad de aprendizaje. Para el marco MUSIC se desarrolló un Inventario de Métricas de Usabilidad de Software (SUMI) para proporcionar medidas de satisfacción de las cinco áreas más específicas de usabilidad incluyendo la eficacia, eficiencia, amigable, el control y facilidad de aprendizaje.

**DRUM (The Diagnostic Recorder for Usability Measurement)** Grabador de Diagnóstico para la Medición de la Usabilidad identificado en (Seffah et al., 2006) es una herramienta de software para el análisis de las evaluaciones basadas en el usuario y entregadas al ingeniero de usabilidad. Se puede utilizar en tiempo real para recoger y almacenar los datos de evaluación de usabilidad, y marcar los evaluadores definidos por los incidentes críticos para la evaluación de diagnóstico.

Realiza diferentes cálculos basados en el desempeño de métricas de usabilidad entre ellos:

1. Tiempo de la tarea: o tiempo total requerido para cada tarea en estudio.
2. Capturar ayuda y tiempos de búsqueda: se refiere a la cantidad de tiempo que dedican los usuarios a hacer frente a problemas tales como la búsqueda de ayuda.
3. Eficacia: métrica derivada de las medidas de la cantidad y la calidad de la salida de la tarea y medidas de éxito de los usuarios referentes al logro de sus objetivos cuando se trabaja con el sistema.
4. Eficiencia: eficacia en el tiempo de trabajo mide la tasa de salida de la tarea.
5. Eficiencia Relativa: indica cuán eficientemente una tarea es realizada por un usuario en comparación con un usuario experto en el mismo sistema o con la misma tarea en otro sistema
6. Periodo productivo: proporción del tiempo de trabajo que no se gasta en la ayuda o la búsqueda (es decir, la cantidad relativa de tiempo de trabajo productivo).

## **QUIM (Quality in Use Integrated Measurement)**

Calidad en el uso integrado de la usabilidad identificado en (Seffah et al., 2006), está basado en el estándar IEEE 1061 describe los métodos para el establecimiento de los requisitos de calidad, identificación, implementación, análisis y validación de los procesos y los indicadores de calidad en el producto. QUIM se descompone en factores de uso, criterios y métricas, consta de dos niveles explícitos: datos y métodos de recopilación de datos. Son 10 factores de usabilidad en QUIM:

1. La eficiencia: la capacidad del producto de software para permitir a los usuarios utilizar cantidades apropiadas de recursos en relación con la efectividad alcanzada en un contexto de uso especificado.
2. La eficacia: la capacidad del producto de software para permitir a los usuarios realizar tareas específicas con exactitud e integridad.
3. La productividad: es el nivel de eficacia alcanzado en relación con los recursos (es decir, el tiempo para completar las tareas, los esfuerzos de los usuarios, los materiales o el costo de uso) consumidos por los usuarios y el sistema. Las acciones de los usuarios de tareas productivas son aquellas que contribuyen a la salida de la tarea, por lo tanto, toma en cuenta los recursos productivos que se gastan en el cumplimiento de las tareas de los usuarios.
4. Satisfacción: que se refiere a las respuestas subjetivas de los usuarios acerca de sus sentimientos cuando se utiliza el software (es decir, ¿es el usuario satisfecho?). Las respuestas de los usuarios son generalmente recolectados a través de cuestionario como el SUMI.
5. Facilidad de aprendizaje: facilidad con que las características requeridas para alcanzar los objetivos particulares se puede dominar. Es la capacidad del producto de software para permitir a los usuarios sentir que pueden usar productivamente el producto de software de inmediato y rápidamente aprender otras nuevas funcionalidades (para ellos).
6. Seguridad: se refiere a si un producto de software limita el riesgo de daños a las personas u otros recursos, como el hardware o la información almacenada. Consideran la seguridad como lo indica la norma ISO / IEC 9126 - Norma 4 (2001) la seguridad operacional y la seguridad de contingencia. La seguridad operacional se refiere a la capacidad del producto de software para satisfacer

las necesidades de los usuarios durante la operación normal, sin perjuicio de otros recursos y el medio ambiente. La seguridad para contingencias se refiere a la capacidad del producto de software para operar fuera de su funcionamiento normal, pero todavía la prevención de riesgos.

7. Fidelidad: la fidelidad de un producto de software ofrece a sus usuarios.
8. Accesibilidad: es la capacidad de un producto de software para ser utilizado por personas con algún tipo de discapacidad (por ejemplo, visual, auditiva, psicomotora).
9. La universalidad: se refiere a si un producto de software se adapta a una diversidad de usuarios con diferentes orígenes culturales.
10. Utilidad: capacidad de un producto de software para permitir a los usuarios resolver problemas reales de una manera aceptable, implica que un producto de software tiene utilidad práctica, que en parte refleja hasta qué punto el producto es compatible con las tareas del usuario.

Los criterios de usabilidad en el modelo QUIM:

- Capacidad de comportamiento: se refiere al tiempo consumido que es apropiado para realizar su función La utilización de recursos de capacidad de consumir cantidades y tipos apropiados de los recursos cuando el software lleva a cabo su función (ISO / IEC 9126-1 de 2001)
- Capacidad de atracción de un producto software para ser atractivo para el usuario (por ejemplo, a través del uso del color o el diseño gráfico; ISO / IEC 9126-1 de 2001) Simpatía de usuario de las percepciones, sentimientos y opiniones sobre el producto (Rubin, 1994)
- Flexibilidad. Capacidad de la interfaz de usuario del producto de software a adaptarse para satisfacer las preferencias personales de los usuarios, capacidad de acción mínima del producto de software para ayudar a los usuarios a lograr sus tareas en un número mínimo de pasos
- La carga de memoria mínima. Si un usuario está obligado a mantener la cantidad mínima de información en la mente a fin de lograr una tarea específica (Lin et al., 1997)
- Operatividad: cantidad de esfuerzo necesario para operar y controlar un producto de software.

- Guía para el usuario: la interfaz de usuario proporciona ayuda sensible al contexto y la retroalimentación significativa cuando se producen errores
- Consistencia: grado de uniformidad entre los elementos de la interfaz de usuario y metáforas significativas para los usuarios de capacidad auto-descriptiva, permitiendo al producto de software transmitir su propósito y dar asistencia a los usuarios para un claro funcionamiento
- Comentarios de respuesta del producto de software para las entradas del usuario o eventos de una manera significativa: Capacidad de precisión para obtener resultados correctos o efectos (ISO / IEC 9126 - 1, 2001)
- Integridad. Si un usuario puede completar una tarea de error especificado capacidad de tolerancia del producto de software para mantener un nivel específico de actuación en casos de fallos de software o de la vulneración de su interfaz especificada (ISO / IEC 9126-1 de 2001)
- Recursos de seguridad. Si los recursos (incluyendo a las personas) son manejados adecuadamente sin ningún riesgo para la mejora la lectura con la que el contenido visual (por ejemplo, cuadros de diálogo de texto) se puede entender
- Controlabilidad. Ya sea que los usuarios sienten que tienen el control del producto de software
- Navegabilidad. Ya sea que los usuarios pueden desplazarse por la aplicación de una manera eficiente
- Simplicidad. Los elementos extraños son eliminados de la interfaz de usuario sin pérdida de información significativa
- Privacidad. Si la información personal de los usuarios está debidamente protegida
- Capacidad de seguridad del producto de software para proteger información y datos para que personas no autorizadas o sistemas que no pueden leer o modificarlos y personas o sistemas autorizados no se les niegue el acceso (ISO / IEC 12207, 1995)
- Seguro de Responsabilidad de los proveedores de software del producto en caso de uso fraudulento de la información personal de los usuarios.
- La familiaridad. La interfaz de usuario ofrece elementos reconocibles y las interacciones que se pueden entender por el usuario

- Tiempo de carga. tiempo requerido para que una página Web cargue, la rapidez con que responde a los usuarios.
- Adecuación. Si las metáforas visuales en la interfaz de usuario son significativas.

Son 127 métricas de usabilidad consideradas en el modelo de QUIM, algunos se definen en términos de una fórmula y otros son datos contables.

**SUMI Software (Usability Measurement Inventory)**

Inventario de usabilidad de Medición (Kirakowski & Corbett, 1993) es un método basado en un cuestionario que busca ser la solución al problema de la medición de la percepción del usuario de la usabilidad del software proporcionando un método válido y fiable para la comparación de productos y versiones diferentes del mismo producto, así como proporcionar información de diagnóstico para futuros desarrollos.

Consiste en un cuestionario de 50 preguntas con las opciones de: "acuerdo", "indecisos" o "en desacuerdo". El siguiente ejemplo muestra el tipo de preguntas que se plantean:

- Este software responde con demasiada lentitud a los insumos.
- Yo recomendaría este programa a mis colegas.
- Las instrucciones y mensajes son útiles.
- A veces me pregunto si estoy usando el comando correcto.
- Trabajar con este software es satisfactorio
- La forma en que la información del sistema se presenta es clara y comprensible.
- Creo que este software es compatible.

Da una cifra global de la facilidad de uso y las lecturas adicionales en cinco sub-escalas:

- Eficiencia: grado en que el usuario puede alcanzar los objetivos de su interacción con el producto de una manera directa y oportuna.
- Afectar: cuánto del producto capta las respuestas emocionales de los usuarios.
- Utilidad: medida en que el producto parece ayudar al usuario.
- Control: grado en que el usuario siente que él, y no el producto, está marcando el paso.

- Facilidad de aprendizaje: la facilidad con la que un usuario puede empezar y aprender las nuevas características del producto.

### **2.4.3 Factores y Métricas de usabilidad en dispositivos móviles**

Existen diferencias entre las métricas utilizadas para medir la usabilidad en aplicaciones de escritorio y en aplicaciones móviles, sin embargo éstas no son aplicables a los dispositivos móviles por las restricciones que presentan, como es el caso del ambiente en el que se usan. En los primeros estudios realizados en los dispositivos móviles se hizo uso de los atributos de usabilidad definidos para aplicaciones de escritorio, no obstante algunos autores han propuesto métricas para usabilidad móvil tomando como base las ya existentes y modificándolas tratando de adaptarlas, por ejemplo al contexto.

(Zhang & Adipat, 2005) identificaron 9 factores o atributos de usabilidad genéricos, presente en diversos estudios:

1. Facilidad de aprendizaje: se centra en la facilidad con la que los usuarios puedan finalizar una tarea la primera vez que utiliza una aplicación y con qué rapidez pueden mejorar sus niveles de rendimiento (es decir, la facilidad de uso).
2. Eficiencia: se define como la rapidez con la que los usuarios pueden realizar una tarea durante el uso de una aplicación. La diferencia entre la eficiencia y la facilidad de aprendizaje es que antes de medir la eficiencia, los usuarios deben haber tenido ya alguna experiencia en el uso de una aplicación.
3. Recordación: se refiere al nivel de la facilidad con la que los usuarios pueden recordar cómo usar una aplicación después de discontinuar su uso por algún tiempo. La idea principal es medir la cantidad de usuarios y restablecer la habilidad de usar una aplicación.
4. Los errores: pueden medirse contando el número de errores que los usuarios cometen durante el uso de una aplicación móvil, los niveles de gravedad de los errores, y la facilidad con que los usuarios puedan corregir
5. Satisfacción de los usuarios: refleja la actitud de los usuarios hacia el uso de una aplicación.
6. Eficacia: se define como la integridad y exactitud con que los usuarios alcanzan ciertas metas. Se puede medir mediante la comparación de rendimiento del

usuario con los niveles requeridos. El atributo de la eficacia también se utiliza para evaluar la mejora de una nueva versión de una aplicación. .

7. Simplicidad: es el grado de comodidad con la que los usuarios encuentran la manera de realizar las tareas. Este atributo se utiliza con frecuencia para evaluar la calidad de las estructuras de los menús, así como el diseño de navegación de las aplicaciones.
8. Comprensión: medida de la facilidad con que los usuarios puedan entender el contenido presentado en la aplicación. Debido a que las aplicaciones actuales de móviles tratan principalmente de la información textual, la presentación de la información tiene un efecto significativo en la comprensión de los usuarios de los contenidos.
9. Resultados del aprendizaje: mide la efectividad del aprendizaje en la educación de los usuarios de móvil (el uso de aplicaciones móviles para facilitar el aprendizaje o comunicación con otros estudiantes o profesores).

Otros atributos o factores de uso común que se han identificado son la utilidad percibida por el usuario y la adaptabilidad del sistema.

El estudio realizado por (Hornbeak, 2005) consistió en categorizar las medidas de usabilidad a partir de la revisión de 180 estudios publicados hasta el 2005, aceptó en su estudio 3 factores de usabilidad: eficacia, eficiencia y satisfacción, que son tomados de la definición de usabilidad del ISO 9421, encontrando las siguientes métricas por factor:

| Medidas de eficacia           |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| Métrica                       | Descripción   | Autores  |
| Finalización de tarea binaria | Número o porcentaje de las tareas que los usuarios completen con éxito.                       | Número de tareas correctas (por ejemplo, los iconos correctamente seleccionados),                                |
|                               |   | Número de las tareas que los usuarios no terminan en el tiempo asignado.   |
|                               |   | Número de las tareas que los usuarios renuncien a  |
|                               |   | Número de tareas incompletas   |
| Precisión                     | La precisión con la que los usuarios completar las tareas, que es un cuantificación del error |  |
| Tasas de error                | Los errores cometidos por el usuario durante el proceso de completar                          | Número de errores en el camino hacia la realización de tareas (por ejemplo, la sintaxis errores en la búsqueda), |

|                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
|                            | una tarea o en la solución a la tarea.  | Número de errores en una serie de tareas;<br>Número de subtareas bien hechas; porcentaje de respuestas correctas<br>Soluciones,<br>Número de pistas necesarias para completar una tarea,<br>Las tareas a criterio (Por ejemplo, número de intentos para lograr dos tareas correctas). |
| Precisión espacial         | Exactitud de los usuarios en señalar o manipular objetos de la interfaz de usuario.     | Distancia desde el destino (por ejemplo, mm desde el icono correcto), la orientación error en radianes al girar un objeto virtual.  |
| Precisión                  | La relación entre la información correcta y la cantidad total de información recuperada | Precisión en los sistemas de recuperación de información  |
| Recordar                   | Capacidad de los usuarios de recordar la información de la interfaz.                    | Recordar la información presentada en la interfaz (por ejemplo, retirada de añade bandera); recuerdo de características de la interfaz (por ejemplo, la memoria para la ubicación del botón).   |
| Lo completo                |   | Número o porcentaje de las tareas secundarias realizadas, número de documentos pertinentes identificados  |
|                            | El grado o la integridad de las soluciones de los usuarios a las tareas.                |   |
| Calidad de los resultados  | Las medidas de la calidad de los resultados de la interacción                           |   |
| Entendimiento              | Entendimiento o aprendizaje de la información en la interfaz.                           | Exámenes de opción múltiple sobre la información presentada en la interfaz;   |
|                            |   | pre-test a la diferencia después de la prueba en la comprensión (por ejemplo, de lenguajes de programación), las pruebas estandarizadas de aprendizaje.   |
| La evaluación de expertos  | La evaluación de expertos de los resultados de la interacción                           | Expertos de la clasificación de los productos de trabajo  |
| Evaluación de los usuarios | Evaluación de los usuarios de los resultados de la interacción                          | Los usuarios de clasificación de la calidad percibida de los productos de trabajo; acuerdo entre los usuarios de los documentos pertinentes   |

Tabla 9. Métricas de eficiencia móvil de Hornbeak

| Medidas de eficiencia         |   |   |
|-------------------------------|---|---|
| Métrica                       | Descripción   | Autores   |
| Tiempo                        | La duración de las tareas o partes de las tareas  |   |
| Tiempo de ejecución de tareas | Tiempo necesario para completar una tarea por Los usuarios  | Tiempo para completar una tarea   |
| El tiempo en el modo          | Tiempo que los usuarios pasan en un modo particular de interacción, por ejemplo, en una parte de una tarea o en parte de la interfaz. | El tiempo en las partes de la tarea, La duración del uso de determinadas Funciones o interfaces, El tiempo de cada acción; La duración media de pausas entre las acciones, El tiempo utilizado en la ayuda, El tiempo utilizado en buscando en función del tiempo utilizado para señalar. |
| El tiempo hasta el evento     | Tiempo transcurrido hasta que los usuarios emplean una característica específica o realizar una acción concreta                       | Tiempo antes en que una tarea secundaria se resuelve. El tiempo para reaccionar ante una advertencia.   |
| Tasa de entrada               | Tasa de entrada por el usuario, por ejemplo, usando el ratón o el teclado   | Las palabras por minuto capturadas, rendimiento; palabras introducidas correctamente por minuto.  |
| Esfuerzo mental               | El esfuerzo mental de los usuarios cuando se utiliza la interfaz.   | Dificultad de la tarea calificada por los expertos; medidas fisiológicas de esfuerzo, valoraciones de esfuerzo mental por parte de usuarios   |
| Los patrones de uso           | Medidas de cómo los usuarios hacen uso de la interfaz para resolver tareas  |   |
| Uso de frecuencia             | La frecuencia de uso de funciones o acciones.   | Número de pulsaciones de teclas, el número de clics del ratón, número de funciones utilizadas, número de acciones del la interfaz, la cantidad de actividad del ratón, el número de veces que se consulto la ayuda.   |

|                               |  |   |
|-------------------------------|--|---|
| Información de acceso         | La cantidad de información que los usuarios acceden o utilizan.          | Número de páginas visitadas, número de botones vistos.  |
| Desviación de solución óptima | La relación entre el comportamiento real y un método óptimo de solución. | Distancia teórica óptima menos la real recorrida entre los entornos virtuales, número de acciones adicionales adoptadas para completar una tarea. |
| Esfuerzo de comunicación      | Recursos invertidos en los procesos de comunicación.                     | Número de vueltas de los oradores, el número de palabras pronunciadas, número de interrupciones.  |
| Aprendizaje                   | El aprendizaje de los usuarios de la interfaz                            | Los cambios en el tiempo de terminación de las tareas en las sesiones.  |

**Tabla 10. Métricas eficacia móvil de Hornbeak**

| Medidas de satisfacción                 |  |  |
|---|--|--|
| Métrica                                 | Descripción  | Autores  |
| Cuestionarios estándar                  | Medir la satisfacción mediante un cuestionario estandarizado o por construir directamente en el trabajo previo | Cuestionario de satisfacción de los usuarios, QUIS, (Questionnaire For User Interaction Satisfaction) (Chin et al, 1988.)<br>Las preguntas de Davis (1989) |
| Preferencia                             | Determina la satisfacción de los usuarios, es decir, si prefieren utilizar la interfaz.                        |  |
| interfaz preferida                      | Los usuarios eligen interfaces de acuerdo a la preferencia   | ¿Qué hizo la interfaz que prefieran?<br>,Indique una herramienta preferida'  |
| Tasa de preferencia para las interfaces | Los usuarios votan la preferencia de cada interfaz   | Preferencia en una escala de 1 a 10; preferencia acerca de los métodos de marcado de los niveles de 5  |
| Comportamiento en la interacción        | La interfaz preferida se indica por el comportamiento de los usuarios en la interacción                        | Permite a los usuarios elegir continuamente una interfaz para realizar tareas.   |
| Satisfacción con la interfaz            | Usuarios de la satisfacción con la o las actitudes hacia la interfaz   |  |
| Facilidad de uso                        | Medidas generales de   | Este software es satisfactorio usar, la  |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | satisfacción de los usuarios en general o las actitudes hacia la interfaz o la experiencia del usuario                | satisfacción con la interacción, esta interfaz fácil de usar<br>"en general creo que este es un buen sistema"; " la calidad general de la interfaz de usuario"; " este sitio se comparan favorablemente con otros que he utilizado" |
| Pregunta contexto                            | La satisfacción de los usuarios con las características o circunstancias específicas en el contexto específico de uso | " Me gustaría utilizar este sitio si es necesario"; " la navegación por los menús y barras de herramientas es fácil de hacer" , "con facilidad con esta interfaz"; " es clara la forma de hablar con el sistema"                    |
| Antes de utilizar                            | Medidas de satisfacción obtenidas con la interacción de los usuarios con la interfaz                                  | " Voy a ser capaz de encontrar rápidamente las páginas"   |
| Durante el uso                               | Medidas de satisfacción obtenida, mientras que los usuarios resuelven las tareas e interaccionan con la interfaz de   | La variabilidad del período las respuestas reflejas, la cuantificación de los comentarios negativos durante el uso,   |
| Las actitudes y percepciones de los usuarios | Las actitudes de los usuarios las percepciones de otros fenómenos de la interfaz.                                     |   |
| Las actitudes hacia las demás personas       | Las medidas de la relación con otras personas o con las interfaces.   | " Me sentí conectado con las otras personas de mi grupo", sentimientos de confianza (Wheeless y Grotz, 1977); impresión de la conversión, la riqueza social, el sentido de estar juntos (Slater et al, 2000.);                      |
| Las actitudes hacia el contenido             | Actitudes hacia el contenido de la interfaz cuando éste puede distinguirse de la interfaz                             | " La información fue de alta calidad"; " ¿qué atractivo era el tema?"; " la novedad de los artículos de lectura"  |
| La percepción de los resultados              | La percepción de los usuarios de los resultados de la interacción   | "¿Cómo se puede juzgar la calidad de los resultados de trabajo?" El sentido de éxito de los usuarios , la evaluación de la propia actuación   |
| La percepción de la interacción              | Medidas de percepción de los usuarios de la interacción   | La percepción de los usuarios de la dificultad de la tarea  |

Tabla 11. Métricas satisfacción móvil por Hornbeak

En el trabajo realizado por (Coursaris & Kim, 2011) tomaron como base el marco de trabajo estructurado propuesto por (Kwahk & Han, 2002), ver (Figura 16), que propuso para medir la usabilidad de productos electrónicos de consumo visual, el cual modificaron para que fuera un marco de trabajo para medir la usabilidad entorno de informática móvil. Está compuesto por tres elementos (Figura 15):

- Factores contextuales: usuario tecnología, trabajo, actividad y medio ambiente.
- Dimensiones de usabilidad claves: eficiencia, eficacia, satisfacción, aprendizaje, flexibilidad, actitud, operatividad.
- Consecuencias: mejora de la integración de sistemas, aumento de adopción, la retención, lealtad, confianza.

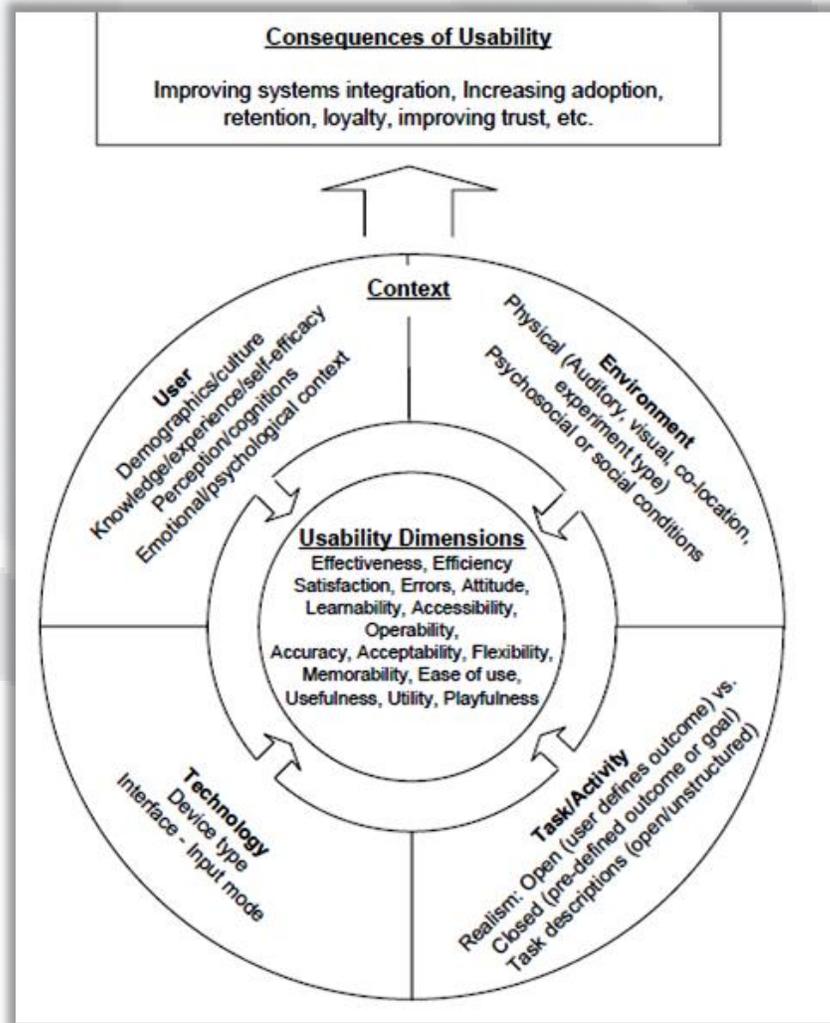
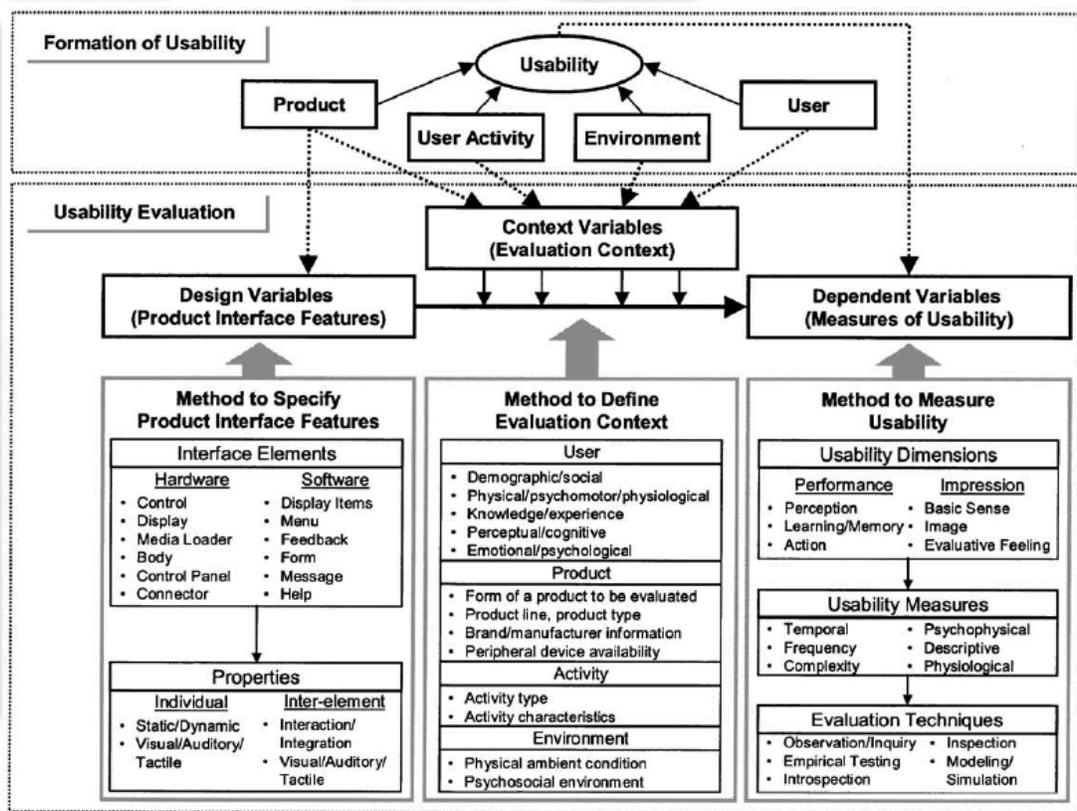


Figura 15. Marco de Trabajo en usabilidad móvil (Coursaris & Kim, 2011)

La diferencia entre el marco propuesto por Kwahk y Han (2002), fue modificar el término de tecnología, reemplazando producto, por la relación que existe entre la usabilidad y la tecnología móvil. Se reemplazo el término tarea por el de actividad, ya que es un término aceptado por la literatura cuando se describe la naturaleza de la interacción del usuario con la tecnología, por último se añadieron las consecuencias de la usabilidad como resultados de evaluación de la usabilidad.



- Figura 16. Marco de trabajo para usabilidad en productos electrónicos de consumo visual

En el estudio realizado por (Coursaris & Kim, 2011) identificaron las dimensiones de usabilidad más utilizadas para dispositivos móviles en diferentes artículos, las cuales se listan en la Tabla 12, en los cuales los últimos de la tabla, solo se presentan una vez en los trabajos investigados:

| <b>Factores</b>  |
|--|
| Eficiencia   |
| Errores  |
| Facilidad de uso   |
| Utilidad   |
| Eficacia   |
| Satisfacción   |
| Precisión  |
| Facilidad de Aprendizaje   |
| Carga de trabajo   |
| Accesibilidad, fiabilidad, actitud, problemas observados, placer, aceptabilidad, seguridad, operabilidad, estética, memorabilidad, capacidad de respuesta, atractivo, flexibilidad, disponibilidad, funcionalidad, interconectividad, integridad |

Tabla 12. Factores de usabilidad para dispositivos móviles Coursaris & Kim

En el estudio realizado por (Balagtas-Fernandez, Forrai, & Hussmann, 2009) los atributos de usabilidad identificados y utilizados para su metodología para dispositivos móviles, están basados en los que definieron (Zhang & Adipat, 2005) se listan en la Tabla 13.

| <b>Atributos de usabilidad</b> | <b>Medición de las variables</b>  | <b>Autores</b>  |
|--------------------------------|---|---|
| Facilidad de aprendizaje       | Tiempo utilizado para realizar la tarea en el primer uso.                               | (Killi, 2002; Parush y Yuviler Gavis, 2004; Ziefle, 2002)               |
|                                | Tiempo dedicado a la formación de los usuarios hasta llegar a un nivel de satisfacción. | Killi, 2002   |
|                                | Curva de aprendizaje de varios usos.  | MacKenzie et al 1999  |
| Eficiencia                     | Plazo de ejecución de tareas.   | Bautsch-Vtensen et al, 2001; Chittaro y Cin, 2002; Christie et al 2004; |
|                                | Duración usada para terminar los ejercicios dados.                                      | Buchanan et al 2001; Masoodian y  |

|                           |   |   |
|---------------------------|---|---|
|                           | La duración dedicada a cada pantalla.   | Lane, 2003<br>Ebling y John, 2000;<br>Kjeldoskov y Escenarios, 2004 |
| Memorabilidad             | Tiempo, el número de clics, las páginas y pasos utilizados para terminar las tareas después de no usar las aplicaciones por un período de tiempo.                                 | MacKenzie et al, 1999;  |
| Error                     | Número de errores (por ejemplo, medidas de desvío, desviación clics en los botones del camino correcto, una respuesta errónea, el porcentaje de trabajo completado correctamente. | Chittaro y Cin 2002, Christie et al 2004                            |
| Satisfacción              | Actitud de los usuarios ante las aplicaciones después de su uso (por ejemplo, el nivel de dificultad, la confianza, gusta / disgusta).  | Bederson et al 2002; 2003; Chittaro y Cin.2002                      |
| Eficacia                  | Comparativa de rendimiento de los usuarios con un nivel predefinido (terminar la tarea en 9 minutos, con no más de 2 clics) en términos de velocidad.                             | Bederson et al, 2002; 2003;   |
|                           | Errores.  | Christie Et Al, 2004; Suwita y Bocker, 1999                         |
|                           | Número de pasos.  | Orkut Buyukkokten et al 2001  |
| Simplicidad (complejidad) | Cantidad de esfuerzos para encontrar una solución: el número de niveles de menú que los usuarios tienen que pasar por el fin de resolver una tarea.                               | Chittaro y Cin 2002; Ziefle de 2002                                 |
|                           | El número de clics en los botones y las selecciones para llegar a una página de destino.  | Christie et al, 2004; Ziefle de 2002                                |
| Capacidad de aprendizaje  | Evaluación del desempeño de asignaciones en las aulas.  | Danesh et al, 2001,   |

Tabla 13. Atributos de usabilidad medidos en las aplicaciones móviles Balagtas-Fernandez & Hussmann

En la metodología propuesta por (Billi, y otros, 2010) adoptaron las heurísticas de usabilidad para la informática móvil que son basadas en los titulados “Appropriating and Assessing Heuristics for Mobile Computing” y “Appropriating heuristic evaluation for mobile computing”:

- Visibilidad del estado del sistema del dispositivo móvil. Por medio del dispositivo móvil, el sistema siempre debe mantener informado al usuario acerca de lo que está pasando, debe dar prioridad a los mensajes de información crítica y contextual, como el estado de la batería, estado de la red y las condiciones ambientales.

- Correspondencia entre el sistema y el mundo real. Esto permite al usuario móvil interpretar correctamente la información proporcionada, presentándolo en un orden lógico y natural. Siempre que sea posible, el sistema debe ser capaz de percibir su entorno y adaptar la presentación de la información en consecuencia.
- La coherencia y la cartografía. El modelo conceptual del usuario de la posible función / interacción con el dispositivo móvil o el sistema debe ser coherente con el contexto. Es especialmente importante que existe una correlación consistente entre las acciones del usuario / interacciones (en los botones del dispositivo y los controles) y las tareas correspondientes reales (por ejemplo, la navegación en el mundo real).
- Buena ergonomía y un diseño minimalista. Los dispositivos móviles deben de ser fáciles y cómodos de sujetar/llevar, así como lo suficientemente robusto como para resistir el daño (de los agentes ambientales). Además, el espacio en pantalla es un recurso escaso, por lo que debe ser usado con mesura. Los diálogos no deben contener información que es irrelevante o raramente necesaria.
- Facilidad de lectura en pantalla de entrada. Los sistemas móviles deben buscar formas de fácil entrada a los datos, posiblemente, reducir o evitar la necesidad de que el usuario pueda utilizar las dos manos. El contenido de la pantalla debe ser fácil de leer y navegar a través de ella a pesar de diferentes condiciones de iluminación. Idealmente, el usuario móvil debe ser capaz de obtener rápidamente información crucial del sistema, simplemente echando un vistazo en él.
- La flexibilidad, la eficiencia en el uso y personalización. Estas deben permitir a los usuarios móviles para adaptar / personalizar las acciones frecuentes, así como para configurar el sistema de forma dinámica en función de las necesidades del contexto. Siempre que sea posible, el sistema debe apoyar y sugerir basado en el sistema de personalización cuando sea crucial o beneficioso.
- Estética, la privacidad y las convenciones sociales. Estos tienen aspectos estéticos y emocionales de los dispositivos móviles y el uso del sistema en cuenta, y asegúrese de que los datos del usuario se mantienen como privados y seguros. La interacción con el sistema móvil debe ser cómoda y respetuosa de las convenciones sociales.
- Gestión de errores realista. Cuando se produce un error, el sistema ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y, si es posible, recuperarse del error. El mensaje de error debe ser claro y preciso. Se debe sugerir de manera constructiva una solución (que puede incluir también sugerencias, preguntas frecuentes adecuadas,

etc.) Si no hay solución para el error, o si el error tendría un efecto insignificante, el sistema permite al usuario manejar con gracia el error.

Otros trabajos también han propuesto heurísticas para evaluar la informática móvil como: (MAIS diseñador: nueva herramienta para diseño de servicios móviles):

- Visibilidad del estado del sistema del dispositivo móvil
- Partido entre el sistema y el mundo real
- La coherencia y la cartografía
- Buena ergonomía y el diseño minimalista
- Facilidad de lectura en pantalla de entrada.
- La flexibilidad, la eficiencia de uso y personalización
- Convenciones estéticas, sociales y privacidad
- La gestión de errores realista.

La diferencia entre la heurística estándar y la heurística de usabilidad móvil que se han propuesto, se debe principalmente al hecho de que la heurística estándar asumen la estática de escritorio y el uso, mientras que la heurística móvil considera la dirección de uso del móvil y el contexto.

## 2.5 Metodologías de usabilidad

La evaluación de usabilidad es un paso importante en el desarrollo de software con el fin de mejorar ciertos aspectos del sistema y encontrar la mayor cantidad de problemas, además de descubrir de que manera resolver estos problemas. En el trabajo de (Hom, 1998) se identificaron las siguientes metodologías de usabilidad: clasificadas en tres categorías pruebas, inspección e indagación.

### Pruebas

Enfoques en los cuales, usuarios representativos de las tareas usan el sistema o prototipo, y los evaluadores usan los resultados de ver como la interfaz soporta las tareas.

**Método de entrenamiento:** Esta técnica puede ser usada para pruebas de usabilidad, donde los participantes tienen permitido hacer preguntas relacionadas con el sistema a un entrenador experto que responderá en la medida de su capacidad. Normalmente el que realiza la prueba realiza la función del entrenador. Una variante del método involucra un usuario experto independiente que sirve como el entrenador, mientras el que realiza la prueba observa la interacción entre el participante y la computadora, así como la interacción entre el participante y el entrenador. El propósito de esta técnica es descubrir las necesidades de información de los usuarios con el objeto de proveer mejor *entrenamiento* y *documentación*, así como la posibilidad de rediseñar la interfaz para evitar la necesidad de las preguntas. Cuando un usuario experto es usado como el entrenador, el modelo mental del usuario experto del sistema puede también ser analizado por el que realiza la prueba.

**Co-aprendizaje por descubrimiento:** durante la prueba de usabilidad, dos usuarios intentan realizar tareas en conjunto mientras son observados. Ellos se ayudan entre sí, de la misma forma como se ayudarían si ellos estuvieran trabajando juntos para lograr una meta en común usando el producto. Se les alienta a explicar qué piensan de ello mientras trabajan en las tareas. Comparado con el protocolo de pensar en voz alta (protocolos verbales), ésta técnica lo hace más natural para los usuarios de la prueba al verbalizar sus pensamientos durante

ella. Ésta técnica puede ser usada en las siguientes etapas del ciclo de vida de desarrollo: diseño, código, prueba y despliegue.

**Medición del desempeño:** Técnica usada para obtener datos cuantitativos acerca del desempeño de los participantes de la prueba cuando ellos realizan las tareas durante la evaluación de usabilidad. Generalmente se prohíbe la interacción entre el participante y el que realiza la prueba durante ella, ya que afectaría los datos cuantitativos del desempeño. Se debe llevar a cabo en un laboratorio de usabilidad formal para que los datos puedan ser recolectados con precisión y se minimice la interferencia inesperada. Los datos cuantitativos son más útiles en hacer pruebas comparativas, o las pruebas contra puntos de partida predefinidos. Para obtener resultados confiables se necesitan 5 usuarios participantes, mientras 8 o más participantes sería más deseable. La técnica puede ser usada en combinación con pruebas retrospectivas, entrevistas después de la prueba o cuestionarios, así los datos cuantitativos y cualitativos son obtenidos. La técnica puede ser usada en las siguientes etapas de desarrollo: código, pruebas y despliegue.

**Protocolo de formulación de preguntas:** durante la prueba de usabilidad, además de permitir a los usuarios verbalizar sus pensamientos como en protocolos de pensar en voz alta (protocolos verbales), se les hacen preguntas directas acerca del producto, con el fin de entender su modelo mental sobre el sistema y las tareas, e identificar en donde tienen problemas en el entendimiento y uso del sistema. Esto es una forma más natural que el método de pensar en voz alta al dejar que el usuario de la prueba verbalice sus pensamientos.

**Pruebas remotas:** La prueba remota de usabilidad es usada cuando el (los) que realiza(n) la prueba están separados en espacio y/o tiempo de los participantes. Esto significa que el (los) que realiza(n) la prueba no pueden observar el proceso directamente y que los participantes no están normalmente en un laboratorio formal de usabilidad. Hay diferentes tipos de pruebas remotas. Una es al mismo tiempo pero en diferente lugar, donde el que realiza la prueba puede observar la pantalla del usuario a través de una red, y puede ser capaz de escuchar lo que dice el usuario durante la prueba por medio del altavoz de un teléfono. Otra prueba es diferente tiempo y diferente lugar, como las sesiones de diario, donde la sesión

de prueba del usuario es guiada y registrada a través de un software especial, así como un código adicional es agregado al sistema que se está probando.

**Pruebas retrospectivas:** si una cinta de video ha sido hecha de una sesión de prueba de usabilidad, el(los) que realiza(n) la prueba puede recolectar más información al revisar la cinta junto con los usuarios participantes y haciéndoles preguntas respecto a su comportamiento durante la prueba. Así ésta técnica debe ser usada junto con otras técnicas, especialmente aquellas donde la interacción entre los que realizan la prueba y los participantes es restringida. Pero usar esta técnica significa que cada prueba toma al menos el doble de tiempo. Otro requerimiento obvio para usar esta técnica es que la interacción del usuario con la computadora necesita ser grabada y reproducida

**Método de sombreado:** durante la prueba de usabilidad, el que realiza la prueba tiene un usuario experto (en el dominio de la tarea) sentado junto a él/ella para explicar el comportamiento del usuario. Esta técnica es usada cuando no es apropiado para el usuario pensar en voz alta o hablar al que realiza la prueba mientras trabaja en las tareas.

**Método de enseñanza:** durante la prueba de usabilidad, se deja que los usuarios interactúen primero con el sistema, así se pueden familiarizar con éste y adquirir experiencia para completar las tareas usando el sistema. Entonces se presenta un usuario novato a cada usuario de la prueba. Los usuarios novatos son informados por el realizador de la prueba a limitar su participación activa y no volverse solucionador de problemas activo. A cada usuario de la prueba se le pide explicar al novato como trabaja el sistema y demostrarle un conjunto de tareas predeterminadas. Esta técnica puede ser usada para los siguientes escenarios de desarrollo: diseño, código, prueba y despliegue.

**Protocolo de pensar en voz alta:** en el curso de una prueba de usabilidad, a los usuarios de la prueba se les pide verbalizar sus pensamientos, sentimientos y opiniones mientras interactúan con el sistema. Esto es muy útil al capturar un amplio rango de actividades cognitivas. Dos variaciones del protocolo de pensar en voz alta son:

- Respuesta crítica. Requiere que el usuario sea vocal sólo durante la ejecución de ciertas sub-tareas predeterminadas.
- Reporte periódico. Se utiliza cuando la tarea es compleja y hace que sea difícil para los usuarios a pensar en voz alta mientras se realiza la tarea al mismo tiempo. El usuario, por lo tanto, verbaliza en intervalos de tiempo predeterminados y describe lo que él/ella está tratando de lograr. La longitud del intervalo depende de la complejidad de la tarea. Esta técnica consume mucho tiempo, por lo que se recomienda para subdivisiones de tareas.

### **Inspección**

En estos enfoques los especialistas o expertos de usabilidad buscan examinar aspectos de usabilidad de la interfaz de usuario. Se utilizan los métodos de:

**Recorrido cognitivo:** participa de un a cuatro evaluadores expertos haciendo uso de sistema, realizando un conjunto de tareas, para poder evaluar su comprensibilidad y la facilidad de aprendizaje. La interfaz de usuario se representa en forma de maqueta en papel o un prototipo de trabajo, o puede ser la interfaz completamente desarrollada. En el recorrido debe incluirse el perfil del usuario, el conocimiento del dominio de la tarea y la interfaz, y los casos de la tarea. Usada en la etapa de diseño o desarrollo, pero también puede usarse en otras etapas del ciclo de desarrollo.

**Función de inspección:** se centra en el conjunto de características de un producto. Para cada característica utilizada para producir la salida deseada se analizan aspectos de usabilidad, disponibilidad, comprensibilidad, etc.

**Evaluación heurística:** una heurística se refiere a una directriz, principio generan o regla de oro, que sirven para guiar una decisión de diseño o criticar una decisión que ya se ha hecho. Método desarrollado por Jakob Nielsen y Rolf Molich, el cual trata realizar una crítica estructurada de un sistema utilizando un conjunto de heurísticas sencillas y generales. Varios expertos realizan la evaluación del sistema de manera independiente, para poder llegar a encontrar problemas de usabilidad, Nilsen indica que sean alrededor de 5 evaluadores para encontrar el 75% de problemas aproximadamente.

**Tutorial pluralista:** técnica utilizada en la etapa de diseño, donde los evaluadores se reúnen para realizar un conjunto de tareas, para después discutir y evaluar la usabilidad del sistema, debido a la experiencia de los evaluadores tiene la ventaja de identificar los problemas de usabilidad por sus habilidades y perspectivas, en consecuencia se pueden resolver más rápidamente los problemas de usabilidad encontrados.

Perspectiva basada en la Inspección: se propone realizar la inspección desde tres perspectivas de usuarios del sistema: novatos, expertos y los identificadores de error. Se debe realizar en el lugar de trabajo para garantizar que sea desde el punto de vista del usuario y definir un conjunto de tareas. Por último se deben definir los criterios para la evaluación y tratar de adaptarse a la interfaz y el lugar de trabajo.

### **Indagación**

El evaluador de la usabilidad obtiene información acerca de lo que les gusta, lo que les disgusta, necesidades y la comprensión del sistema por parte de los usuarios, ya sea observándolos usando el sistema en tiempo real, o haciéndoles preguntas verbalmente o de manera escrita.

**Observación en campo:** consiste en ir al lugar de trabajo de los usuarios representativos y observarlos trabajando, para entender como los usuarios utilizan el sistema para realizar sus tareas y el modelo mental que tienen los usuarios sobre el sistema. Puede ser utilizado en las etapas de prueba y despliegue. Se necesita un experto de usabilidad y dos usuarios, no se pueden obtener datos cuantitativos.

**Grupos focales:** técnica de recolección de datos, donde se reúne a 6 o 9 usuarios para hablar sobre el sistema, el ingeniero de usabilidad es el moderador, debe tener una lista de cuestiones de las que se va a reunir información propiciando la discusión de los temas entre los usuarios. Permite captar las reacciones espontaneas de los usuarios y las ideas que desarrollan. Es necesario 1 experto de usabilidad, no se pueden obtener datos cualitativos

**Entrevistas:** los ingenieros de usabilidad formulan preguntas sobre el sistema. Se entrevista a varios usuarios representativos para hacerles preguntas con el fin de recopilar información deseada. Tiene la ventaja de poder obtener información detallada. Se puede hacer uso de entrevistas estructuradas y no estructuradas.

**Registro del uso actual:** consiste en recopilar estadísticas sobre el uso detallado del sistema, muestra como los usuarios realizan su trabajo en tiempo real y es fácil de recoger automáticamente los datos de varios usuarios que trabajan en diferentes circunstancias. Las estadísticas pueden obtener datos sobre la frecuencia en la que los usuarios han estado usando las características del sistema, y estas pueden ser utilizadas para optimizar esas funciones, identificar las características que se usan muy poco y las que no se utilizan. También se puede detectar situaciones que causan los errores y el acceso a la ayuda.

Estudio de campo proactivo: se utiliza antes de diseñar el sistema con el fin de entender a los usuarios, las tareas que realizan, el entorno de trabajo. El ingeniero de usabilidad va al lugar los observa y hace preguntas. Se utiliza durante el diseño inicial del Sw.

## **2.6 Estudios de usabilidad realizados en dispositivos móviles**

Realizar análisis de usabilidad constituye un paso importante en el desarrollo de software con el fin de mejorar el sistema; en el caso de los dispositivos móviles existen limitaciones para realizar este tipo de pruebas que son desde la diversidad de metodologías para medir la usabilidad, los distintos métodos de captura de datos, la falta de herramientas de apoyo (Balagtas-Fernandez & Hussmann, 2009).

En el mercado se ofrecen herramientas que ayudan a la recopilación de información desde grabar la prueba, ofrecer encuestas al momento de realizar la prueba, hasta colocar una cámara externa para capturar la pantalla del dispositivo móvil, aun con la ayuda de las herramientas en el mercado la tarea de recopilación es difícil realizar, por ejemplo al utilizar una cámara externa y grabar la pantalla, puede no llegar a ser tan precisa por el usuario y puede obstruir la grabación.

(Balagtas-Fernandez & Hussmann, 2009) en su estudio propone desarrollar un marco de trabajo de lo “que debe tener”; término citado propuesto por Jokela, 2004; Kano 1984);

desarrollando una lista de usabilidad basada en tareas, basada en la evaluación heurística desde el punto de vista del usuario de la interfaz del teléfono móvil. La lista está compuesta por 21 principios de usabilidad, desde principios para menú, navegación, Pop-up, iconos, pantalla, etc.

(Balagtas-Fernandez & Hussmann, 2009) proponen una metodología propone cuatro fases (Figura 17):

- preparación: consiste en definir qué información es la que se va a almacenar, en la metodología adoptaron las métricas propuestas por Zhang y Adipat, que ya habían realizado un estudio de evaluación de aplicaciones móviles.
- preparación y recolección: la cual se hacen las adecuaciones de código a la aplicación para que pueda hacer el registro de las bitácoras (logs). En esta fase propusieron el uso de EvaLogger
- extracción: después de capturar los datos EvaWriter, es utilizado para procesar la información y dar un formato de salida.
- Análisis: análisis de la usabilidad con gráficos utilizando GrahpML

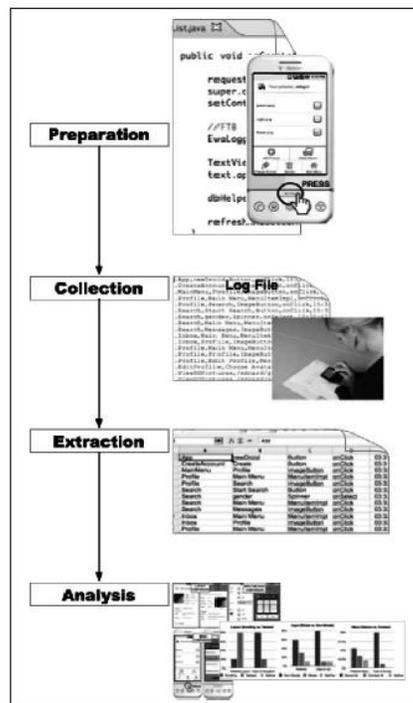


Figura 17. Marco de trabajo Balagtas-Fernandez & Hussmann

También existe un vacío en lo que respecta a los estudios transculturales que es algo sorprendente teniendo en cuenta la incorporación de dispositivos móviles en todo el

mundo (Coursaris & Kim, 2011). Sin embargo existe la tendencia en medir variables que tengan que ver con cuestiones éticas, morales, sociales, culturales y políticos.

(Fallman, 2009) identificó que diferentes autores están realizando estudios que consideran nuevas orientaciones incluyendo la etnografía y la etnometodología, la fenomenología, la cognición distribuida y la teoría de la actividad.

Se propone que en lugar de mirar a la eficiencia de un diseño y métricas de rendimiento se ponga atención a la experiencia del usuario, es decir, en lugar de averiguar la tasa de error, investigar si es divertido y emocionante para su utilización por sus usuarios al que están destinados. Identificando si es buena, que se debería evitar en esa experiencia.

## **2.6 Pasos para realizar prueba de usabilidad**

El proceso para la evaluación de la usabilidad consiste en una serie de pasos que se deben de seguir para poder realizar la prueba (Rubin & Chisnell, 2008) propone los siguientes 8 pasos:

- 1. Desarrollar el plan de pruebas:** El plan de pruebas es la base de toda la prueba. Dirige el cómo, cuándo, dónde, quién, por qué, y qué de una prueba de usabilidad. Se recomienda realizar el plan y escribirlo, aún con la presión de tiempos del proyecto.
- 2. Configurar un ambiente de prueba:** Para muchos de aquellos que contemplan la implementación de un programa de pruebas de usabilidad, la disciplina se ha convertido en sinónimo de un alto poder, muy bien equipado, bien nombrado y un laboratorio costoso. Para algunas organizaciones, el laboratorio de usabilidad (esto se refiere a la planta física) se ha vuelto más prominente y más importante que el proceso de pruebas en sí.
- 3. Buscar y seleccionar los participantes:** La selección y adquisición de los participantes cuyos antecedentes y habilidades son representativos de los potenciales usuarios del producto es un elemento crucial del proceso de pruebas. Después de todo, los resultados de las pruebas serán válidos solamente si la gente que participa son usuarios habituales del producto, o lo mas cercano posible

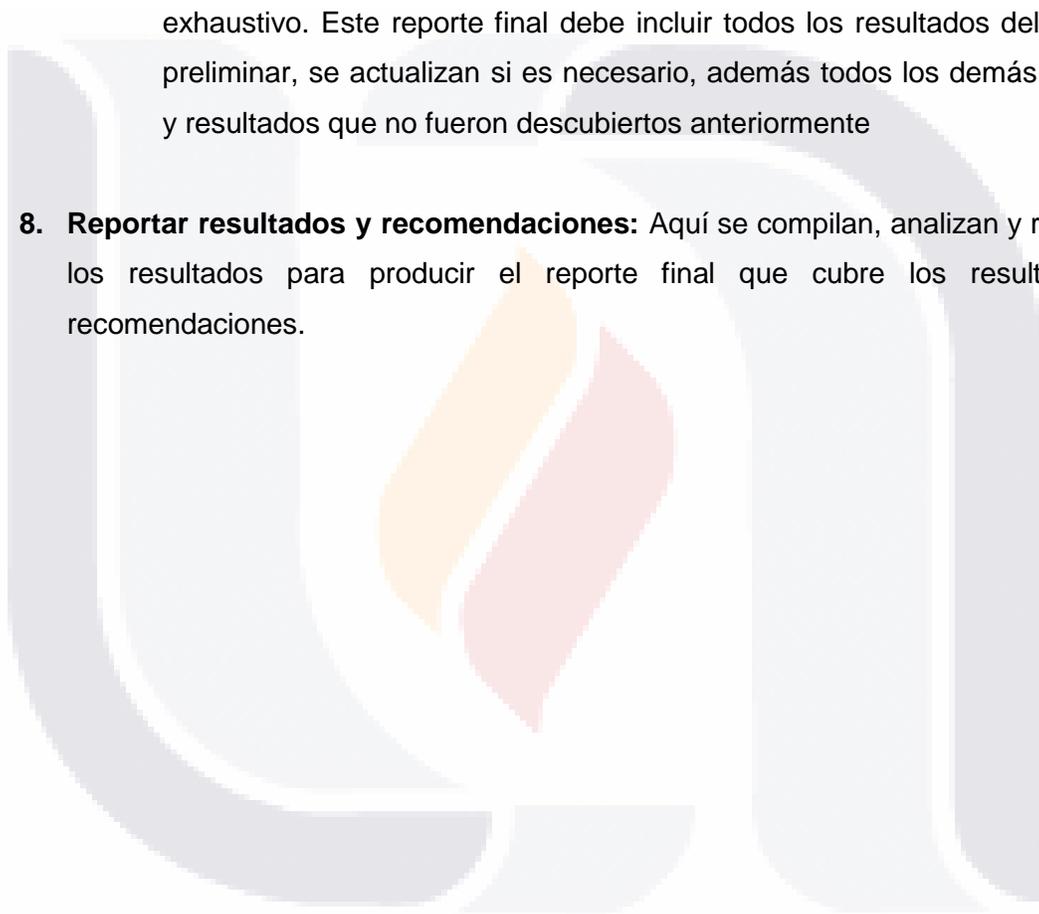
al criterio. Si se prueba con la gente “incorrecta”, no importa qué tanto esfuerzo se invierta en el resto de la preparación de la prueba. Los resultados serán cuestionables y de valor limitado.

4. **Preparar los materiales de prueba:** Una de las actividades de tareas más intensivas necesarias para llevar a cabo una prueba de usabilidad es desarrollar los materiales de pruebas que se usarán para comunicarse con los participantes, recolectar datos y satisfacer los requisitos legales. Es importante desarrollar todos los materiales de prueba requeridos con anticipación suficiente al tiempo en que deben ser usados. Además de la ventaja de no tener que desarrollar los materiales a marchas forzadas de última hora, el desarrollo de materiales desde el principio ayuda a estructurar explícitamente y organizar las pruebas. De hecho, si tiene dificultades desarrollando un tipo de material de prueba particular, eso puede ser una señal de que hay fallas en los objetivos y diseño de la prueba.
5. **Realizar las sesiones de prueba:** Con el método seleccionado se lleva a cabo la prueba de usabilidad, basándose en el plan.
6. **Interrogar a los participantes y a los observadores:** *Interrogar* se refiere a la exploración y revisión de las acciones de los participantes durante la fase de realización de una prueba de usabilidad. Se puede argumentar que el interrogatorio es realmente una extensión del proceso de pruebas. Mientras que la realización de la prueba de usabilidad descubre y expone los problemas, es a menudo la sesión de interrogatorio la que arroja luz sobre por qué estos problemas se produjeron y cómo solucionarlos. A pesar de que un interrogatorio no tiene que ser formal o extenso, no es a menudo hasta la sesión de interrogatorio que se entiende motivo, razón de ser, y los puntos más sutiles de la confusión. Si piensa en las pruebas de usabilidad como un misterio a resolver, en la sesión de interrogatorio todas las piezas se unen.
7. **Analizar los datos y observaciones:** Finalmente, la prueba ha sido completada y ahora está listo para sumergirse y transformar una gran cantidad de datos en

recomendaciones para mejorar. El análisis de datos normalmente cae en dos procesos distintos con dos diferentes entregables:

- Análisis preliminar y está destinado a determinar rápidamente los puntos críticos (peores problemas) para que los diseñadores puedan trabajar en ellos inmediatamente sin tener que esperar los reportes de pruebas finales.
- Análisis exhaustivo, se lleva a cabo durante un período de dos a cuatro semanas después de las pruebas. Su entregable es un reporte final más exhaustivo. Este reporte final debe incluir todos los resultados del reporte preliminar, se actualizan si es necesario, además todos los demás análisis y resultados que no fueron descubiertos anteriormente

**8. Reportar resultados y recomendaciones:** Aquí se compilan, analizan y resumen los resultados para producir el reporte final que cubre los resultados y recomendaciones.



## Capítulo 3. Método



En esta sección se describen las etapas del proceso que se llevarán a cabo para la realización de la prueba de la usabilidad, se encuentra descrito el propósito, objetivos del estudio de usabilidad, la selección de participantes, análisis de las características de los participantes, metodología de la prueba, etc.

### **3.1 Propósito de la pruebas de usabilidad**

El propósito de la prueba es tratar de identificar si existe la necesidad de crear una versión del Mapa Digital de México de uso exclusivo para dispositivos móviles o la versión completa es totalmente funcional en éstos, proporcionando al usuario una experiencia de uso satisfactoria.

Para determinar si la necesidad es real, se realizará la comparación de los resultados de las pruebas de evaluación de usabilidad que se aplicarán al Mapa Digital de México en dos escenarios, el primero consiste en realizar las pruebas en una Pc de escritorio o Laptop y en el segundo escenario se efectuarán en el dispositivo móvil.

Asimismo, se busca identificar posibles problemas en el diseño, inconsistencias o deficiencias que vayan en decremento de la calidad de la interfaz y puedan provocar errores en navegación móvil y finalmente capturar la impresión del usuario hacia el producto.

Para la realización de las pruebas en ambos contextos se utilizarán las metodologías de protocolos verbales y medición de métricas para la obtención de datos cualitativos y cuantitativos, las cuales se comparan para ver cuales aportan datos de usabilidad de mayor relevancia en la identificación de problemas relacionados con la usabilidad del sistema estudiado.

### **3.2 Participantes**

#### **3.2.1 Selección de participantes**

La selección de participantes es una de las etapas que más influyen en los resultados de la prueba, por lo que se busca que en ésta participe un grupo representativo de usuarios a los que va dirigido el Sw. El perfil que deben de cubrir los participantes para la prueba es el siguiente:

- Experiencia en el uso de sus smartphones o tablets.
- Experiencia en la navegación en internet desde el dispositivo móvil.
- Experiencia en la utilización con Web Maps como Google Maps, Yahoo Maps, Bing Maps, NAVTEQ, etc.
- Características como el sexo es indistinto, la edad se buscan usuarios entre 23 años y 45 años.

Para la definición del perfil de participantes se considero, que lo que se quiere medir es la usabilidad del sistema, el no contar con participantes que tengan la experiencia antes solicitada, reflejaría resultados no exactos, como incrementar todos las métricas capturadas , debido a su falta de experiencia en el manejo del dispositivo.

Ya que la cantidad de participantes de la prueba afectan sobre la tasa de descubrimiento de problemas de usabilidad, se consideró las recomendaciones propuestas por (Nielsen J. , 2000) en su columna en línea en “useit.com”, en la que sugieren que con 5 participantes se detecta 2/3 de los problemas (Figura 18). Por lo tanto se optó para estas pruebas el tener 6 participantes.

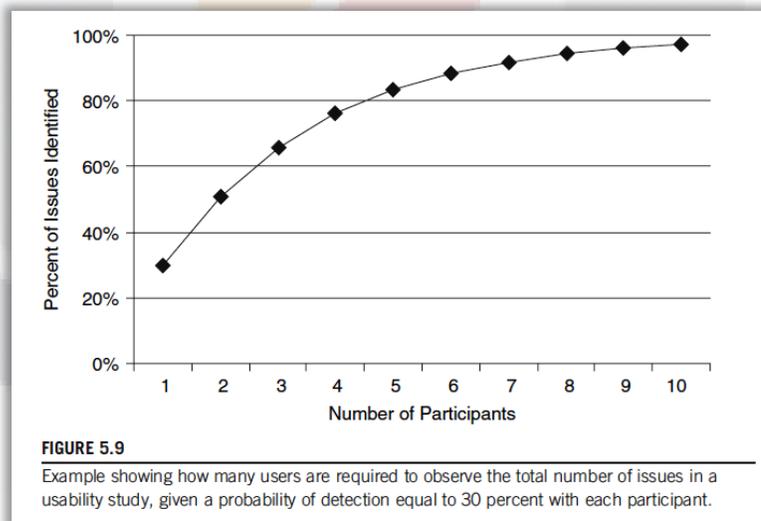


Figura 18. Relación de número de participantes con % de descubrimiento

El rol de los participantes en la prueba de usabilidad es de llevar a cabo un conjunto de tareas representativas de las funcionalidades del Mapa Digital de México de la manera más eficiente y oportuna, para poder obtener información con respecto a diversos factores

como la facilidad de uso y la aceptabilidad de la interfaz, entre otros. En la sección 3.4 se encuentran descritos a mayor detalle.

### 3.2.2 Análisis de participantes

Antes de la prueba se pidió a los usuarios contestar un cuestionario de información general; ejemplo del cuestionario esta en el Apéndice B; como complemento para recolectar información descriptiva sobre el perfil de los participantes, respecto a su nivel de experiencia con el uso de computadoras personales y Smartphones.

La encuesta contiene dos secciones una enfocada a la experiencia que tienen con el uso y navegación en internet en Pc o Laptop, y la segunda sección buscar recabar información sobre el uso y navegación en Smartphone o Tablet.

De la primera sección de la encuesta se obtuvo información como:

- 5 de los participantes son de sexo Masculino y 1 es Femenino
- En promedio todos tienen más de 5 años utilizando la Pc, y además la usan diariamente, con el propósito de Trabajo y recreación.
- El tipo de Software que todos usan es Office, navegadores de Internet, otros software especiales como programas de diseño, software de programación.
- Todos tiene acceso a internet y todos los días acceden a él.
- Los sitios que visitan desde la Pc incluyen buscadores (Chrome, Fire Fox) para búsqueda de información, FaceBook, Foros, Noticias, Correo electrónico.
- De las características del software la que los participantes consideraron que es más de su agrado es que sea fácil de usar.

La Tabla 14 muestra un resumen de datos recabados de los participantes de la sección 2 de la encuesta:

| No. de participante | Edad | Tiempo de experiencia del uso de Smartphone o Tablets | Ocupación  | Tipo/Modelo de Smartphone o Tablet | Sitios que accede desde del Smartphone o Tablet |
|---------------------|------|---|------------|------------------------------------|---|
| 1                   | 27   | 1 año 6 meses   | Cartógrafo | IPad 2                             | Redes Sociales, Noticias, Correo electrónico    |

|   |    |                |                                  |             |   |
|---|----|----------------|----------------------------------|-------------|---|
| 2 | 28 | 1 año 3 meses  | Editor de Información geográfica | Xperia mini | Redes Sociales, Correo electrónico                                  |
| 3 | 26 | 3 años 4 meses | Diseñador Grafico                | IPhone 3GS  | Redes Sociales, Correo electrónico,                                 |
| 4 | 27 | 1 año 2 mes    | Desarrollador de Software        | Galaxy S    | Redes Sociales, Correo electrónico, Google Maps, Noticias, You Tube |
| 5 | 31 | 2 años 1 mes   | Hidrólogo                        | Xperia S    | Redes Sociales, Correo electrónico, Google Maps                     |
| 6 | 29 | 6 meses        | Geógrafo                         | IPad 2      | Redes Sociales, Correo electrónico,                                 |

Tabla 14. Datos de los participantes de la prueba

**Nota:** para sexo M (Masculino) F (Femenino)

### 3.3 Métodos de evaluación de la usabilidad seleccionado

El proceso para la selección de la metodología para medir la usabilidad, no es un paso sencillo debido a que se encuentran disponibles una variedad de metodologías de evaluación de la usabilidad (UEMS, por sus siglas en ingles) y métricas.

Para realizar las pruebas de usabilidad del Mapa Digital de México tanto en la Pc como en el dispositivo móvil, se seleccionaron las metodologías de medición de métricas y protocolos verbales para poder obtener información de tipo cualitativa y cuantitativa, ya que de esta manera se puede obtener un mejor detalle de la usabilidad del producto.

La selección de estos dos métodos se realizó en base a la revisión de la literatura realizada, donde Nielsen (Budiu & Nielsen, 2009) recomienda utilizar la observación y los protocolos verbales como metodologías para llevar a cabo el estudio de usabilidad en dispositivos móviles. Además (Nielsen J. , Usability Engineering, 1993) reconoce que es el método más utilizado para medir la usabilidad.

Las pruebas de usabilidad capturando métricas son buenas ya que permiten medir el grado en que se puede entender el software, aprender, ser operadas, medir que tan atractivo resulta para los usuarios (ISO 9126-1, 2000)

### 3.4 Lista de tareas

El tipo de tareas que se van utilizar son (Budiou & Nielsen, 2009) las tareas cerradas, que son aquellas donde se les pide a los participantes realicen tareas en específico. En la Tabla 15 se listan de manera general las tareas que se va a pedir a los participantes que realicen:

| No. | Tarea  |
|-----|--|
| 1   | Utilizar la herramienta de medir para obtener la longitud de todo el Andador J. Pani.  |
| 2   | Activar la capa de Centros de Información de INEGI e identificar la dirección del centro de consulta en Aguascalientes.  |
| 3   | Agregar la capa de Geología e identificar los tipos de rocas del estado de Aguascalientes  |
| 4   | Buscar la intersección de las calles Adolfo López Mateos y Héroe de Nacozari Sur en Aguascalientes.  |
| 5   | Identificar la manzana inmediata que se encuentra al norte de la presa El Cedazo, crear un área de influencia de 500 metros y decir cuántas manzanas fueron identificadas. |

Tabla 15. Tareas de la prueba

### 3.5 Factores y Métricas a capturar

Existen diversos factores y métricas propuestas por distintos autores e incluso estándares internacionales que sugieren cuales son los que deben de considerarse en los estudios de usabilidad.

Sin embargo, (Tullis & Albert, 2008) ha clasificado escenarios en los que se realizan las pruebas de usabilidad como comparación de productos, descubrimiento de problemas, comparación de diseños alternativos, maximización de la usabilidad para productos críticos, etc. Y además sugiere que métricas se deben de recolectar para cada uno de ellos, en la Figura 19 se puede apreciar los diversos escenarios y métricas propuestas a recolectar.

**Table 3.1** Ten Common Usability Study Scenarios and Their Most Appropriate Metrics

| Usability Study Scenario                                 | Task Success | Task Time | Errors | Efficiency | Learnability | Issues-Based Metrics | Self-Reported Metrics | Behavioral and Physiological Metrics | Combined and Comparative Metrics | Live Website Metrics | Card-Sorting Data |
|--|--------------|-----------|--------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| 1. Completing a transaction                              | X            |           |        | X          |              | X                    | X                     |                                      |                                  | X                    |                   |
| 2. Comparing products                                    | X            |           |        | X          |              |                      | X                     |                                      | X                                |                      |                   |
| 3. Evaluating frequent use of the same product           | X            | X         |        | X          | X            |                      | X                     |                                      |                                  |                      |                   |
| 4. Evaluating navigation and/or information architecture | X            |           | X      | X          |              |                      |                       |                                      |                                  |                      | X                 |
| 5. Increasing awareness                                  |              |           |        |            |              |                      | X                     | X                                    |                                  | X                    |                   |
| 6. Problem discovery                                     |              |           |        |            |              | X                    | X                     |                                      |                                  |                      |                   |
| 7. Maximizing usability for a critical product           | X            |           | X      | X          |              |                      |                       |                                      |                                  |                      |                   |
| 8. Creating an overall positive user experience          |              |           |        |            |              |                      | X                     | X                                    |                                  |                      |                   |
| 9. Evaluating the impact of subtle changes               |              |           |        |            |              |                      |                       |                                      |                                  | X                    |                   |
| 10. Comparing alternative designs                        | X            | X         |        |            |              | X                    | X                     |                                      | X                                |                      |                   |

Figura 19. Escenarios de pruebas de evaluación de la usabilidad Tillus and Albert

En base a lo sugerido por (Tullis & Albert, 2008) y (ISO 9126-1, 2000) los factores y las métricas que se recolectaran en este estudio son primeramente aguapadas en tres factores: Eficiencia, productividad y satisfacción, factores sugeridos por (ISO 9126-1, 2000) . Para los cuales se definieron las siguientes métricas:

### 3.5.1 Factor de Eficacia:

En este factor las métricas son utilizadas para evaluar la eficacia de las tareas realizadas por los usuarios al conseguir los objetivos especificados con la exactitud e integridad en un contexto especificado y solo se considerara que la medida haya sido lograda y no el cómo. En este estudio se consideran las siguientes métricas para evaluar el factor de eficacia, como se muestra en la Tabla 16. Métricas para Eficiencia consideradas en la prueba :

| Nombre de la métrica    | Descripción   |
|-------------------------|---|
| Eficacia de la tarea.   | ¿Qué proporción de los objetivos de la tarea se realizaron correctamente? |
| Terminación de la tarea | ¿Qué proporción de los objetivos de la tarea se ha completado?            |
| Frecuencia de error     | ¿Cuál es la frecuencia de errores?  |

Tabla 16. Métricas para Eficiencia consideradas en la prueba

### 3.5.2 Factor de Productividad

Las métricas del factor de productividad ayudan a evaluar los recursos que los usuarios consumen en relación con la efectividad alcanzada en un contexto de uso especificado. Las métricas utilizadas para medir la productividad son (Tabla 17):

| Nombre de la métrica   | Descripción                                     |
|------------------------|---|
| Tiempo de la tarea     | ¿Cuánto tiempo se tarda en completar una tarea? |
| Eficiencia de la tarea | ¿Qué tan eficientes son los usuarios?           |

Tabla 17. Métricas para Productividad consideradas en el estudio

### **3.5.3 Factor de Satisfacción:**

Las métricas de satisfacción se evaluarán con un cuestionario aplicado al final de la prueba, con el cual se busca capturar las actitudes del usuario hacia el uso del producto en un contexto de uso específico. El cuestionario utilizado es una traducción del cuestionario System Usability Scale (SUS, por sus siglas en inglés) es cual fue desarrollado en 1986. Su propósito es proporcionar un cuestionario fácil de completar (10 preguntas) y que permita establecer comparaciones cruzadas entre productos, con resultados simples y confiables (Brooke, 1996). El cuestionario se anexa en el Apéndice C.

Además también se incluirán los comentarios obtenidos de las grabaciones de los protocolos verbales.

### **3.6 Técnica de recolección de datos empleada**

Existen diversos métodos de recopilación de datos como la observación, entrevista, cuestionario, etc. Para la selección de un método de recolección de datos en esta prueba se investigaron diferentes Sws para la recolección automatizada como Morae, UserVue, The Observer, Ovo Logger.

Se optó por el software Morae porque es reconocido como el software número uno en su mercado reconocido por la funcionalidad que llega a tener y la facilidad de la generación de resultados. En este mismo software se graba video y audio de la sesión de prueba, el cual servirá para la captura de los pensamientos en voz alta por parte de los participantes.

Igualmente la ventaja de este software con respecto a los demás del mercado es que permite la realización de pruebas de usabilidad en dispositivos móviles, sin embargo, éstas todavía no están igual de automatizadas que en las pruebas de escritorio, pero facilita la realización en móviles.

### **3.7 Descripción del Procedimiento**

Para la realización de estas pruebas de usabilidad se adaptó una habitación la cual se ambientó para poder simular una oficina cerrada con un escritorio, sillas, y accesorios de oficina.

Sobre el escritorio se colocaron dos Laptops y una Web Cam, equipo de cómputo requerido por el Sw Morae para la grabación de la prueba. Las características de los equipos utilizados se pueden consultar en las tablas Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20:

| <b>Note Book HP dv6-61851a</b> |  |
|--------------------------------|--|
| Microprocesador                | Intel Core i7-2630QM de segunda generación a 2,00 GHz hasta 2,90 Ghz con Turbo Boost   |
| Memoria                        | SDRAM DDR3 de 6 GB (2 DIMM). Máximo admitido = 16 GB   |
| Gráficos de video              | Gráficos intercambiables Radeon HD 6770M con GDDR5 de 1024 MB y 4096 MB de memoria de gráficos en total  |
| Disco duro                     | Unidad de 750 GB (5400 RPM) con protección de disco duro HP ProtectSmart   |
| Unidad multimedia              | Grabadora de DVD SuperMulti  |
| Pantalla                       | Pantalla con retroiluminación LED de alta definición BrightView de 15,6 pulgadas en diagonal (1366 x 768)  |
| Tarjeta de red                 | LAN Gigabit Ethernet 10/100/1000 integrada (conector RJ-45) (9)  |
| Conectividad inalámbrica       | LAN inalámbrica 802.11b/g/n WLAN y Bluetooth con WiDi (36)   |
| Sonido                         | Audio Beats  |
| Teclado                        | Teclado tipo isla de tamaño normal con teclado numérico  |
| Dispositivo señalador          | Panel táctil compatible con multigestos y botón activar/desactivar. Panel táctil con bordes iluminados por LED: presione fn + barra espaciadora para activar o desactivar. |
| Sistema operativo              | Windows 7 Home Premium original (64 bits)  |

Tabla 18. Laptop utilizada por el participante en la prueba

| <b>Note Book VAIO</b> |  |
|-----------------------|--|
| Microprocesador       | Intel Core i3 a 2,13 GHz                                     |
| Memoria               | SDRAM DDR3 de 4GB  |
| Gráficos de video     | Gráficos intercambiables Radeon HD 6770M con GDDR5 de 512 MB |
| Disco duro            | Unidad de 500 GB (5400 RPM)                                  |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Unidad multimedia        | Grabadora de DVD  |
| Pantalla                 | Pantalla alta definición 15,6 pulgadas en diagonal (1366 x 768)     |
| Tarjeta de red           | LAN Gigabit Ethernet 10/100/1000 integrada (conector RJ-45) (9)     |
| Conectividad inalámbrica | LAN inalámbrica 802.11b/g/n WLAN y Bluetooth con WiDi (36)          |
| Teclado                  | Teclado tipo isla de tamaño normal con teclado numérico             |
| Dispositivo señalador    | Panel táctil compatible con multigestos y botón activar/desactivar. |
| Sistema operativo        | Windows 7 Home Premium original (64 bits)                           |

Tabla 19. Laptop utilizada por el observador en la prueba

| <b>Cámara de video</b>  |
|---|
| Lente CMOS sensor de color Sonix 201 DSP, 300 K pixels (interpolados a 5.0 píxels con Software) |
| Lente F2.2 ¼ inch con anillo de enfoque   |
| Resolución máxima de 2560 * 1920  |
| Profundidad de color 24 bits de color verdadero   |
| Formatos AVI, JPG, BMP  |

Tabla 20. Web Cam utilizada en la prueba

Una vez adaptado el lugar se procedió a generar dos archivos de configuración para el software Morae para los cuales se definieron escenarios, tareas, marcadores y una encuesta, la cual es presentada a los usuarios al finalizar la prueba. Una vez definidos los archivos de configuración se hicieron pruebas antes de que los participantes fueran citados a asistir al estudio.

Los participantes a la prueba fueron citados a una sesión uno a uno entre el especialista y el participante. Primeramente se le dio la bienvenida al participante, se le informo y explico sobre el objetivo de su participación en la prueba y se procedió a realizar la primera encuesta. Después se procedió a explicarle el procedimiento a seguir y se le entrego una hoja con las tareas realizar, la cual se le pidió que leyera y si no tenia duda alguna que procediera con el inicio de las tareas.

El guion de la prueba evaluación de la usabilidad utilizado por el observador se encuentra en el Apéndice D.

## Capítulo 4. Resultados



#### 4.1 Procedimiento de análisis de resultados

Autores como (Tullis & Albert, 2008) y (Sauro & Lewis, 2012) mencionan que la manera más adecuada para analizar los resultados de las pruebas de usabilidad es el uso de la estadística descriptiva, ya que ésta permite representar los datos obtenidos realizando cálculos de una manera sencilla y económica con el objetivo de poder describir apropiadamente las diversas características de los resultados, además de apreciar claramente el comportamiento y las tendencias de la información recopilada, mediante la agrupación de la información.

Para cada una de las métricas obtenidas de las pruebas de escritorio y dispositivos móviles, se calcularon medidas de tendencia central como la media, mediana; la media es considerada como la medida más útil y más utilizada en el análisis de las métricas y en la mayoría de los reportes de usabilidad (Tullis & Albert, 2008). Después se calcularon medidas de variabilidad como la desviación estándar, la cual permite describir la cantidad de variabilidad o dispersión de los datos. Después se graficaron los resultados de las pruebas estadísticas ya que permiten observar e interpretar la información de una manera más sencilla y rápida.

El análisis de los cuestionarios SUS, el cual proporciona un único número que representa una medida compuesta de la usabilidad general del sistema en estudio. Se debe tener en cuenta que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí solas.

Para calcular la puntuación del SUS, en primer lugar se deben sumar las contribuciones de puntuación de cada elemento. La contribución de cada elemento de la puntuación oscilará entre 0 y 4. Para las sentencias 1, 3, 5, 7 y 9 la contribución de puntuación es la posición de la escala menos 1. Para las sentencias 2, 4, 6, 8 y 10, la contribución es 5 menos la posición de la escala. Finalmente se multiplica la suma de las puntuaciones por 2.5 para obtener el valor total de la SU. Las puntuaciones SUS tienen un rango de 0 a 100.

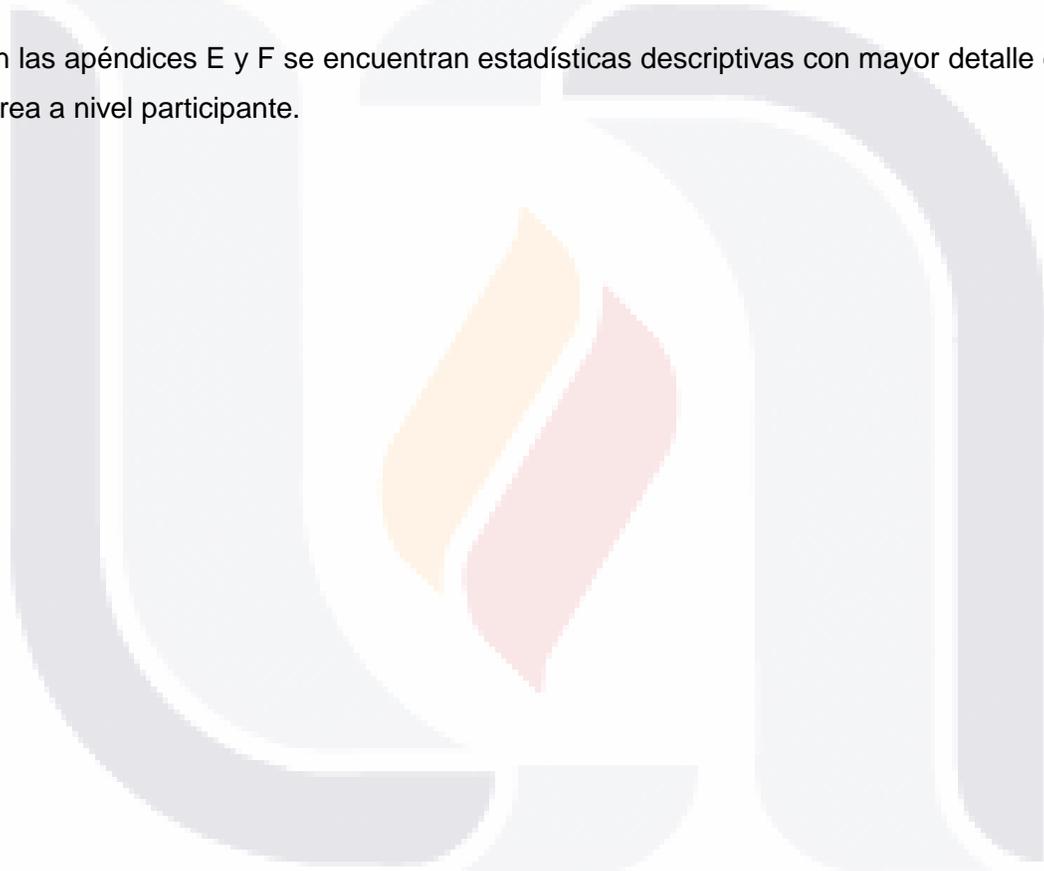
Para poder realizar la comparación entre los resultados del uso del Mapa Digital de México en Pc y en dispositivo móvil también se hizo uso de la estadística. (Tullis & Albert, 2008) sugiere se utilice el análisis de medidas repetidas o muestras pareadas en las situaciones donde la comparación de los resultados se hace con el mismo grupo de

participantes y se utiliza diferente dispositivo para probarlo, además de que debido a que el tamaño de la muestra es menor de 30.

El Sw utilizado para realizar la comparación estadística fue Excel 2007.

Los resultados se presentan primeramente agrupados según en donde se realizaron las pruebas, es decir en Pc o en el dispositivo móvil, para cada uno de ellos se presentan las métricas observadas en el siguiente orden eficacia de la tarea, tiempo de la tarea, clics por tarea, errores en la tarea, eficiencia en la tarea, satisfacción.

En las apéndices E y F se encuentran estadísticas descriptivas con mayor detalle de cada tarea a nivel participante.



## 4.2 Resultados las tareas en escritorio

### 4.2.1 Eficacia de la tarea

La eficiencia de la tarea es el éxito y en qué medida completo la tarea, definiéndose tres puntuaciones que se les asignaron a los usuarios durante la prueba, las cuales son:

1. Completar la tarea con facilidad
2. Completar la tarea con dificultad
3. No se pudo completar la tarea

La forma en cómo se calcula el resultado y se vacía en la Tabla 21, es que se asigna 100 si se cumple la puntuación o 0 si no se cumple las puntuaciones definidas, de manera global para obtener por tarea por puntuación se realiza un promedio de la por puntuación.

En la Tabla 21 se puede observa por tarea cual fue el éxito por participante y de manera global. Las Tarea 1 y Tarea 5 se observan que fueron concluidas con facilidad por todos los participantes. La Tarea 2 fue concluida fácilmente por 5 participantes y 1 lo concluyó con dificultad. La tarea 3 fue concluida fácilmente por el 50% de los participantes y el otro 50% la concluyo con dificultad. La Tarea 4 fue concluida con dificultad por todos los participantes.

| Distribución de éxito (Porcentaje) |                          | Usuario |     |     |     |     |     | Total |
|------------------------------------|--------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                                    |                          | 1 D     | 2 D | 3 D | 4 D | 5 D | 6 D |       |
| Tarea 1                            | Sin evaluar              | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|                                    | Concluida fácilmente     | 100     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100   |
|                                    | Concluida con dificultad | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|                                    | No se pudo completar     | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
| Tarea 2                            | Sin evaluar              | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|                                    | Concluida fácilmente     | 100     | 100 | 100 | 0   | 100 | 100 | 83.33 |
|                                    | Concluida con dificultad | 0       | 0   | 0   | 100 | 0   | 0   | 16.67 |

|         |                          |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Tarea 3 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|         | Concluida fácilmente     | 0   | 100 | 0   | 0   | 100 | 100 | 50  |
|         | Concluida con dificultad | 100 | 0   | 100 | 100 | 0   | 0   | 50  |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Tarea 4 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|         | Concluida fácilmente     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|         | Concluida con dificultad | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Tarea 5 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|         | Concluida fácilmente     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
|         | Concluida con dificultad | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

Tabla 21. Concentrado de los resultados de eficiencia por tarea en escritorio

De manera gráfica se puede observar (Figura 20) que solamente dos tareas se completaron con facilidad y tres tareas en color rojo fueron completadas con dificultad. Y resalta la Tarea 4 en la cual ningún usuario la pudo completar con facilidad.

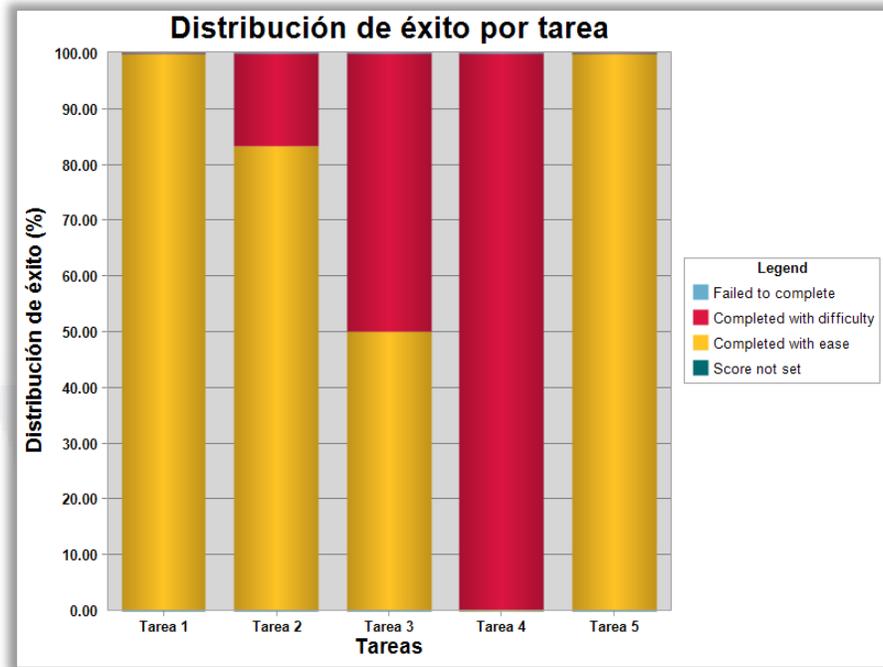


Figura 20. Distribución de eficacia por tareas en escritorio

#### 4.2.2 Tiempo de la tarea

El tiempo de las tareas es el total utilizado por el participante para realizar la tarea, en este caso se están incluyendo todos los tiempos que los participantes utilizaron para la realizar la tarea sin considerar él como la concluyó o si no la concluyó. Se observa en la Tabla 22 que la Tarea 2 fue la que menos tiempo se empleo para terminarla. La Tarea 4 fue en la que en promedio los participantes invirtieron más tiempo. En promedio la tarea que más tiempo se le invirtió fue la Tarea 4 y es la que tiene mayor tendencia a variar por debajo o por encima de dicho tiempo en 2.31 minutos.

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Usuario 1 D                  | 2.25    | 1.81    | 5.18    | 7.4     | 4.05    |
| Usuario 2 D                  | 1.25    | 0.57    | 1.86    | 3.72    | 1.07    |
| Usuario 3 D                  | 5.24    | 1.05    | 3.49    | 7.02    | 3.02    |
| Usuario 4 D                  | 1.52    | 1.76    | 3.49    | 3.3     | 2.1     |
| Usuario 5 D                  | 1.67    | 1.27    | 3.69    | 2.45    | 1.71    |
| Usuario 6 D                  | 0.76    | 0.9     | 2       | 2.06    | 1.12    |
| Mínimo                       | 0.76    | 0.57    | 1.86    | 2.06    | 1.07    |
| Máximo                       | 5.24    | 1.81    | 5.18    | 7.4     | 4.05    |

|                     |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Media               | 2.12 | 1.23 | 3.29 | 4.32 | 2.18 |
| Desviación estándar | 1.61 | 0.49 | 1.23 | 2.31 | 1.16 |

Tabla 22. Concentrado de tiempo de la tarea escritorio

En la Figura 21 rápidamente se aprecia que la tarea 4 es la que mayor promedio de tiempo fue invertido por los participantes y la tarea 2 es la que menos tiempo fue necesario invertir.

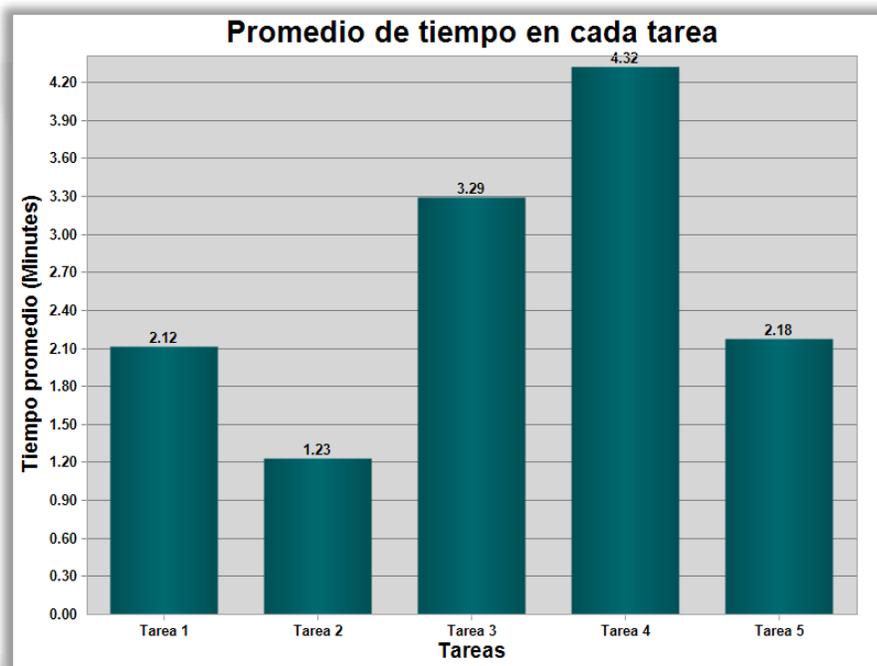


Figura 21. Promedio de tiempo de tareas en escritorio

### 4.2.3 Clics de la tarea

Es la cantidad de clics que el participante dio durante la realización de las tareas. De la Tabla 23 se concluye que las tareas que menor cantidad de clics recibieron fueron la Tarea 1 y Tarea 2 con 12 clics, la tarea donde se dio el máximo número de clics fue en la tarea 4 con 102 clics. Sin embargo la media más pequeña es la de la Tarea 2 con 17.83 clics y la Tarea 4 es donde en promedio se dieron más clics con 54.67. También para la tarea 4 es la que mayor tendencia a variar por debajo o por encima de dicho promedio de clics en 31.72 clics. En la tarea 4 se puede observar que la media se vio afectada debido a que el participante 1 dio una mayor cantidad de clics con respecto a los demás. La tarea

2 es la que tiene menor tendencia a variar ya que la desviación estándar es solo de 6.46 clics.

| Mouse Clics (Cuenta) | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Usuario 1 D          | 33      | 12      | 58      | 102     | 47      |
| Usuario 2 D          | 19      | 13      | 27      | 52      | 17      |
| Usuario 3 D          | 73      | 26      | 65      | 83      | 25      |
| Usuario 4 D          | 18      | 26      | 59      | 42      | 30      |
| Usuario 5 D          | 17      | 14      | 52      | 24      | 20      |
| Usuario 6 D          | 12      | 16      | 37      | 25      | 20      |
| Mínimo               | 12      | 12      | 27      | 24      | 17      |
| Máximo               | 73      | 26      | 65      | 102     | 47      |
| Media                | 28.67   | 17.83   | 49.67   | 54.67   | 26.5    |
| Desviación estándar  | 22.83   | 6.46    | 14.64   | 31.72   | 11.04   |

Tabla 23. Concentrado de clics por tareas escritorio

Nuevamente en la Figura 22 se observa que la Tarea 4 es donde en promedio los participantes se esforzaron más ya que tiene el promedio más alto de clics para completar la tarea. La tarea de menores clics fue la número 2 donde en promedio solo se dieron 18 clics para poder terminar la tarea.

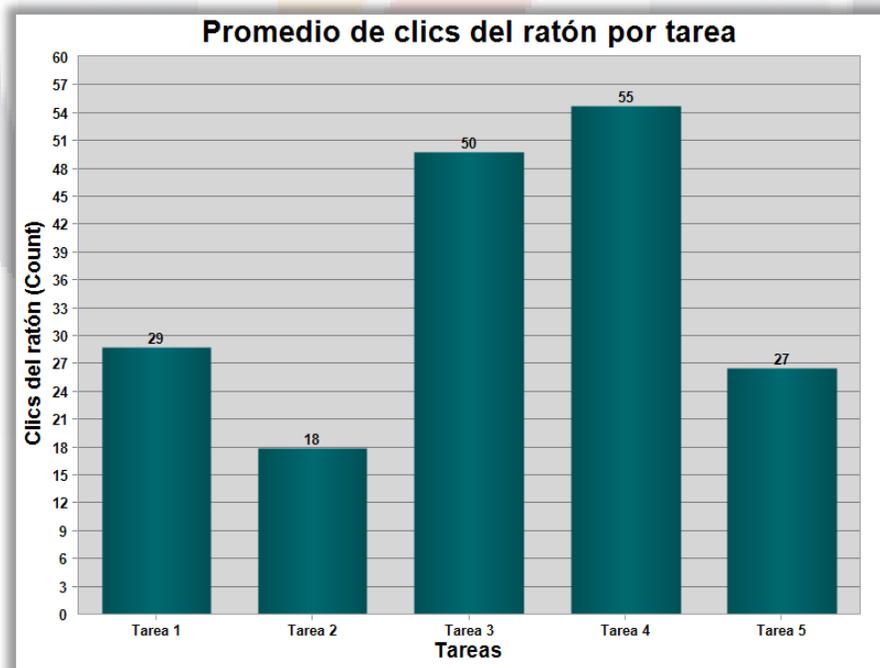


Figura 22. Promedio de clics por tarea en escritorio

#### 4.2.4 Errores de la tarea

Los errores al realizar las tareas son acciones incorrectas que hicieron que la tarea se retrasara o que la llevaron al fracaso. Los errores concentrados en la Tabla 24 permiten observar que los errores cometidos por los usuarios fueron relativamente pocos, la tarea donde se da el Máximo número de errores es la Tarea 4 con 3, es importante notar que todos los errores cometidos por los participantes en esta tarea fue cuando trataron de realizar la búsqueda de intersección de calles, en la cual el sistema no devolvió el resultado correcto. En todas las tareas hubo por lo menos un participante que no tuvo ningún error. La media o promedio de errores por tarea es muy bajo, siendo la Tarea 4 en la que la media es mayor con 1.7 errores, las Tareas 1 y 5 tienen la misma media con 0.17 errores.

| Errores por tarea (Cuenta) | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Usuario 1 D                | 0       | 0       | 0       | 1       | 1       |
| Usuario 2 D                | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| Usuario 3 D                | 0       | 1       | 0       | 1       | 0       |
| Usuario 4 D                | 0       | 2       | 4       | 1       | 0       |
| Usuario 5 D                | 0       | 1       | 1       | 3       | 0       |
| Usuario 6 D                | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       |
| Mínimo                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| Máximo                     | 1       | 2       | 4       | 3       | 1       |
| Media                      | 0.17    | 0.67    | 0.83    | 1.17    | 0.17    |
| Desviación estándar        | 0.41    | 0.82    | 1.6     | 0.98    | 0.41    |

Tabla 24. Concentrado de errores por tarea escritorio

En la Figura 23 se observa como las tareas 1 y 5 son en las que los usuarios cometieron menor número de errores y la tarea 4 es en la que se cometió el promedio mayor de errores.

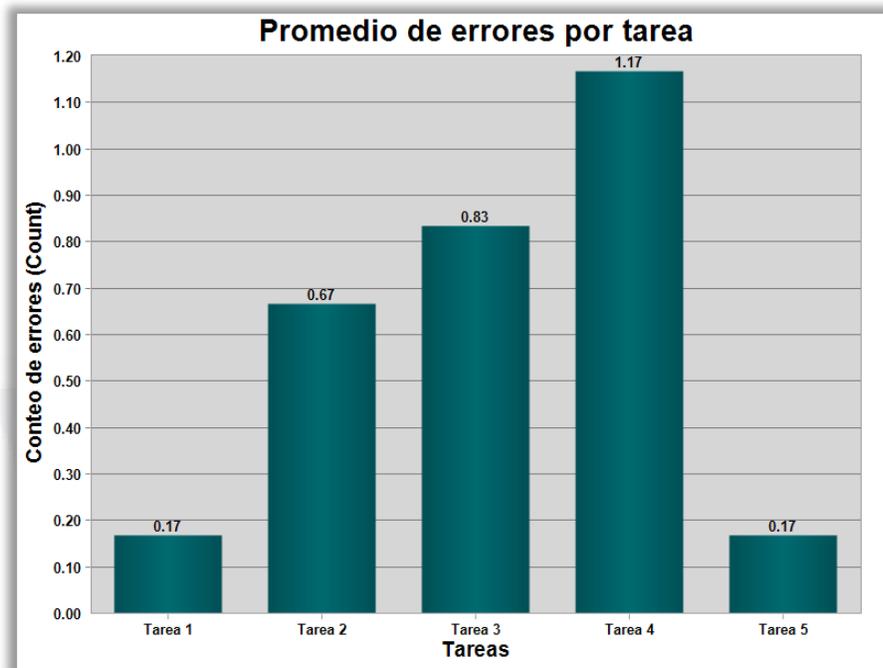


Figura 23. Promedio de errores por tarea en escritorio

#### 4.2.5 Eficiencia de la tarea

La eficiencia de la tarea se determina al calcular el porcentaje de las tareas concluidas (sin importar la complejidad que representó para los participantes), y dividirlo entre el tiempo promedio que requirió la tarea para ser concluida. Si el valor del resultado es muy alto, entonces significa que una gran cantidad de usuarios terminaron correctamente su tarea en poco tiempo.

En la Tabla 26 se puede observar que la tasa de tareas concluidas es de 100%, lo que marcó la diferencia fue el tiempo promedio de la tarea. El menor tiempo promedio registrado es 1.23 minutos en la tarea 2, lo cual la convierte en la tarea con mayor eficiencia registrada con un valor de 81.30; el mayor tiempo promedio registrado es de 4.32 minutos para la tarea 4, su eficiencia refleja un valor de 23.15 para ser la tarea menos eficiente.

| Eficiencia de la tarea | Tasa de tareas concluidas | Tiempo promedio de la tarea | Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|
| Tarea 1                | 100                       | 2.12                        | 47.17   |
| Tarea 2                | 100                       | 1.23                        | 81.30   |
| Tarea 3                | 100                       | 3.29                        | 30.40   |
| Tarea 4                | 100                       | 4.32                        | 23.15   |
| Tarea 5                | 100                       | 2.18                        | 45.87   |

Tabla 25. Concentrado de eficiencia por tareas escritorio

La Figura 24 permite dejar más en claro que la tarea 2 es la más eficiente, a la vez que la tarea menos eficiente es la tarea 4. Cabe hacer mención que el resto de la tareas presentan una eficiencia similar.

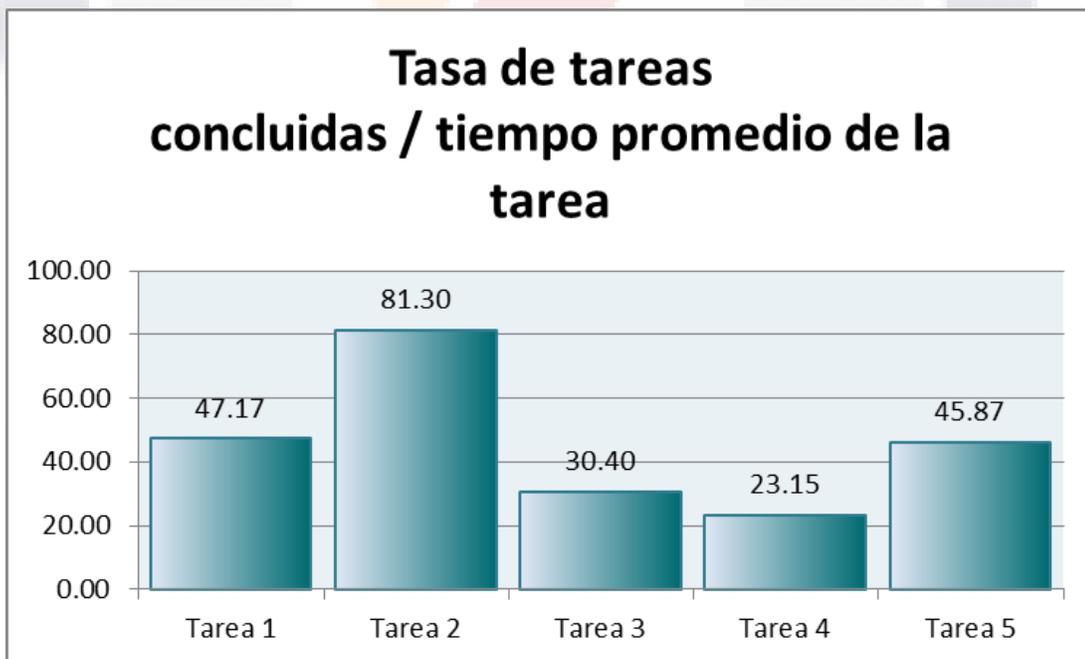


Figura 24. Porcentaje de eficiencia por tareas en escritorio

### 4.2.6 Satisfacción

La Tabla 26 presenta las respuestas que tuvo cada usuario a las diferentes sentencias que se le plantearon en la encuesta al concluir su participación en la prueba, de igual forma se indica la sumatoria que resultó de aplicar las fórmulas correspondientes y la puntuación de eficiencia obtenida. La puntuación más alta que se obtuvo fue del usuario 2 con un 60, y de forma contrastante el usuario 4 refleja la puntuación más baja con un 22.5.

| Answer Scores (Values) | Usuario 1 D | Usuario 2 D | Usuario 3 D | Usuario 4 D | Usuario 5 D | Usuario 6 D |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Q1                     | 1           | 4           | 1           | 1           | 3           | 4           |
| Q2                     | 5           | 2           | 4           | 4           | 4           | 4           |
| Q3                     | 2           | 4           | 2           | 2           | 2           | 3           |
| Q4                     | 4           | 4           | 4           | 4           | 3           | 3           |
| Q5                     | 3           | 4           | 3           | 3           | 2           | 4           |
| Q6                     | 3           | 2           | 4           | 4           | 4           | 2           |
| Q7                     | 1           | 4           | 1           | 1           | 3           | 3           |
| Q8                     | 4           | 4           | 4           | 4           | 4           | 2           |
| Q9                     | 3           | 3           | 2           | 2           | 2           | 3           |
| Q10                    | 4           | 3           | 3           | 4           | 4           | 3           |
| Sumatoria              | 10          | 24          | 10          | 9           | 13          | 23          |
| Puntuación             | 25          | 60          | 25          | 22.5        | 32.5        | 57.5        |

Tabla 26. Concentrado de cuestionario SUS por participante escritorio

De manera más clara se puede consultar la Figura 25, en la cual se ve claramente que el usuario 2 tiene la puntuación más alta con un 60, y la más baja pertenece al usuario 4 con 22.5.

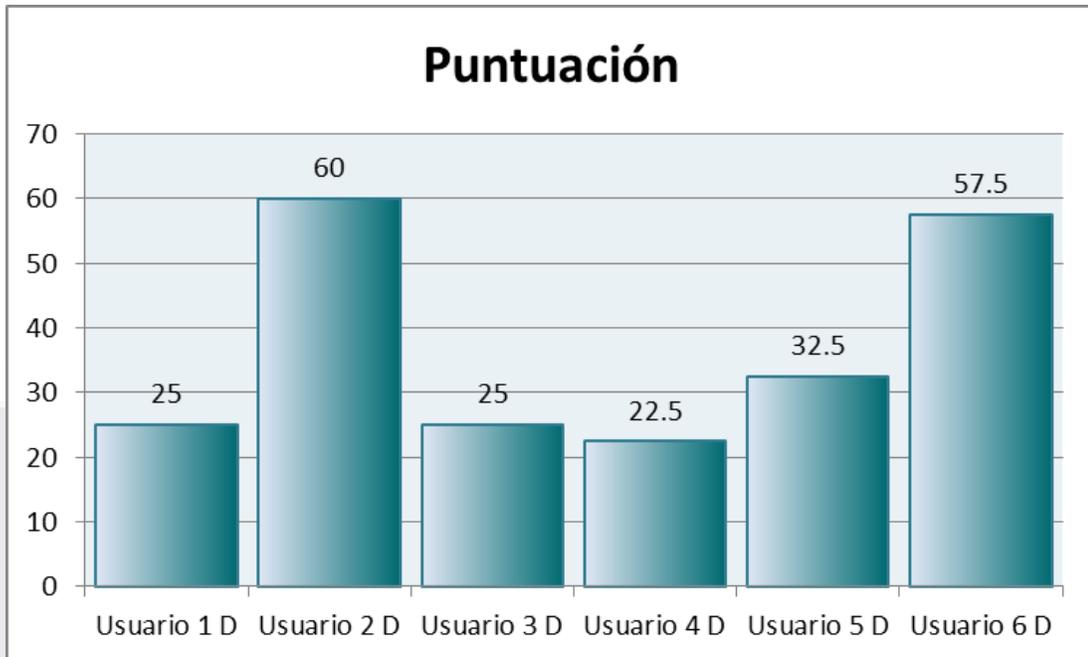
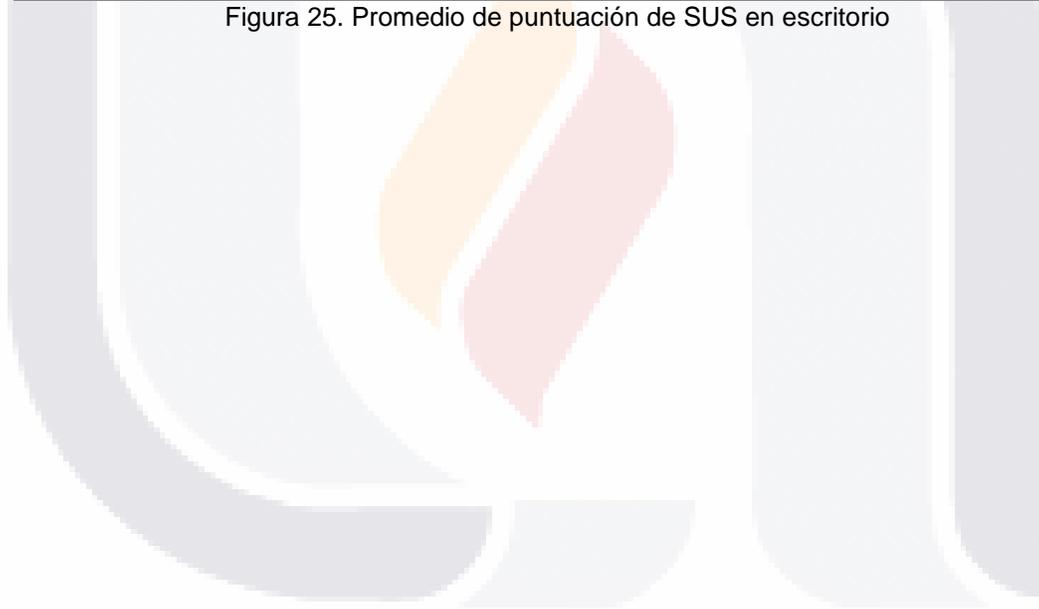


Figura 25. Promedio de puntuación de SUS en escritorio



### 4.3 Resultados las tareas en dispositivo móvil

#### 4.3.1 Eficacia de la tarea

La eficiencia de la tarea es el éxito y en qué medida completo la tarea, definiéndose tres puntuaciones que se les asignaron a los usuarios durante la prueba, las cuales son:

1. Completar la tarea con facilidad
2. Completar la tarea con dificultad
3. No se pudo completar la tarea

La forma en cómo se calcula el resultado y se vacía en la tabla, es que se asigna 100 si se cumple la puntuación ó 0 si no se cumplen las puntuaciones definidas, de manera global para obtener por tarea por puntuación se realiza un promedio de la por puntuación.

A continuación se presenta Tabla 27, en la que se puede apreciar el éxito que tuvieron los participantes en cada una de las tareas.

La tarea 1 presentó dificultad para ser completada a 5 de los 6 participantes, solamente 1 tuvo más facilidad. La tarea 4 tuvo un comportamiento similar a la tarea 1, la diferencia radica en que 1 participante no pudo concluir la tarea debido a la frustración que le causó el manejar el sistema en un dispositivo móvil con una pantalla de tamaño pequeño.

La tarea 2 tuvo una respuesta muy variada, el 50% de los participantes concluyeron con facilidad, 2 participantes concluyeron con dificultad y el restante de ellos no pudo completar la tarea.

Por su parte la tarea 3 fue concluida con dificultad por 4 participantes, cosa contraria para los otros 2 participantes que concluyeron con facilidad dicha tarea. Finalmente, la tarea 5 no pudo ser completada por 3 participantes, 2 de los participantes tuvieron dificultades para concluir y 1 concluyó de manera sencilla.

| Distribución de éxito (Porcentaje) |                      | Usuario |     |     |     |     |     | Total |
|------------------------------------|----------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                                    |                      | 1 M     | 2 M | 3 M | 4 M | 5 M | 6 M |       |
| Tarea 1                            | Sin evaluar          | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|                                    | Concluida fácilmente | 0       | 0   | 0   | 0   | 0   | 100 | 16.67 |

|         |                          |     |     |     |     |     |     |       |
|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|         | Concluida con dificultad | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0   | 83.33 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
| Tarea 2 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|         | Concluida fácilmente     | 100 | 0   | 0   | 100 | 0   | 100 | 50    |
|         | Concluida con dificultad | 0   | 0   | 100 | 0   | 100 | 0   | 33.33 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 100 | 0   | 0   | 0   | 0   | 16.67 |
| Tarea 3 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|         | Concluida fácilmente     | 0   | 0   | 0   | 100 | 0   | 100 | 33.33 |
|         | Concluida con dificultad | 100 | 100 | 100 | 0   | 100 | 0   | 66.67 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
| Tarea 4 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|         | Concluida fácilmente     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|         | Concluida con dificultad | 100 | 100 | 0   | 100 | 100 | 100 | 83.33 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 0   | 100 | 0   | 0   | 0   | 16.67 |
| Tarea 5 | Sin evaluar              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |
|         | Concluida fácilmente     | 100 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 16.67 |
|         | Concluida con dificultad | 0   | 0   | 100 | 0   | 0   | 100 | 33.33 |
|         | No se pudo completar     | 0   | 100 | 0   | 100 | 100 | 0   | 50    |

Tabla 27. Concentrado de eficacia por tareas en móvil

Gráficamente en la Figura 26 se puede apreciar claramente en color rojo que las tareas fueron concluidas con dificultad para la mayoría de los usuarios, también es de destacar que en 3 de las 5 tareas hubo fallas para completar las tareas, la tarea 5 fue la que presentó mayor problema. Por último se puede ver que solo en una tarea, la cuarta, no

existieron finalizaciones con facilidad, mientras que en las que si lo hubo fueron índices menores al 50% a excepción de la tarea 2 donde si se pudo alcanzar tal porcentaje.

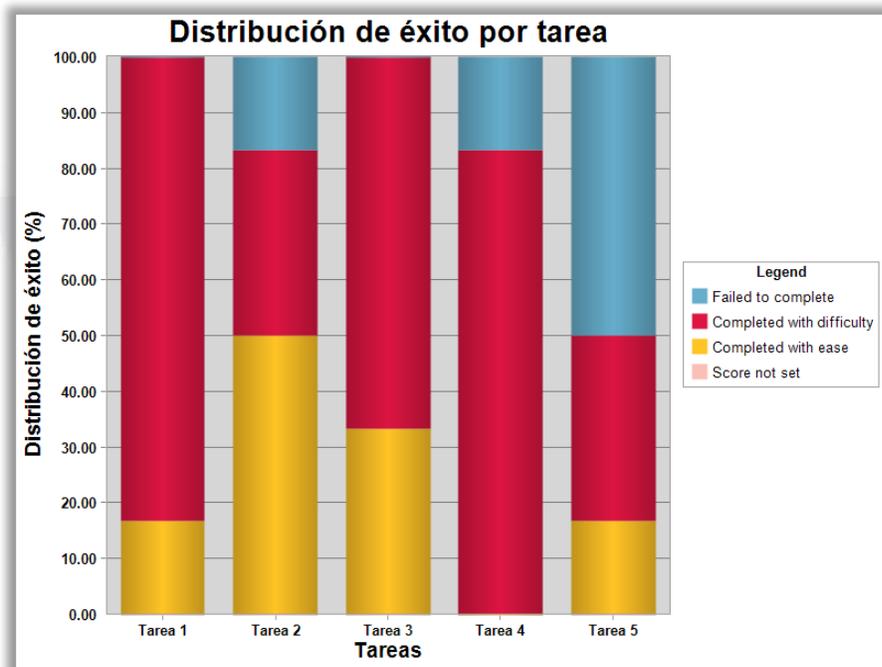


Figura 26. Distribución de eficacia por tarea en móvil

### 4.3.2 Tiempo de la tarea

El tiempo de las tareas se considera completo sin importar como se concluyó, y en caso de que no se haya concluido se tomará en cuenta hasta el punto donde el participante indicó ésta situación.

En la Tabla 26, podrá darse cuenta que el usuario 2 es el que registró mayores tiempos en el desarrollo de todas sus tareas, la que se llevó más tiempo es la tarea 2 con 12.63 minutos. La tarea que se ejecutó con menor tiempo fue la 2 en 0.78 minutos, el participante encargado de registrar este tiempo fue el usuario 4. En promedio la tarea que más tiempo requirió se le invirtiera fue la tarea 1 con 4.85 minutos, y la tarea 2 es la que tiene mayor tendencia a variar por debajo o por arriba de su tiempo promedio con 4.55 minutos.

| Tiempo en la tarea (Minutos) | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|

|                     |      |       |      |      |      |
|---------------------|------|-------|------|------|------|
| Usuario 1 M         | 3.17 | 1.54  | 4.52 | 2.6  | 1.8  |
| Usuario 2 M         | 9.67 | 12.63 | 9.15 | 9.61 | 9.43 |
| Usuario 3 M         | 4.78 | 2.26  | 3.17 | 2.64 | 5.74 |
| Usuario 4 M         | 2.15 | 0.78  | 1.27 | 3.4  | 2.76 |
| Usuario 5 M         | 6.4  | 3.48  | 7.26 | 6.95 | 3.46 |
| Usuario 6 M         | 2.91 | 0.81  | 2.03 | 2.31 | 2.42 |
| Mínimo              | 2.15 | 0.78  | 1.27 | 2.31 | 1.8  |
| Máximo              | 9.67 | 12.63 | 9.15 | 9.61 | 9.43 |
| Media               | 4.85 | 3.58  | 4.57 | 4.58 | 4.27 |
| Desviación estándar | 2.81 | 4.55  | 3.08 | 3.01 | 2.87 |

Tabla 28. Concentrado de tiempo por tareas en móvil

En la Figura 27 se puede identificar con claridad que la tarea que en promedio requirió mayor tiempo para ser llevada a cabo es la tarea 1, así como la que en promedio requirió menor tiempo es la tarea 2.

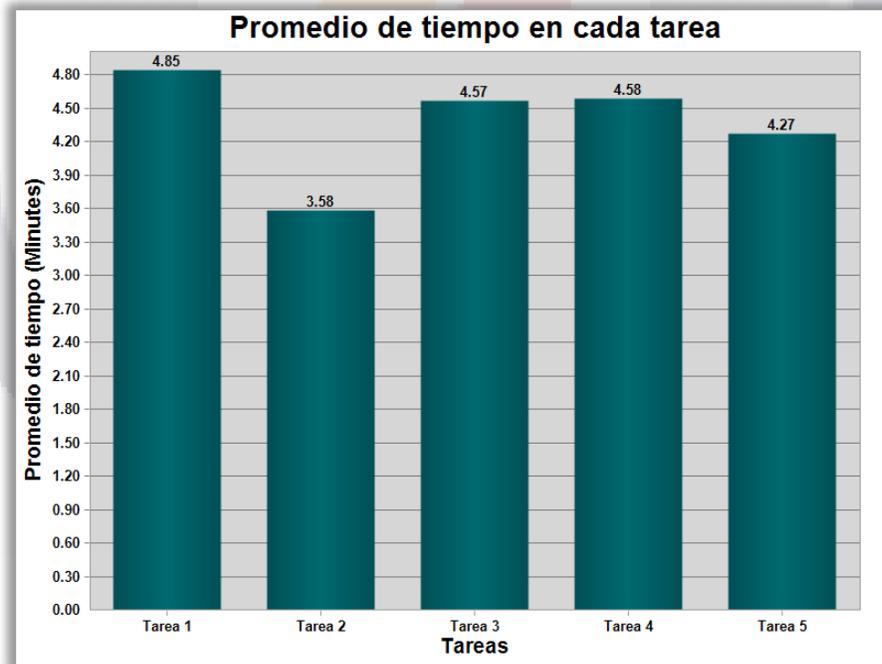


Figura 27. Promedio de tiempo por tareas en móvil

### 4.3.3 Clics de la tarea

Es la cantidad de clics que el participante dio durante la realización de las tareas. El menor número de clics registrado fue de 25 para la tarea 2, mientras el mayor número de clics fue para la tarea 4 con 689 clics. La media con menor número de clics lo registra la tarea 3 con 134.33 clics, la tarea con la media mayor de clics es la 4 con 233.67 clics. La tarea que cuenta con mayor tendencia a cambiar por su desviación estándar es la tarea 2 con 250.37 clics.

Cabe señalar que el usuario 2 registra el mayor número de clics en todas sus tareas, mientras el usuario 4 tiene el menor número de clics en todas las tareas a excepción de la tarea 5 donde el usuario 6 tiene menos.

| <b>Mouse Clics (Cuenta)</b> | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Usuario 1                   | 117     | 44      | 78      | 119     | 97      |
| Usuario 2                   | 404     | 658     | 505     | 689     | 496     |
| Usuario 3                   | 148     | 45      | 41      | 99      | 209     |
| Usuario 4                   | 46      | 25      | 48      | 178     | 98      |
| Usuario 5                   | 196     | 99      | 83      | 178     | 108     |
| Usuario 6                   | 104     | 28      | 51      | 139     | 85      |
| Mínimo                      | 46      | 25      | 41      | 99      | 85      |
| Máximo                      | 404     | 658     | 505     | 689     | 496     |
| Media                       | 169.16  | 149.83  | 134.33  | 233.67  | 182.17  |
| Desviación estándar         | 125.26  | 250.37  | 182.38  | 225.29  | 160.31  |

Tabla 29. Concentrado de clics por tareas en móvil

De manera más clara se puede revisar la Figura 28, donde se puede ver que la tarea 4 es la que registra el mayor número de clics en promedio, a la vez que el menor número de clics en promedio lo tiene la tarea 3.

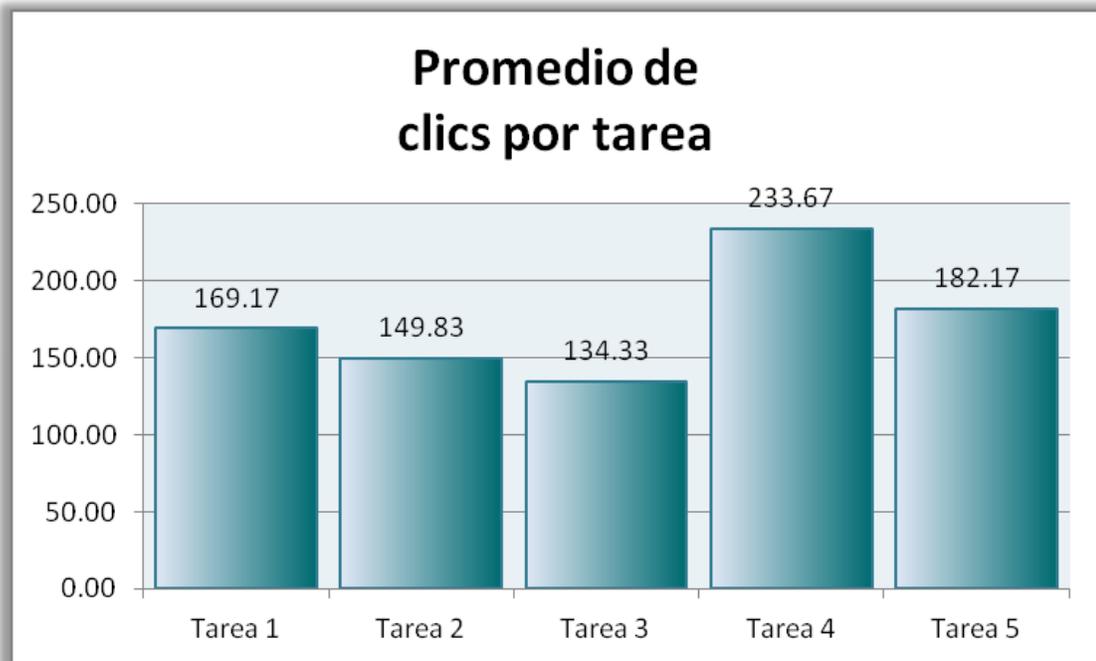


Figura 28. Promedio de clics por tarea en móvil

#### 4.3.4 Errores de la tarea

Los errores de la tarea son todas aquellas equivocaciones que tuvo el usuario al tratar de realizar alguna acción para concluir dicha asignación. En la Tabla 30 el menor número de errores fue de 1 y el mayor fue de 13, hay que hacer mención de que existieron también casos donde no se cometieron errores, caso concreto las tareas 2, 3 y 4. En promedio la tarea donde se cometieron más errores es en la 1 con 5.5 errores, así como las tareas donde en promedio se cometieron menos errores son las tareas 2 y 3 con 1.5 errores. La desviación estándar indica que la tarea 1 es la que presenta mayor tendencia a cambiar con 4.59 errores.

| Errores por tarea (Cuenta) | Tarea 1 | Tarea 2 | Tarea 3 | Tarea 4 | Tarea 5 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Usuario 1 M                | 1       | 1       | 2       | 0       | 1       |
| Usuario 2 M                | 13      | 3       | 2       | 2       | 2       |
| Usuario 3 M                | 6       | 2       | 1       | 1       | 2       |
| Usuario 4 M                | 4       | 1       | 0       | 4       | 3       |
| Usuario 5 M                | 8       | 2       | 3       | 5       | 3       |
| Usuario 6 M                | 1       | 0       | 1       | 3       | 1       |
| Mínimo                     | 1       | 0       | 0       | 0       | 1       |

|                     |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Máximo              | 13   | 3    | 3    | 5    | 3    |
| Media               | 5.5  | 1.5  | 1.5  | 2.5  | 2    |
| Desviación estándar | 4.59 | 1.05 | 1.05 | 1.87 | 0.89 |

Tabla 30. Concentrado de errores por tarea en móvil

En la Figura 29 puede identificar los errores cometidos por cada participante en cada una de las tareas, de tal forma que el usuario 2 cometió 13 errores en la tarea 1, además de ser el mayor número de errores en la prueba en dispositivos móviles. También se puede observar que la tarea 1 es la que cuenta con el mayor número de errores.

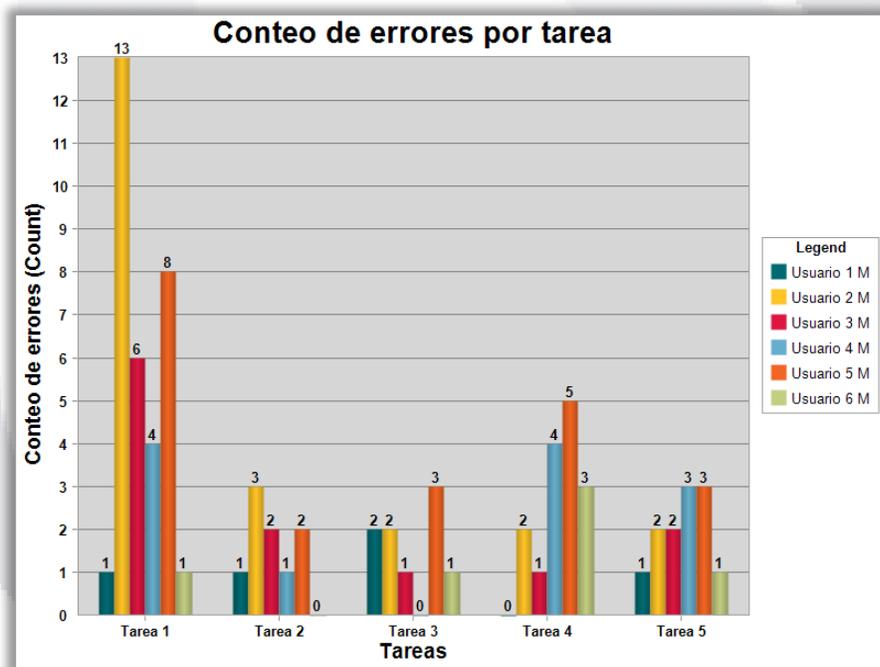


Figura 29. Conteo de errores por tarea móvil

### 4.3.5 Eficiencia de la tarea

La eficiencia de la tarea se determina al calcular el porcentaje de las tareas concluidas (sin importar la complejidad que representó para los participantes), y dividirlo entre el tiempo promedio que requirió la tarea para ser concluida. Si el valor del resultado es muy alto, entonces significa que una gran cantidad de usuarios terminaron correctamente su tarea en poco tiempo.

Los datos mostrados en la Tabla 31 indican que la tarea 2 es la que tiene una mayor eficiencia con un valor de 23.28, la tasa de tareas concluidas es de 83.33% y su tiempo promedio es de 3.58 minutos. Es importante señalar que la tarea 4 tiene la misma tasa de tareas concluidas, pero su tiempo promedio es de 4.58 minutos, lo cual viene a marcar la diferencia. Un punto relevante es que las tareas 1 y 3 tienen una mejor tasa de tareas concluidas, pero su tiempo promedio es más alto: 4.85 y 4.57 minutos respectivamente.

Finalmente la tarea con menor eficiencia es la 5 con un valor de 11.71, su tasa de tareas concluidas es de 50% y su tiempo promedio es de 4.27 minutos.

| <b>Eficiencia de la tarea</b> | <b>Tasa de tareas concluidas</b> | <b>Tiempo promedio de la tarea</b> | <b>Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea</b> |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| Tarea 1                       | 100                              | 4.85                               | 20.62  |
| Tarea 2                       | 83.33                            | 3.58                               | 23.28  |
| Tarea 3                       | 100                              | 4.57                               | 21.88  |
| Tarea 4                       | 83.33                            | 4.58                               | 18.19  |
| Tarea 5                       | 50                               | 4.27                               | 11.71  |

Tabla 31. Concentrado de eficiencia por tareas en móvil

En la Figura 30 se puede apreciar la gran diferencia que existe entre la tarea eficiente y la menos eficiente, el resto de las tareas tiene valores muy similares e incluso cercanos al más alto.

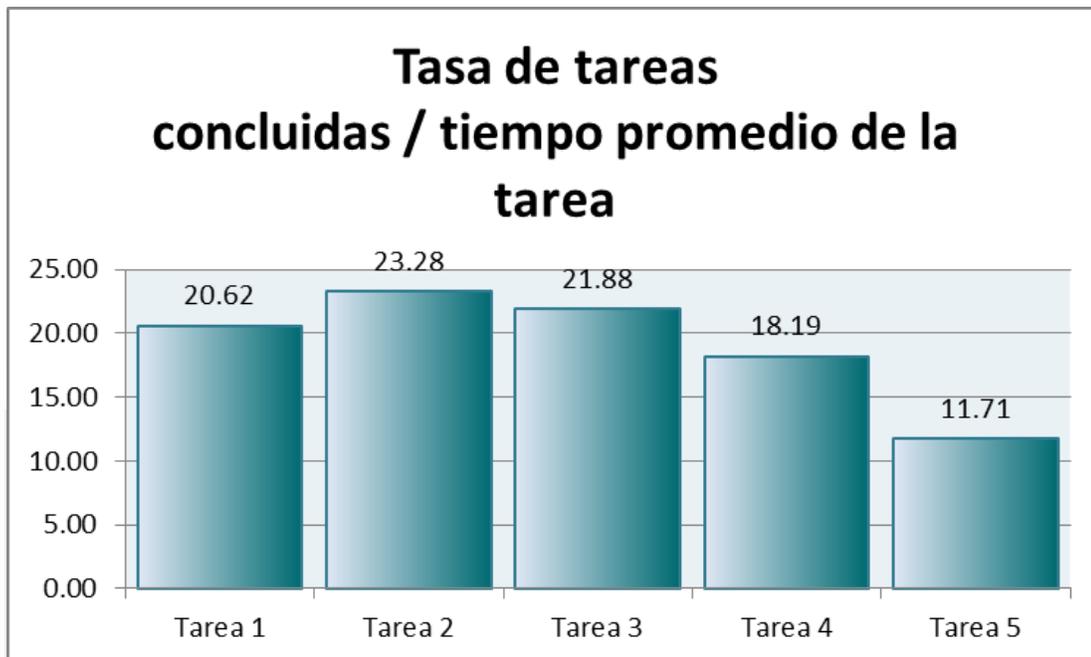


Figura 30. Porcentaje de eficiencia por tarea en móvil

#### 4.3.6 Satisfacción

La Tabla 32 presenta las respuestas que tuvo cada usuario a las diferentes sentencias que se le plantearon en la encuesta al concluir su participación en la prueba, de igual forma se indica la sumatoria que resultó de aplicar las fórmulas correspondientes y la puntuación de eficiencia obtenida. La puntuación más alta que se obtuvo fue del usuario 6 con 62.5, la puntuación más baja la comparten los usuario 3 y 5 con 10. El resto de puntuaciones son muy bajas, a excepción del usuario 2 que tiene una puntuación de 50 y está muy cercana a la más alta.

| Answer Scores (Values) | Usuario 1 D | Usuario 2 D | Usuario 3 D | Usuario 4 D | Usuario 5 D | Usuario 6 D |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Q1                     | 1           | 3           | 1           | 1           | 2           | 3           |
| Q2                     | 5           | 3           | 5           | 5           | 5           | 3           |
| Q3                     | 1           | 1           | 1           | 5           | 1           | 2           |
| Q4                     | 3           | 3           | 4           | 5           | 5           | 3           |
| Q5                     | 2           | 4           | 1           | 2           | 1           | 4           |

|            |      |    |    |      |    |      |
|------------|------|----|----|------|----|------|
| Q6         | 2    | 2  | 4  | 3    | 2  | 1    |
| Q7         | 2    | 4  | 1  | 1    | 1  | 3    |
| Q8         | 5    | 2  | 5  | 5    | 5  | 1    |
| Q9         | 2    | 2  | 1  | 1    | 1  | 3    |
| Q10        | 4    | 4  | 3  | 5    | 5  | 2    |
| Sumatoria  | 9    | 20 | 4  | 7    | 4  | 25   |
| Puntuación | 22.5 | 50 | 10 | 17.5 | 10 | 62.5 |

Tabla 32. Concentrado de cuestionario SUS en móvil

La Figura 31 permite identificar más fácilmente que la puntuación más alta es del usuario 6, así como la puntuación más baja que tienen en común los usuarios 3 y 5.

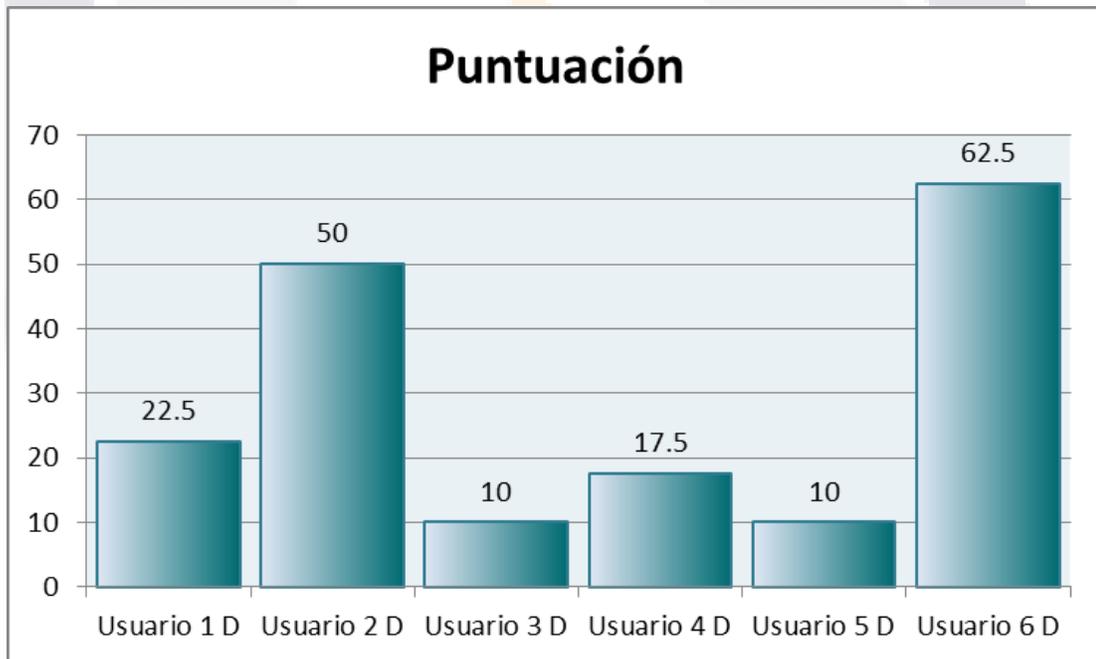


Figura 31. Promedio de puntuación de SUS en móvil

#### 4.4 Resultados de protocolos verbales

La presentación de los resultados de las pruebas de protocolos verbales, se hace dividiendo los comentarios de los participantes de la prueba en positivos y negativos para ambos contextos de la prueba, de escritorio como móvil.

Comentarios positivos del entorno de escritorio

- “Con esta plataforma me puedo dar cuenta de la información que tiene el INEGI”
- “Me agrada que sea gratuito”

Comentarios negativos del entorno de escritorio

- “Porque se tarda en devolver la información”
- “Porque la venta de la simbología no muestra todos los que están visibles”
- “Esperaba que al seleccionar la capa se refrescara el mapa, sin tener que presionar otro botón”
- “Porque no devuelve los resultados de Identificar en la misma ventana”
- “Me estorba las ayuda que sale”
- “Los colores que tiene están muy feos”
- “Porque no es igual de fácil que el google maps”
- “Qué difícil fue tener que tratar de saber cómo agregar más capas de información”
- “Los iconos de los botones no son muy representativos de las funciones que realizan”

Comentarios negativos del entorno móvil

- “El tamaño de los botones es muy pequeño”
- “Es muy incomodo poder desplazarse en el mapa con las herramientas de derecha”
- “Es imposible leer textos tan pequeños”
- “Tengo que dar muchos acercamientos para poder apreciar la información”
- “Me frustra tener que usa este mapa en el celular”
- “Me estorba más que nunca la ayuda”

## 4.5 Resultados la comparación entre resultados en escritorio y resultados en dispositivo móvil

### 4.5.1 Eficacia de la tarea

En la Tabla 34 el valor absoluto del estadístico  $T$  es menor al valor crítico de  $T$  (dos colas) o porque la probabilidad  $P(T \leq t)$  una cola es mayor a 0.05, entonces podemos aceptar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre la eficacia de las tareas concluidas en escritorio y la eficacia de las tareas concluidas en móvil. Por lo tanto no hubo diferencia en la eficiencia de las tareas ya que la mayoría fueron concluidas en ambos contextos.

| Eficiencia de la tarea | % Eficiencia de tareas concluidas D | % Eficiencia de tareas concluidas M |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Tarea 1                | 100                                 | 100                                 |
| Tarea 2                | 100                                 | 83.33                               |
| Tarea 3                | 100                                 | 100                                 |
| Tarea 4                | 100                                 | 83.33                               |
| Tarea 5                | 100                                 | 50                                  |

Tabla 33. Datos de % Eficiencia en contexto de escritorio y móvil

|  | % Eficiencia de tareas concluidas D | % Eficiencia de tareas concluidas M 2 |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Media                                  | 100                                 | 83.332                                |
| Varianza                               | 0                                   | 416.66667                             |
| Observaciones                          | 5                                   | 5                                     |
| Coefficiente de correlación de Pearson |                                     |                                       |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0                                   |                                       |
| Grados de libertad                     | 4                                   |                                       |
| Estadístico t                          | 1.82588791                          |                                       |
| $P(T \leq t)$ una cola                 | 0.07095169                          |                                       |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.13184678                          |                                       |
| $P(T \leq t)$ dos colas                | 0.14190338                          |                                       |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.77644511                          |                                       |

Tabla 34. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Eficiencia

### 4.5.2 Tiempo de la tarea

En los resultados de comparar las dos muestras del tiempo de las tareas los resultados observados en ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., Tabla 37, Tabla 39, Tabla 41 y Tabla 43 se observa que en ninguna de las tareas existe ninguna diferencia estadística de media significativa. La tarea 1 es la que más podría estar cerca de tener una diferencia estadística, ya que *el estadístico t* es menor al valor es menor al valor crítico de T (dos colas) y la diferencia entre la probabilidad P ( $T \leq t$ ) dos colas con respecto a 0.05.

Para las tareas 2, 3, 4 y 5 el valor absoluto del estadístico T es menor al valor crítico de T (dos colas) o porque la probabilidad P ( $T \leq t$ ) una cola es mayor a 0.005, entonces podemos aceptar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre los tiempos de las tareas concluidas en escritorio y tiempos de las tareas concluidas en móvil. Por lo tanto no hubo diferencia en el tiempo requerido para terminar las tareas.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 1**

|           | Tarea1 D | Tarea1 M |
|-----------|----------|----------|
| Usuario 1 | 2.25     | 3.17     |
| Usuario 2 | 1.25     | 9.67     |
| Usuario 3 | 5.24     | 4.78     |
| Usuario 4 | 1.52     | 2.15     |
| Usuario 5 | 1.67     | 6.4      |
| Usuario 6 | 0.76     | 2.91     |

Tabla 35. Datos de tiempo de tarea 1 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Tarea1 D</i> | <i>Tarea1 M</i> |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Media                                 | 2.115           | 4.8466667       |
| Varianza                              | 2.58403         | 7.9031467       |
| Observaciones                         | 6               | 6               |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.047328352    |                 |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0               |                 |
| Grados de libertad                    | 5               |                 |
| Estadístico t                         | -2.025315649    |                 |
| P( $T \leq t$ ) una cola              | 0.049349448     |                 |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.015048372     |                 |

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| P(T<=t) dos colas              | 0.098698896 |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.570581835 |

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 2**

|           | Tarea2 D | Tarea 2 M |
|-----------|----------|-----------|
| Usuario 1 | 1.81     | 1.54      |
| Usuario 2 | 0.57     | 12.63     |
| Usuario 3 | 1.05     | 2.26      |
| Usuario 4 | 1.76     | 0.78      |
| Usuario 5 | 1.27     | 3.48      |
| Usuario 6 | 0.9      | 0.81      |

Tabla 36. Datos de tiempo de tarea 2 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | Tarea2 D     | Tarea 2 M   |
|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Media                                 | 1.226666667  | 3.583333333 |
| Varianza                              | 0.239146667  | 20.66586667 |
| Observaciones                         | 6            | 6           |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.674052782 |             |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0            |             |
| Grados de libertad                    | 5            |             |
| Estadístico t                         | -1.180746819 |             |
| P(T<=t) una cola                      | 0.14540299   |             |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.015048372  |             |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.290805979  |             |
| Valor crítico de t (dos colas)        | 2.570581835  |             |

Tabla 37. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 2

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 3**

|           | Tarea3 D | Tarea 3 M |
|-----------|----------|-----------|
| Usuario 1 | 5.18     | 4.52      |
| Usuario 2 | 1.86     | 9.15      |
| Usuario 3 | 3.49     | 3.17      |
| Usuario 4 | 3.49     | 1.27      |
| Usuario 5 | 3.69     | 7.26      |
| Usuario 6 | 2        | 2.03      |

Tabla 38. Datos de tiempo de tarea 3 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|  | Tarea3 D     | Tarea 3 M   |
|--|--------------|-------------|
| Media                                  | 3.285        | 4.566666667 |
| Varianza                               | 1.50419      | 9.503306667 |
| Observaciones                          | 6            | 6           |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.170935393 |             |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0            |             |
| Grados de libertad                     | 5            |             |
| Estadístico t                          | -0.895152767 |             |
| P(T<=t) una cola                       | 0.205861003  |             |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.015048372  |             |
| P(T<=t) dos colas                      | 0.411722006  |             |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.570581835  |             |

Tabla 39. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 3

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 4**

|           | Tarea 4 D | Tarea 4 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 7.4       | 2.6       |
| Usuario 2 | 3.72      | 9.61      |
| Usuario 3 | 7.02      | 2.64      |
| Usuario 4 | 3.3       | 3.4       |
| Usuario 5 | 2.45      | 6.95      |
| Usuario 6 | 2.06      | 2.31      |

Tabla 40. Datos de tiempo de tarea 4 en contexto de escritorio y móvil

|  | Tarea 4 D    | Tarea 4 M |
|--|--------------|-----------|
| Media                                  | 4.325        | 4.585     |
| Varianza                               | 5.35623      | 9.02939   |
| Observaciones                          | 6            | 6         |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.358123618 |           |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0            |           |
| Grados de libertad                     | 5            |           |
| Estadístico t                          | -0.144717611 |           |

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| P(T<=t) una cola               | 0.445293182 |
| Valor crítico de t (una cola)  | 2.015048372 |
| P(T<=t) dos colas              | 0.890586364 |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.570581835 |

Tabla 41. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 4

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 5**

|           | Tarea 5 D | Tarea 5 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 4.05      | 1.8       |
| Usuario 2 | 1.07      | 9.43      |
| Usuario 3 | 3.02      | 5.74      |
| Usuario 4 | 2.1       | 2.76      |
| Usuario 5 | 1.71      | 3.46      |
| Usuario 6 | 1.12      | 2.42      |

Tabla 42. Datos de tiempo de tarea 5 en contexto de escritorio y móvil

|  | Tarea 5 D    | Tarea 5 M   |
|--|--------------|-------------|
| Media                                  | 2.178333333  | 4.268333333 |
| Varianza                               | 1.357096667  | 8.249216667 |
| Observaciones                          | 6            | 6           |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.397455703 |             |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0            |             |
| Grados de libertad                     | 5            |             |
| Estadístico t                          | -1.461741009 |             |
| P(T<=t) una cola                       | 0.101830304  |             |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.015048372  |             |
| P(T<=t) dos colas                      | 0.203660608  |             |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.570581835  |             |

Tabla 43. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para Tiempo de la Tarea 5

### 4.5.3 Clics de la tarea

Al realizar la comparación de medias de los clics en la Tabla 45, Tabla 47, Tabla 49, Tabla 51 y Tabla 53 para las tareas se observa que para la Tarea 1 el valor absoluto del estadístico T es mayor al valor crítico de T (dos colas) y porque la probabilidad P ( $T \leq t$ ) una cola es menor a 0.05, entonces podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre la clics de las tarea 1 en escritorio y los clics de las tarea 1 en móvil. Por lo tanto hubo diferencia entre los clics de la tarea 1 en ambos contextos.

Por el contrario para las tareas 2, 3, 4, 5 el valor absoluto del estadístico T es menor al valor crítico de T (dos colas) y la probabilidad P ( $T \leq t$ ) dos colas es mayor a 0.05, entonces podemos aceptar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre los clics de las tareas 2, 3, 4, 5 en escritorio y clics de las tareas 2, 3, 4, 5 en móvil. Por lo tanto no hubo diferencia en los clics de las tareas 2, 3, 4, 5.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 1**

|           | Tarea 1 D | Tarea 1 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 33        | 117       |
| Usuario 2 | 19        | 404       |
| Usuario 3 | 73        | 148       |
| Usuario 4 | 18        | 46        |
| Usuario 5 | 17        | 196       |
| Usuario 6 | 12        | 104       |

Tabla 44. Datos de clics de la tarea 1 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 28.67             | 169.17       |
| Varianza                              | 521.07            | 15690.57     |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.09             |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Estadístico t                  | -2.66 |
| P(T<=t) una cola               | 0.02  |
| Valor crítico de t (una cola)  | 2.02  |
| P(T<=t) dos colas              | 0.04  |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.57  |

Tabla 45. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 1

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 2**

|           | Tarea 2 D | Tarea 2 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 12        | 44        |
| Usuario 2 | 13        | 658       |
| Usuario 3 | 26        | 45        |
| Usuario 4 | 26        | 25        |
| Usuario 5 | 14        | 99        |
| Usuario 6 | 16        | 28        |

Tabla 46.. Datos de clics de la tarea 2 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|  | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|--|-------------------|--------------|
| Media                                  | 17.83             | 149.83       |
| Varianza                               | 41.77             | 62686.97     |
| Observaciones                          | 6.00              | 6.00         |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.41             |              |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.00              |              |
| Grados de libertad                     | 5.00              |              |
| Estadístico t                          | -1.28             |              |
| P(T<=t) una cola                       | 0.13              |              |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                      | 0.26              |              |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.57              |              |

Tabla 47. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 2

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 3**

|           | Tarea 3 D | Tarea 3 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 58        | 78        |
| Usuario 2 | 27        | 505       |
| Usuario 3 | 65        | 41        |
| Usuario 4 | 59        | 48        |
| Usuario 5 | 52        | 83        |
| Usuario 6 | 37        | 51        |

Tabla 48. Datos de clics de la tarea 3 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 49.67             | 134.33       |
| Varianza                              | 214.27            | 33262.27     |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.76             |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |
| Estadístico t                         | -1.07             |              |
| P(T<=t) una cola                      | 0.17              |              |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.33              |              |
| Valor crítico de t (dos colas)        | 2.57              |              |

Tabla 49. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 3

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 4**

|           | Tarea 4 D | Tarea 5 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 102       | 119       |
| Usuario 2 | 52        | 689       |
| Usuario 3 | 83        | 99        |
| Usuario 4 | 42        | 178       |
| Usuario 5 | 24        | 178       |
| Usuario 6 | 25        | 139       |

Tabla 50. Datos de clics de la tarea 4 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|  | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|--|-------------------|--------------|
| Media                                  | 54.67             | 233.67       |
| Varianza                               | 1006.27           | 50754.27     |
| Observaciones                          | 6.00              | 6.00         |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.15             |              |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.00              |              |
| Grados de libertad                     | 5.00              |              |
| Estadístico t                          | -1.89             |              |
| P(T<=t) una cola                       | 0.06              |              |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                      | 0.12              |              |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.57              |              |

Tabla 51. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 4

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 5**

|           | Tarea 5 D | Tarea 5 M |
|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 47        | 97        |
| Usuario 2 | 17        | 496       |
| Usuario 3 | 25        | 209       |
| Usuario 4 | 30        | 98        |
| Usuario 5 | 20        | 108       |
| Usuario 6 | 20        | 85        |

Tabla 52. Datos de clics de la tarea 5 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|  | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|--|-------------------|--------------|
| Media                                  | 26.50             | 182.17       |
| Varianza                               | 121.90            | 25698.17     |
| Observaciones                          | 6.00              | 6.00         |
| Coefficiente de correlación de Pearson | -0.45             |              |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.00              |              |
| Grados de libertad                     | 5.00              |              |
| Estadístico t                          | -2.30             |              |

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| P( $T \leq t$ ) una cola              | 0.03        |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02        |
| P( $T \leq t$ ) dos colas             | 0.07        |
| <u>Valor crítico de t (dos colas)</u> | <u>2.57</u> |

Tabla 53. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para clics de la Tarea 5



#### 4.5.4 Errores de la tarea

En la comparación estadística de las medias de los errores por tareas; concentradas en la Tabla 55, Tabla 57, Tabla 59, Tabla 61 y Tabla 63 , se observa la tarea 1 y 5 el valor absoluto del estadístico T es mayor al valor crítico de T (dos colas) y la probabilidad P ( $T \leq t$ ) una cola es menor a 0.05, entonces podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre los errores de las tarea 1 y 5 en escritorio y los errores de las tarea 1 y 5 en móvil. Por lo tanto hubo diferencia estadística de medias entre los errores de las tareas 1 y 5 en ambos contextos.

Por el contrario para las tareas 2, 3 y 4 el valor absoluto del estadístico T es menor al valor crítico de T (dos colas) y la probabilidad P ( $T \leq t$ ) dos colas es mayor a 0.05, entonces podemos aceptar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre los errores de las tareas 2, 3, y 4 en escritorio y los errores de las tareas 2, 3, y 4 en móvil. Por lo tanto no hubo diferencia en los errores de las tareas 2, 3, y 4.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 1**

|             | Tarea 1 D | Tarea 1 M |
|-------------|-----------|-----------|
| Usuario 1 D | 0         | 1         |
| Usuario 2 D | 1         | 13        |
| Usuario 3 D | 0         | 6         |
| Usuario 4 D | 0         | 4         |
| Usuario 5 D | 0         | 8         |
| Usuario 6 D | 0         | 1         |

Tabla 54. Datos de errores de la tarea 1 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 0.17              | 5.50         |
| Varianza                              | 0.17              | 21.10        |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0.80              |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Estadístico t                         | -3.06       |
| P(T<=t) una cola                      | 0.01        |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02        |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.03        |
| <u>Valor crítico de t (dos colas)</u> | <u>2.57</u> |

Tabla 55. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 1

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 2**

|             | Tarea 2 D | Tarea 2 M |
|-------------|-----------|-----------|
| Usuario 1 D | 0         | 1         |
| Usuario 2 D | 0         | 3         |
| Usuario 3 D | 1         | 2         |
| Usuario 4 D | 2         | 1         |
| Usuario 5 D | 1         | 2         |
| Usuario 6 D | 0         | 0         |

Tabla 56. Datos de errores de la tarea 2 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 0.67              | 1.50         |
| Varianza                              | 0.67              | 1.10         |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0.00              |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |
| Estadístico t                         | -1.54             |              |
| P(T<=t) una cola                      | 0.09              |              |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.19              |              |
| <u>Valor crítico de t (dos colas)</u> | <u>2.57</u>       |              |

Tabla 57. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 2

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 3**

|             | Tarea 3 D | Tarea 3 M |
|-------------|-----------|-----------|
| Usuario 1 D | 0         | 2         |
| Usuario 2 D | 0         | 2         |
| Usuario 3 D | 0         | 1         |
| Usuario 4 D | 4         | 0         |
| Usuario 5 D | 1         | 3         |
| Usuario 6 D | 0         | 1         |

Tabla 58. Datos de errores de la tarea 3 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 0.83              | 1.50         |
| Varianza                              | 2.57              | 1.10         |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.54             |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |
| Estadístico t                         | -0.70             |              |
| P(T<=t) una cola                      | 0.26              |              |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.52              |              |
| Valor crítico de t (dos colas)        | 2.57              |              |

Tabla 59. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 3

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 4**

|             | Tarea 4 D | Tarea 4 M |
|-------------|-----------|-----------|
| Usuario 1 D | 1         | 0         |
| Usuario 2 D | 0         | 2         |
| Usuario 3 D | 1         | 1         |
| Usuario 4 D | 1         | 4         |
| Usuario 5 D | 3         | 5         |
| Usuario 6 D | 1         | 3         |

Tabla 60. Datos de errores de la tarea 4 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 1.17              | 2.50         |
| Varianza                              | 0.97              | 3.50         |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0.60              |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |
| Estadístico t                         | -2.17             |              |
| P(T<=t) una cola                      | 0.04              |              |
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02              |              |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.08              |              |
| Valor crítico de t (dos colas)        | 2.57              |              |

Tabla 61. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 4

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la **Tarea 5**

|             | Tarea 5 D | Tarea 5 M |
|-------------|-----------|-----------|
| Usuario 1 D | 1         | 1         |
| Usuario 2 D | 0         | 2         |
| Usuario 3 D | 0         | 2         |
| Usuario 4 D | 0         | 3         |
| Usuario 5 D | 0         | 3         |
| Usuario 6 D | 0         | 1         |

Tabla 62. Datos de errores de la tarea 5 en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|                                       | <i>Escritorio</i> | <i>Móvil</i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Media                                 | 0.17              | 2.00         |
| Varianza                              | 0.17              | 0.80         |
| Observaciones                         | 6.00              | 6.00         |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0.55             |              |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.00              |              |
| Grados de libertad                    | 5.00              |              |
| Estadístico t                         | -3.84             |              |
| P(T<=t) una cola                      | 0.01              |              |

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Valor crítico de t (una cola)         | 2.02        |
| P(T<=t) dos colas                     | 0.01        |
| <u>Valor crítico de t (dos colas)</u> | <u>2.57</u> |

Tabla 63. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para los errores de la Tarea 5



### 4.6.5 Eficiencia de la tarea

De la comparación estadística de medias de la eficiencia de las tareas (Tabla 65) se observa que el valor absoluto del estadístico T es menor al valor crítico de T (dos colas) y porque la probabilidad P ( $T \leq t$ ) una cola es menor a 0.05, entonces podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre la eficiencia de la eficiencia de las tareas en escritorio y la eficiencia de las tareas concluidas en móvil. Por lo tanto hubo diferencia estadística significativa en la eficiencia.

|         | Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea D | Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea E |
|---------|---|---|
| Tarea 1 | 47.17   | 20.62   |
| Tarea 2 | 81.3  | 23.28   |
| Tarea 3 | 30.4  | 21.88   |
| Tarea 4 | 23.15   | 18.19   |
| Tarea 5 | 45.87   | 11.71   |

Tabla 64. Datos de eficiencia de la tareas en contexto de escritorio y móvil

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

|  | Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea D | Tasa de tareas concluidas / tiempo promedio de la tarea E |
|--|---|---|
| Media                                  | 45.578  | 19.136  |
| Varianza                               | 503.01697   | 20.73623  |
| Observaciones                          | 5   | 5   |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0.312821185   |   |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0   |   |
| Grados de libertad                     | 4   |   |
| Estadístico t                          | 2.787200904   |   |
| P( $T \leq t$ ) una cola               | 0.025497946   |   |
| Valor crítico de t (una cola)          | 2.131846782   |   |
| P( $T \leq t$ ) dos colas              | 0.050995891   |   |
| Valor crítico de t (dos colas)         | 2.776445105   |   |

Tabla 65. Resultados Prueba t para medias de dos muestras pareas para eficiencia de las tareas

# Capítulo 5. Conclusiones



En la Dirección de Geografía de INEGI, se desarrolló el sistema geográfico llamado “Mapa Digital de México”, el cual fue diseñado para ser usado en ambientes o contextos de escritorio. Debido al auge del uso de los dispositivos móviles y a al incremento de los usuarios que acceden a Internet por medio de éstos, nace el interés de conocer el desempeño que tiene siendo usado en dispositivos móviles, para poder determinar si es necesario o no el desarrollo de una aplicación de uso exclusivo para ambientes móviles.

Para ello se realizaron pruebas de evaluación de la usabilidad en ambos contextos, de escritorio y móvil. Las pruebas fueron realizadas por el mismo grupo de participantes en los dos contextos. Los métodos seleccionados para medir la usabilidad fueron protocolos verbales y medición de métricas, implementados simultáneamente. Teniendo los resultados de ambas pruebas, se procedió a realizar una comparación estadística con la prueba de Muestras Pareadas, ya que la información a comprar fue obtenida por el mismo conjunto de participantes.

### **5.1 Hallazgos encontrados al aplicar los métodos de evaluación de la usabilidad al “Mapa Digital de México”**

Del análisis realizado a la información obtenida de las pruebas de evaluación de la usabilidad, mediante la aplicación de las técnicas de protocolos verbales y medición métricas se obtiene por tarea las siguientes observaciones:

- Tarea 1. “Utilizar la herramienta de medir para obtener la longitud de todo el Andador J. Pani”.

La herramienta de medir confundió a algunos usuarios, pues ellos tenían la creencia de que solo se marcaban los puntos de inicio y fin del área a medir, cuando se desplazaban a la ventana de resultado o querían iniciar la siguiente tarea, eran sorprendidos porque iban trazando una línea con la misma herramienta y en ocasiones daban clic y esto provocaba que lo que medían se modificara. Este problema fue más recurrente en dispositivos móviles.

- Tarea 2. “Activar la capa de Centros de Información de INEGI e identificar la dirección del centro de consulta en Aguascalientes”.

Los problemas que se presentaron principalmente fueron; primeramente que los participantes esperaban que después de seleccionar el componente para hacer visible la información se vieran reflejados en el mapa los cambios y se visualizara lo que acababan de activar, lo que es un error por parte del diseño de la aplicación, ya que es necesario presionar el botón de refrescar para actualizar la información del mapa. Por tanto el ícono de la herramienta para actualizar no era muy representativo y el participante tuvo que buscar en la ayuda para solucionar el problema. El siguiente contratiempo fue el participante desconoce cómo se representa cada centro de información de INEGI, lo cual generó confusión cuando se tenía que hacer un acercamiento al mapa en busca de la información solicitada; en ese momento cada usuario realizó la acción que le pareció mejor, ya sea dar un alejamiento del mapa o realizar una búsqueda de la Entidad para lograr apreciar dónde está ubicado el centro de ayuda.

- Tarea 3. “Agregar la capa de Geología e identificar los tipos de rocas del estado de Aguascalientes”.

Dentro del menú de capas no aparece la correspondiente a geología, lo cual generó que los usuarios requirieran apoyo debido a que el ícono para agregar otras capas no era representativo y no lo encontraron. Prácticamente todos los participantes al realizar esta tarea tuvieron que realizar un alejamiento al mapa en un grado muy alto, pero al ver los colores que representaban a los tipos de roca no supieron que representaba cada color, por lo que tuvieron que identificar uno por uno los colores que contenía el mapa. Los participantes coincidieron en que debía ponerse a disposición una ventana donde se encontrara una simbología que les pudiera indicar que era lo que estaban viendo.

- Tarea 4. “Buscar la intersección de las calles Adolfo López Mateos y Héroe de Nacozari Sur en Aguascalientes.”

En esta tarea a pesar de que el sistema incluye la función de búsqueda de intersecciones de calles, el sistema no devolvió la búsqueda solicitada lo cual hizo que la tarea se complicara demasiado porque tuvieron que utilizar su destreza para ubicarlo. Ésta tarea se complicó mucho más en los dispositivos móviles debido a las restricciones para desplazarse en el mapa.

- Tarea 5. “Identificar la manzana inmediata que se encuentra al norte de la presa El Cedazo, crear un área de influencia de 500 metros y decir cuántos manzanas fueron identificadas”.

La problemática que se presentó fue en los dispositivos móviles, debido a que una ventana que debe aparecer para hacer el último paso de la tarea no se desplegaba y esto provocó que no se concluyera la tarea.

## **5.2 Análisis de comparación de métricas capturadas para contextos de escritorio y móvil.**

### **Eficacia**

En la eficiencia se puede observar que en el contexto de escritorio todas las tareas fueron completadas, la tareas 1, 4 y 5 terminadas fácilmente y las tareas 2 y 3 se terminaron con dificultad. Para el contexto móvil las tareas 1 y 3 fueron concluidas fácilmente, la 2 y 4 con dificultad y la 5 varios participantes no pudieron terminarla. Después de la comparación se concluyó que no existe diferencia estadística significativa, y se puede observar que los usuarios que no terminaron la prueba fue porque en el dispositivo móvil no se desplego la ventana necesaria para finalizar la prueba

### **Tiempo de la Tarea**

La métrica de las tareas tampoco presente una diferencia estadística significativa a pesar de que si se aumentó el tiempo para poder realizar las tareas en los dispositivos móviles, el incremento no fue significativo. La tarea uno fue la que más cerca estuvo de tener una diferencia estadística. Sin embargo es de llamar la atención que para el usuario dos los tiempos si se incrementaron notablemente, esto debido al tipo de dispositivo que estaba

utilizando para la prueba, ya que era de tamaño pequeño en comparación con los demás participantes.

### **Clics de la tarea**

Al igual que la métrica del tiempo de la tarea, el incremento que hubo en los clics a primera vista parece ser significativo pero después de realizar la comparación estadística se concluye que la única tarea donde hubo una diferencia comprobada fue en la tarea 1. Otra vez se observa que el participante número dos en el contexto tuvo que dar mayor cantidad de clics en comparación con los demás participantes.

### **Errores da la tarea**

Comparando los errores en los contextos de escritorio y móvil se observa que la tarea 1 y 5 si fueron estadísticamente diferentes y las tareas 2, 3 y 4 no tuvieron diferencia estadística significativa. Cabe resaltar que los errores frecuentemente cometidos en los dispositivos móviles fueron debido a que en ocasiones tenían que realizar un acercamiento a la página para poder presionar el botón correcto, por lo que en ocasiones presionaban los botones que no eran o hacían acercamientos cuando no lo necesitaban.

### **Eficiencia de las tareas**

Para la comparación de la eficiencia de las tareas se hizo en base a los promedios por tarea, de la cual se concluyó que si existe una diferencia significativa en los contextos, ya que fue mucho menor la eficiencia en los dispositivos móviles debido al incrementando el tiempo de las tareas y el número de clics que tuvieron que realizar.

### **Satisfacción**

Para medir la satisfacción de los participantes al utilizar la aplicación se utilizó el cuestionario SUS el cual no puede ser analizado sentencia por sentencia, sino que representa un valor global de las todas. Para el contexto de escritorio el promedio de las notas obtenidas es de 38 puntos de 100, lo cual es muy bajo. Para el caso de los dispositivos móviles las calificaciones obtenidas más bajas aún, lo cual indica que para los participantes no fue fácil de utilizar, por lo tanto existe el rechazo de su parte por utilizar la aplicación en el contexto móvil. Tal puntuación indica que la mayoría de los usuarios

rechazan el sistema por considerarlo muy complejo para su utilización en un dispositivo móvil.

Es importante señalar que todos los usuarios expresaron su frustración en algún momento de la prueba, el motivo que dieron y que coincidieron es que los textos y botones con los que debían interactuar les parecían muy inaccesibles debido al tamaño reducido que tenían.

Algunos comentarios que hicieron los participantes al momento de realizar las pruebas fueron para la versión de escritorio:

- “Por qué tengo que presionar un botón para que se actualice la información en el mapa”
- “No me agrada el color de la interfaz, es muy verde”
- “Los iconos que utilizan no me dicen nada”
- “Porque no tiene una simbología visible”

Los comentarios capturados para el móvil fueron:

- “Los textos están muy pequeños para leerlos”
- “No puedo presionar los botones con facilidad, mi dedo es más grande”
- “No me gusta estar haciendo acercamientos a la pagina, para después volverme a alejar”

La razón por la que no se pudo comprobar una diferencia estadística en los métricas, a excepción de la eficiencia, además que los participantes también hicieron notar en los comentarios finales, es que a pesar de las dificultades que tuvieron que enfrentar al probar en el dispositivo móvil, fue en la primera vez al probar el “Mapa digital de México” en el contexto de escritorio que se enfrentaron a los problemas y que tuvieron que resolverlos, para cuando realizaron la prueba en el dispositivo móvil ya sabían exactamente todo lo que tenían que realizar, aprendieron a utilizar el sistema, de manera muy fácil.

### **5.3 Respuestas a las preguntas de investigación**

***¿Qué métodos de medición de la usabilidad aportan información más relevante sobre la calidad de la interfaz de usuario de una aplicación de consulta de información geográfica?***

Los métodos utilizados para la medición de la usabilidad en este estudio fueron protocolos verbales y medición de métricas, los cuales aportaron datos valiosos para identificar problemas con respecto a la usabilidad de aplicación "Mapa Digital de México".

Con las métricas se pudieron observar características como la eficiencia y productividad del participante de una manera más rápida en comparación con los protocolos verbales, por la automatización de la recolección de datos y la facilidad otorgada por el software para presentar los datos e información capturada, mediante gráficas o tablas.

Sin embargo, mediante el uso de los protocolos verbales se puede capturar y observar al término de la sesión de la evaluación de manera más ágil la opinión del usuario con respecto a la satisfacción que siente cuando utiliza la aplicación. Durante el análisis de información, el contar con audio y video de la sesión permite obtener con mayor detalle las reacciones de los participantes.

Los protocolos verbales son el método de evaluación de usabilidad más utilizado. No obstante, aplicar los dos métodos de manera simultánea permitió la captura de información relevante que es complementaria para el estudio en aplicaciones geográficas, ya que cada uno de los métodos facilitó la captura de los factores evaluados, en este caso la medición de métricas facilitó el análisis para la eficiencia y productividad, mientras que los protocolos verbales contribuyeron al análisis de la satisfacción. Por lo que se recomienda el uso de estos dos métodos de manera simultánea para las aplicaciones geográficas.

***¿La interfaz de usuario de una aplicación geográfica debe rediseñarse para entornos móviles?***

Aunque todos los participantes de la prueba completaron la mayoría de las tareas en el contexto móvil y no existió una diferencia en la comparación estadística entre ambos, a excepción de la eficiencia de las tareas, todos los participantes sintieron frustración

durante instantes al tratar de realizar las tareas en el dispositivo móvil utilizando la interfaz diseñada para escritorio del “Mapa Digital de México”.

Por lo tanto, en el caso de las interfaces para aplicaciones geográficas es completamente necesario que el diseño de la interfaz sea orientado al uso en los dispositivos móviles, debido a que las características propias de los dispositivos como el tamaño; se vuelven restricciones para el diseño.

***¿Cuál es la dificultad operativa tanto de los métodos de obtención métricas de usabilidad, como los de registro de protocolos verbales?***

Durante la realización de las pruebas de evaluación de la usabilidad para el sistema de información geográfico “Mapa Digital de México” en los contextos de escritorio y dispositivo móvil se identificaron las siguientes dificultades al tratar de llevar a cabo las pruebas:

- Para ambos métodos la identificación de las métricas a recolectar que fueran significativas y sirvieran para la comparación posterior de los contextos de uso.
- Para la evaluación por medio de métricas la primera dificultad fue el tratar de seleccionar un software que facilitase la recolección automatizada de las mismas en ambos contextos, tanto de escritorio como móvil. Para el contexto de escritorio fue sencillo ya que en el mercado existe una variedad de Sws que permiten realizar esa tarea, ya sean de licencia o gratuitos. Por el contrario en el contexto de tipo móvil, no existe un software que en el cual la captura sea completamente automatizada de las métricas, como por ejemplo las teclas presionadas o toques a la pantalla, debido a las dificultades técnicas que existen por grabar lo que se está haciendo en el dispositivo móvil. Sin embargo, el software seleccionado permite la grabación de la interacción del participante con el dispositivo móvil y además la cara del participante. Con ello, las dificultades presentadas consistieron en definir marcadores para fueran capturados por los observadores de la prueba (número de clics). Al analizar el video de este contexto se observó que en ocasiones la mano del participante estorba para poder observar la interacción con el dispositivo.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- En el caso de protocolos verbales la mayor dificultad fue que los participantes expresaran lo que estaban pensando durante la prueba, al final de la ella después de comentarios finales con los participantes se detecto que algunos de ellos no comentaron lo que pensaron por no ser considerados que estaban criticando a la aplicación. Otros comentaron que en ocasiones se les dificulto el tratar de concentrarse para ejecutar las pruebas y el estar hablando al mismo tiempo.
  - Otra dificultad operativa de los protocolos verbales fue el analizar la información recolectada. Es necesario invertir una cantidad de tiempo considerable para analizar los videos y audios para obtener los detalles de la sesión.

#### **5.4 Mejoras específicas a la interfaz de usuario de la aplicación evaluada**

Las mejoras que se sugieren para el “Mapa Digital de México” versión de escritorio son

- Utilizar iconos que sean más representativos para los usuarios
- En la herramienta de que permite solicitar “Información” se sugiere mejorar el procedimiento ya que muestra primeramente siempre información con respecto al Estado y después hay que ir a buscar de la interesa conocer la información, se sugiere que muestre una lista con la información de las capas que están visible en ese momento. También los resultados de la consulta de información se deberían mostrar en la misma ventana, y no una ventana para cada vez que se realiza una consulta de información, es incomodo posteriormente estar cerrando todas las ventanas abierta.
- Ya se cuenta con una ventana donde se muestra la simbología, pero es estática, debería ser una simbología que muestre todos los elementos de los que estén visibles en ese momento.
- La ayuda debería estar configurada por default, para que no aparezca ya que en ocasiones estorba.
- Mostrar mediante algún icono o en la barra de estado que el sistema está haciendo algo, ya que en ocasiones se tarda en devolver la información.
- Poner a disposición de los usuarios un manual o ayuda más completa.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- En la ventana de resultados de búsqueda, ir al lugar cuando se presione sobre el renglón, sin necesidad de presionar la lupa a la derecha.

Las consideraciones para el desarrollo de una versión del “Mapa Digital de México” para dispositivos móviles son:

- Rediseñar la forma en cómo se hacen algunas tareas como generar aéreas de interés para que se tenga que dar el menor número de clics.
- Incrementar el tamaño de los botones para que sea más fácil presionarlos, considerar estándares ya establecidos por tamaño de pantalla.
- Incrementar el tamaño de los textos.
- Adaptar para que se pueda mover con el toque de la pantalla.
- Utilizar la información del GPS para detectar la ubicación del usuario de forma automática.
- En la pantalla de búsqueda sugerir o autocompletar palabras para no escribir todo.

# Glosario



*Atributo*: medida física o abstracta medible de una entidad. (IEEE Std 1061, 1998)

*Calidad en uso*: la capacidad del producto de Sw de permitir a usuarios en específico alcanzar los objetivos especificados con eficiencia, eficacia, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto de uso específico. (El ISO 9126-1)

*Dispositivo móvil*: se son dispositivos portátiles o de mano, son pequeños y ligeros, pueden caber en un bolsillo, como los teléfonos móviles o los PDAS. (Rodríguez y otros, 2010)

*Ingeniería de Software*: disciplina cuya meta es el desarrollo costeable de sistemas de software, relacionándose con los problemas prácticos que se encuentran en el proceso de producir software (Sommerville, 2005).

*Interacción Hombre-Máquina (HCI)*: disciplina que estudia el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y además estudia los fenómenos más importantes que rodean esta interacción. (Hewett, y otros, 2012)

*Métrica*: función de medición. ( IEEE Std 1061, 1998)

*Métrica de calidad de software*: función cuyas entradas son datos de software y cuya salida es un valor numérico que puede ser interpretado como el grado en el que el software posee un atributo que afecta su calidad (IEEE Std 1061, 1998)

*Usabilidad*: capacidad del producto de Sw en ser entendido, aprendido, usado y atractivo por el usuario, bajo condiciones específicas. (El ISO 9126-1)

# Bibliografía



Abran, A., Khelifi, A., Suryan, W., & Seffah, A. (2003). Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards. *Software Quality Journal* , 325-338.

Al-Qutaish, R. E. (2010). Quality Models in Software Engineering Literature: An Analytical and Comparative Study. *Journal of American Science* , pp. 166-175.

Balagtas-Fernandez, F., & Hussmann, H. (2009). A Methodology and Framework to Simplify Usability Analysis of Mobile Applications. *International Conference on Automated Software Engineering* , 520-524 .

Balagtas-Fernandez, F., Forrai, J., & Hussmann, H. (2009). Evaluation of User Interface Design and Input Methods for Applications on Mobile Touch Screen Devices. *INTERACT '09 Proceedings of the 12th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction: Part I* , 243 - 246.

Bevan, N. (1995). Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal* , 115-150.

Bevan, N., & Macleod, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour and Information Technology* , 132-145.

Billi, M., Burzagli, L., Tiziana, C., Santucci, G., Bertini, F., Gabbanini, F., y otros. (2010). A unified methodology for the evaluation of accessibility and usability of mobile applications. *Universal Acces in The Information Society* , 337-356.

Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.) , *Usability evaluation in industry*. London: Taylor & Francis .

Budiu, R., & Nielsen, J. (2009). Usability of Mobile Websites: 85 Design Guidelines for Improving Access to Web-Based Content and Services Through Mobile Devices.

Burzagli, L., Billi, M., Palchetti, E., Catarci, T., Santucci, G., & Bertini, E. (2007). Accessibility and Usability Evaluation of MAIS Designer: A New Design Tool for Mobile Services. *Universal Access in HCI* , 275–284.

Chittaro, L. (2010). Distinctive aspects of mobile interaction and their implications for the design of multimodal interfaces. *Journal of Multimodal User Interfaces* , 157–165.

Coursaris, C. K., & Kim, D. (2011). A Meta-Analytical Review of Empirical Mobile Usability Studies. *Journal of usability studies* , 117-171.

Coursaris, C. K., & Kim, D. (2011). A Qualitative Review of Empirical Mobile Usability Studies. *Journal of Usability Studies* , 117-171.

David, K., Dixit, S., & Jefferies, N. (2010). 2020 Vision. *IEEE Vehicular Technology Magazine* , 22-29.

Dumas, J. (2007). The great leap forward: The birth of the usability profession (1988-1993). *Journal of usability studies* , 54-60.

Fallman, D. (2009). A different way of seeing: Albert Borgmann's philosophy of technology and human-computer interaction. *AI & SOCIETY* , 53-60.

Folmer, E., & Bosch, J. (2004). Architecting for usability: a survey. *Journal of Systems and Software* , 61-78.

Folmer, E., Van Gurp, J., & Bosch, J. (2003). A Framework for capturing the Relationship between Usability and Software Architecture. *Softw. Process: Improve. Pract.* , 67-87.

Gafni, R. (2009). Usability Issues in Mobile-Wireless Information Systems. *Issue s in Informing Science and Information Technology* , 755 - 769.

Hanson, C. W. (2011). Mobile Devices in 2011. *Library Technology Reports* , 11-23.

Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., y otros. (2012 de Mayo de 2012). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. Obtenido de ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction: <http://old.sigchi.org/cdg/>

Hom, J. (1998). *The Usability Methods Toolbox Handbook*. Available at: <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/lecturenotes/UsabilityMethodsToolboxHandbook.pdf>.

Hornbæk, K. (2010). Dogmas in the assessment of usability evaluation methods. *Behaviour & Information Technology* , 97-111.

Hornbeak, K. (2005). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *Journal Human-Computer Studies* , 79-102 .

IEEE Std 1061, I. (1998). IEEE Std 1061. *Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society* .

ISO 14598-1, I. (1999). Information technology — Software product evaluation.

ISO 9126-1, I. (2000). ISO 9126-1 Software engineering - Product quality - Part 1: Quality Model.

ISO 9126-1, I. (2000). ISO 9126-1 Software engineering - Product quality - Part 4: Quality in use.

ISO 9241-11, I. (1998). ISO 9241-11. *International Standard* .

Jeong, H.-J., & Hong, S.-J. (2012). The Survey of Quality Model for Software and System. *Computer Science and Convergence* , 569-577.

Ji, Y. G., Park, J. H., Lee, C., & Yun, M. H. (2006). A Usability Checklist for the Usability Evaluation of Mobile Phone User Interface. *Journal of Human Computer Interaction* , 207–231.

Kaner, C., & Bond, W. (2004). Software Engineering Metrics: What Do They Measure and How Do We Know? *10TH International Software Metrics Symposium* .

Kirakowski, J., & Corbett, M. (1993). SUMI: the Software Usability Measurement Inventory. *British Journal of Educational Technology* , 210-212.

Kwahk, J., & Han, S. (2002). A methodology for evaluating the usability of audiovisual consumer electronic products. *Applied Ergonomics* , 419-431.

Lovett, T., & O'Neill, E. (2010). Mobile context-awareness: capabilities, challenges and applications. *Ubicomp '10 Proceedings of the 12th ACM international conference adjunct papers on Ubiquitous computing* , 539-540.

Myers, B. A. (1998). A Brief History of Human Computer Interaction Technology. *ACM interactions* , 44-54.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Nielsen, J. (25 de Mayo de 2012). *useit.com*. Obtenido de Usability 101: Introduction to Usability: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>

Nielsen, J. (19 de Marzo de 2000). *Why you only need to test with 5 users*. Recuperado el 25 de Mayo de 2012, de *Why you only need to test with 5 users*: <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>

*Pew Internet and American Life Project*. (2012). Recuperado el 30 de Abril de 2012, de *Pew Internet and American Life Project*: <http://pewinternet.org/>

Redish, J., & Dumas, J. (1993). *A Practical Guide to Usability Testing*. CT, USA: Greenwood Publishing Group Inc.

Rodrigues, J. J., Oliveira, M., & Vaidya, B. (2010). New trends on ubiquitous mobile multimedia applications. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking - Special issue on multimedia communications over next generation wireless networks* .

Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing, Second Edition: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.

Sauro, J., & Lewis, J. R. (2012). *Quantifying the User Experience, 1st Edition Practical Statistics for User Research*. MORGAN KAUFMANN .

Seffah, A., & Metzker, E. (2009). On Usability and Usability Engineering. *Adoption-Centric Usability Engineering* , 3-13.

Seffah, A., Donyaee, M., & Padda, H. K. (Journal Software Quality Control). *Usability measurement and metrics: A consolidated model*. 2006: 159 - 178.

SNIEG. (2008). *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de Software*. Pearson Educación, S.A.

Tossell, C. C., Kortum, P. T., Shepard, C. W., Zhong, L., & Rahmati, A. (2010). Assessing the performance of common tasks on handheld mobile computers. 542-546(5).

Tullis, T., & Albert, B. (2008). *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Zeman, J., Tanuska, P., & Kebisek, M. (2009). The Utilization Of Metrics Usability To Evaluate The Software Quality. *International Conference on Computer Technology and Development* .

Zhang, D., & Adipat, B. (2005). Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications. *Journal of Human-Computer Interaction* , 293–308.



# Apéndices



## Apéndice A. Modelos de calidad de Software

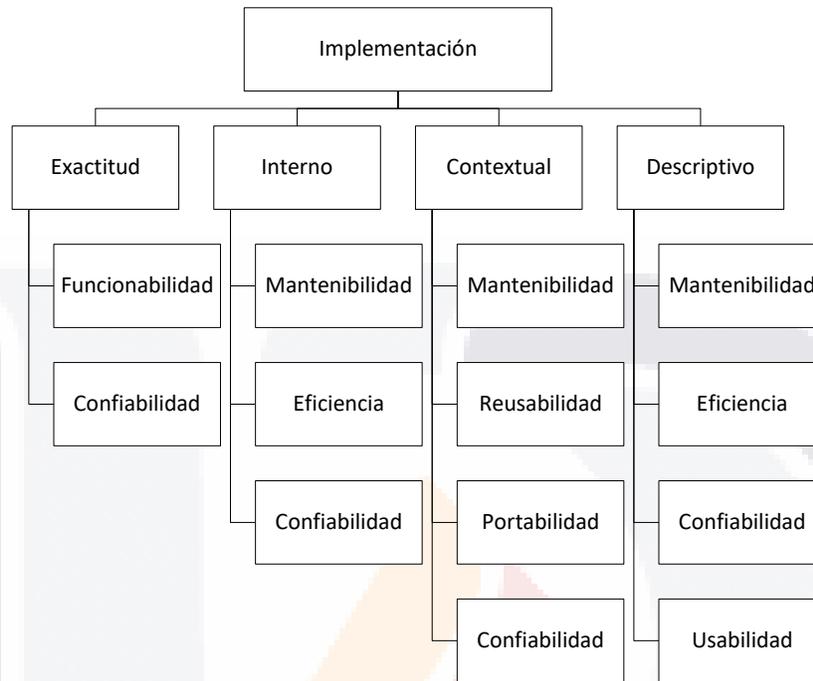
### Modelo de calidad de McCall

| Perspectivas principales | Factores de calidad    | Criterios de Calidad   |  |
|--------------------------|------------------------|--|--|
| Revisión del producto    | Nivel de mantenimiento | Simplicidad<br>Conciso<br>Auto-descriptivo<br>Modularidad                                |  |
|                          | Flexibilidad           | Auto-descriptivo<br>Expansibilidad<br>Generalidad  |  |
|                          | Capacidad de prueba    | Simplicidad<br>Instrumentación<br>Auto-descriptivo<br>Modularidad                        |  |
| Operación del producto   | Exactitud              | Trazabilidad<br>Compleitud<br>Consistencia   |  |
|                          | Eficiencia             | Eficiencia de ejecución<br>Eficiencia de almacenamiento                                  |  |
|                          | Confiabilidad          | Consistencia<br>Precisión<br>Tolerancia a errores  |  |
|                          | Integridad             | Control de acceso<br>Auditoria de acceso   |  |
|                          | Usabilidad             | Operatividad<br>Entrenamiento<br>Comunicatividad   |  |
| Transición del producto  | Portabilidad           | Auto-descriptivo<br>Independencia de software del sistema<br>Independencia de la maquina |  |
|                          | Reusabilidad           | Auto-descriptivo<br>Generalidad<br>Modularidad   |  |
|                          | Interoperabilidad      | Independencia de software del sistema  | Modularidad<br>Comunicación en común<br>Datos en común |

**Modelo de calidad de Boehm**

| <b>Características de alto nivel</b> | <b>Características de nivel intermedio</b> | <b>Características primitivas</b>  |
|--------------------------------------|--|--|
| As-is Utility                        | Confiabilidad                              | Contenido completo<br>Precisión<br>Compleitud<br>Robustez/integridad<br>Consistencia<br>Responsabilidad<br>Eficiencia del dispositivo<br>Accesibilidad |
|                                      | Eficiencia                                 | Robustez/integridad<br>Accesibilidad<br>Comunicatividad  |
|                                      | Ingeniería humana (usabilidad)             | Independencia del dispositivo<br>Contenido completo  |
| Portabilidad                         |  |  |
| Nivel de mantenimiento               | Capacidad de prueba                        | Responsabilidad<br>Comunicatividad<br>Auto-descriptivo<br>Estructurado   |
|                                      | Comprensibilidad                           | Consistencia<br>Estructurado<br>Conciso  |
|                                      | Nivel de modificación                      | Legibilidad<br>Ampliar estructura  |

**Modelo de calidad de Dromey**



**Modelo de Calidad FURPS**

| Característica  | Características incluidas  |
|-----------------|--|
| Funcionabilidad | Puede incluir conjuntos de características, capacidades y seguridad.   |
| Usabilidad      | Puede incluir factores humanos, estética, consistencia en la interfaz de usuario, ayuda en línea y contextual, asistentes y agentes, documentación de usuario, y materiales de capacitación.         |
| Confiabilidad   | Puede incluir la frecuencia y gravedad del fallo, capacidad de recuperación, previsibilidad, precisión, y el tiempo promedio entre fallos (MTBF).  |
| Rendimiento     | Impone condiciones sobre los requisitos funcionales, tales como la velocidad, eficiencia, disponibilidad, precisión, rendimiento, tiempo de respuesta, tiempo de recuperación y uso de los recursos. |
| Compatibilidad  | Puede incluir la capacidad de prueba, la extensibilidad, adaptabilidad, facilidad de mantenimiento, la compatibilidad, configuración, mantenimiento, facilidad de instalación y localización.        |

**Modelo de calidad ISO 9126**



**Apéndice B. Encuesta de perfil de usuario**

Nombre del usuario: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Ocupación \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

A continuación se presentan algunas preguntas, con el propósito de determinar su experiencia en el uso de computadoras (PC) y dispositivos móviles (Smartphones y/o tablets); así como también sus hábitos en el uso del internet. La encuesta está dividida en dos secciones una referente al uso de la PC y otra al uso de un dispositivo móvil

**Computadora (PC)**

1. ¿Cuántos años lleva utilizando una **PC**? \_\_\_\_\_

2. ¿Qué tan seguido suele utilizar la **PC** semanalmente?

- 1 a 2 días                       3 a 5 días                       Diariamente

3. ¿Con qué propósito utiliza la **PC**?

- Trabajo                       Recreación                       Otro \_\_\_\_\_

4. ¿Qué tipo de programas (Software) utiliza para interactuar con la computadora?

---

5. ¿Tiene acceso a Internet?  Si  No

6. ¿Con que frecuencia utiliza el internet?

- 1 a 2 días                       3 a 5 días                       Diariamente

7. ¿Qué tipo de páginas web suele visitar?

---



---

8. Enumere del 1 al 6 las características que usted considere que le permite a un software ser del agrado del usuario.

Fácil de usar \_\_\_\_\_

Divertido \_\_\_\_\_

Intuitivo \_\_\_\_\_

Barato \_\_\_\_\_

Rápido \_\_\_\_\_

Funcional \_\_\_\_\_

**Dispositivo móvil (Smarthphone y/o Tablet)**

1. ¿Cuántos años lleva utilizando algún **dispositivo móvil**? \_\_\_\_\_

2. ¿Qué tan seguido suele utilizar el **dispositivo móvil para acceder a internet**?

1 a 2 días

3 a 5 días

Diariamente

3. ¿Con qué propósito accede a internet con su **dispositivo móvil**?:

Trabajo

Recreación

Otro \_\_\_\_\_

4. ¿Qué tipo de páginas web suele visitar?

---

---

### Apéndice C. Cuestionario de Satisfacción

Instrucciones: Este cuestionario consta de 10 preguntas. Por favor conteste a todas ellas. Después de cada una hay 5 opciones, seleccione según qué tan desacuerdo o acuerdo está con las sentencias.

|  | Totalmente en<br>desacuerdo |                          |                          |                          | Totalmente de<br>acuerdo |
|--|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Me gustaría utilizar este sistema con frecuencia  | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 2. Me parece que el sistema es innecesariamente complejo                                     | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 3. Pienso que el sistema es fácil de usar  | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para la utilizar este sistema                 | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 5. Me pareció que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas             | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 6. Pensé que no había demasiada inconsistencia en el sistema                                 | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 7. Me parece que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar este sistema con gran facilidad | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 8. me pareció que el sistema es muy complicado de utilizar                                   | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 9. Me sentí muy seguro utilizando el sistema   | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| 10. Tendría que aprender muchas cosas antes de poder utilizar bien el sistema                | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 1                           | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |

## Apéndice D. Guión de la prueba de usabilidad

El moderador de la prueba da la bienvenida a los participantes:

*“Buenas tardes, gracias por ayudar en esta prueba. El propósito de este ejercicio es encontrar que tan fácil de usar es el Mapa Digital de México en una Pc y en un dispositivo móvil, el cual es un visualizador de información geográfica creado en la Dirección de Geografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).”*

El moderador procederá a entregar al participante cuestionario para poder obtener información sobre los participantes, el cual no llevara más de 5 min contestar.

*“A continuación les pido por favor que contesten el siguiente cuestionario el cual contiene información sobre su experiencia en el uso de Pc, Smartphones o Tablets, y la experiencia que tiene en el uso de internet”*

A continuación se les entrega a los participantes una hoja con las tareas a realizar y se les explica lo que estará pasando en el transcurso de la prueba:

*“Para lograr los objetivos de esta prueba, se les entrega esta hoja la cual contiene las tareas que van a realizar, primeramente en la Laptop y después en el Smartphone o Tablet. Mientras realizan las tareas se les pide por favor que expresen sus pensamientos en voz alta. La sesión será grabada para tener información para un posterior análisis. Se les pide además notificar cada vez que vayan a iniciar una tarea y cuando la terminen. Al finalizar las tareas se les pedirá completar un cuestionario, para poder capturar la opinión que se ha generado sobre el software después de usarlo. De no tener duda alguna puede comenzar la prueba. “*

Antes de que el usuario inicie las tareas es importante recordarles que es lo que se está evaluando.

*“Por favor recuerde que la evaluación es al software y no a usted.”*

Al finalizar la prueba se les da las gracias a los usuarios y se obtienen las últimas opiniones que se puedan recabar de él.

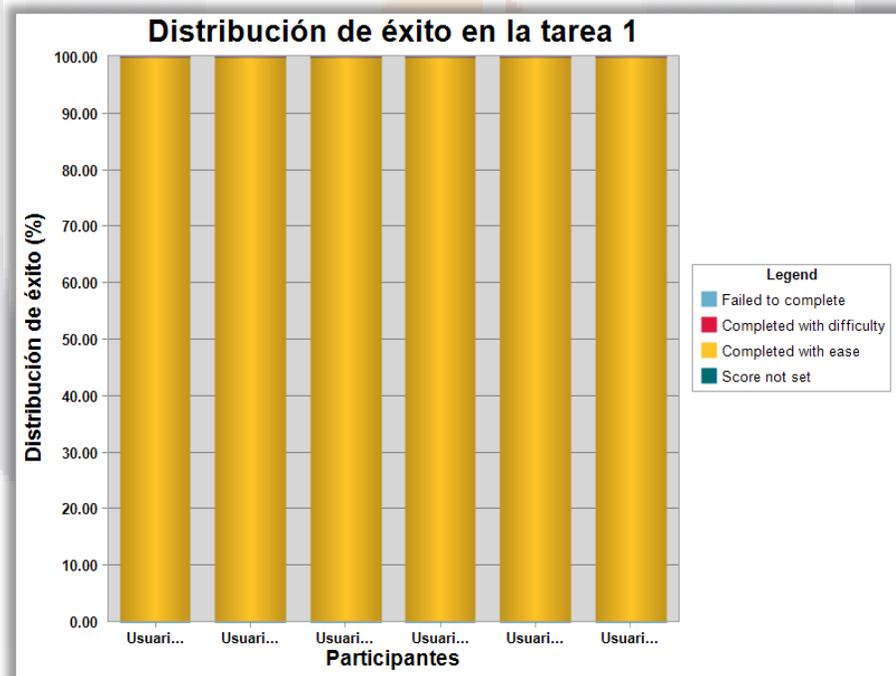
*“Muchas gracias por haber asistido a la sesión, con esta busca ayudar a mejorar el producto y los resultados serán usados para identificar deficiencias de diseño, además estos resultados ayudaran en el diseño de nuevas versiones. Algún comentario final que deseara agregar”*



### Apéndice E. Estadísticas Descriptivas para las Tareas en escritorio

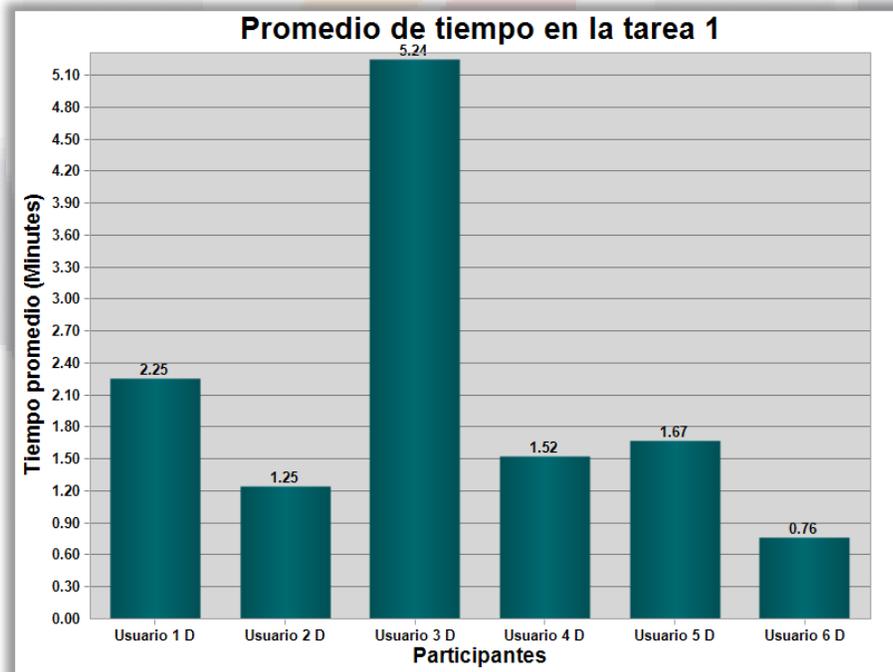
#### Tarea 1. Eficacia de la tarea (Distribución de éxito)

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 2 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 3 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 4 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 5 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 6 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |



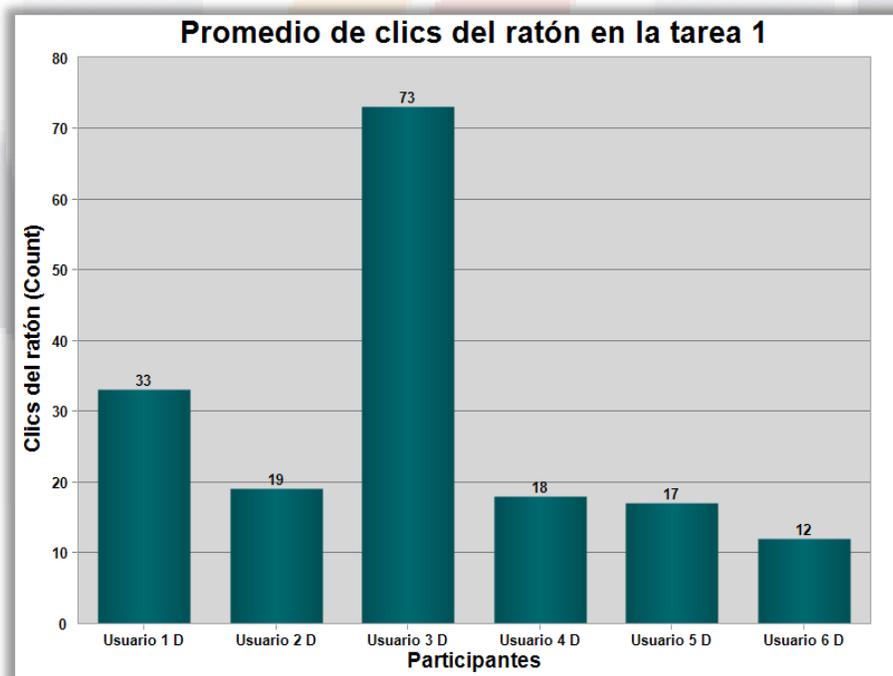
**Tarea 1. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 1 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 D                  | 2.25    |
| Usuario 2 D                  | 1.25    |
| Usuario 3 D                  | 5.24    |
| Usuario 4 D                  | 1.52    |
| Usuario 5 D                  | 1.67    |
| Usuario 6 D                  | 0.76    |
| Mínimo                       | 0.76    |
| Máximo                       | 5.24    |
| Media                        | 2.12    |
| Desviación Estándar          | 1.61    |



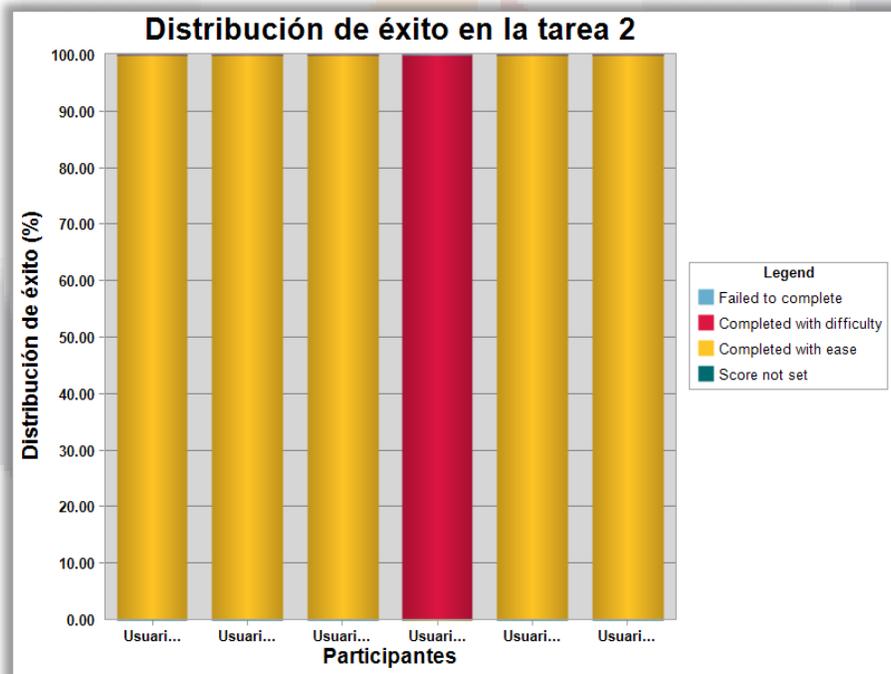
**Tarea 1. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 1</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 D                     | 33             |
| Usuario 2 D                     | 19             |
| Usuario 3 D                     | 73             |
| Usuario 4 D                     | 18             |
| Usuario 5 D                     | 17             |
| Usuario 6 D                     | 12             |
| Mínimo                          | 12             |
| Máximo                          | 73             |
| Media                           | 28.67          |
| Desviación estándar             | 22.83          |



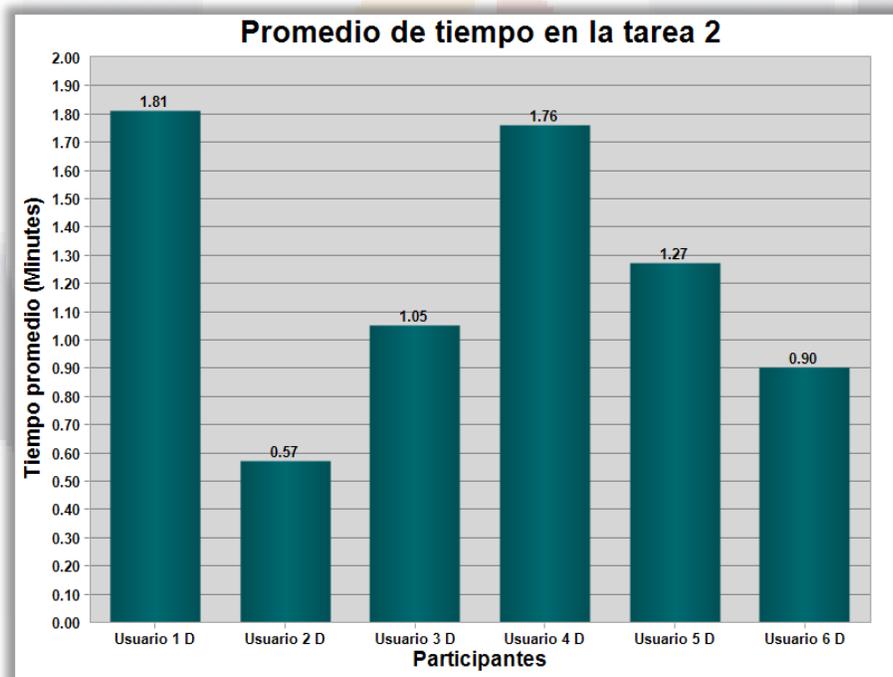
**Tarea 2. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 2 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 3 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 4 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 5 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 6 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 83.33                | 16.67                    | 0                    |



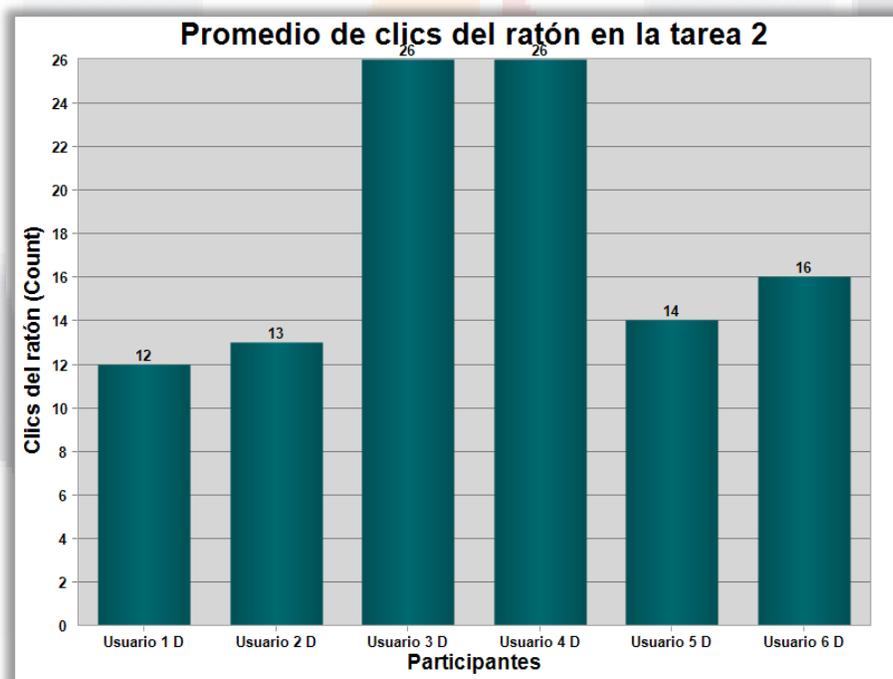
**Tarea 2. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 2 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 D                  | 1.81    |
| Usuario 2 D                  | 0.57    |
| Usuario 3 D                  | 1.05    |
| Usuario 4 D                  | 1.76    |
| Usuario 5 D                  | 1.27    |
| Usuario 6 D                  | 0.9     |
| Mínimo                       | 0.57    |
| Máximo                       | 1.81    |
| Media                        | 1.23    |
| Desviación estándar          | 0.49    |



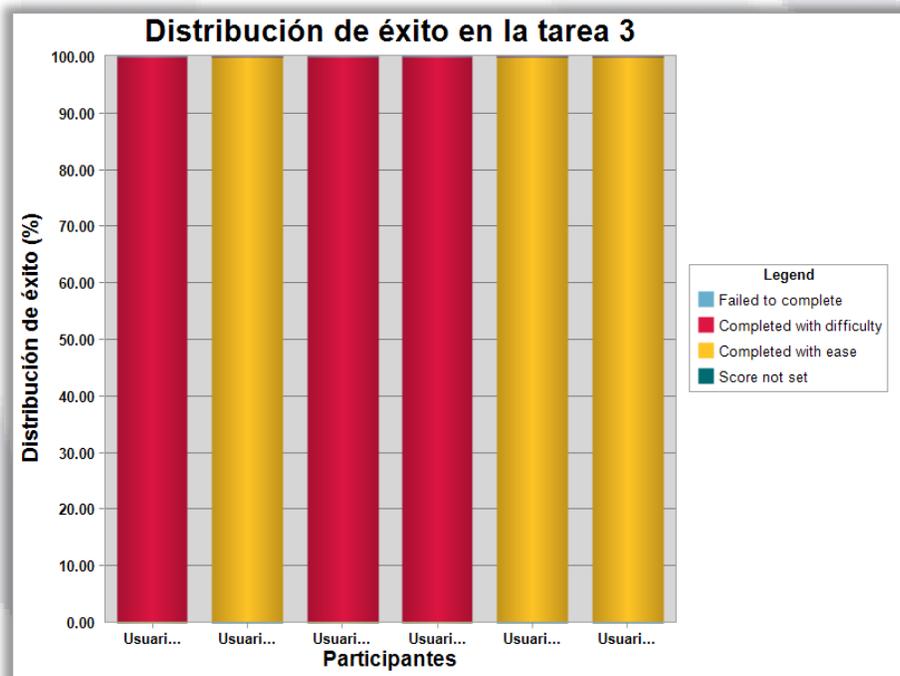
**Tarea 2. Promedio de clics**

| Clics del ratón (Conteo) | Tarea 2 |
|--------------------------|---------|
| Usuario 1 D              | 12      |
| Usuario 2 D              | 13      |
| Usuario 3 D              | 26      |
| Usuario 4 D              | 26      |
| Usuario 5 D              | 14      |
| Usuario 6 D              | 16      |
| Minimum                  | 12      |
| Maximum                  | 26      |
| Mean                     | 17.83   |
| Standard Dev.            | 6.46    |



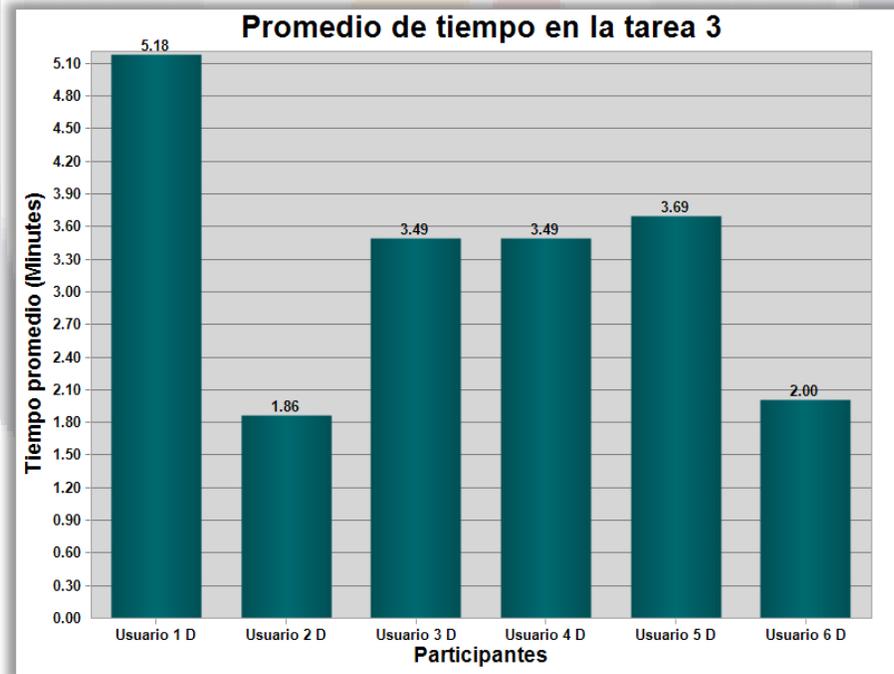
**Tarea 3. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 2 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 3 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 5 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 6 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 50                   | 50                       | 0                    |



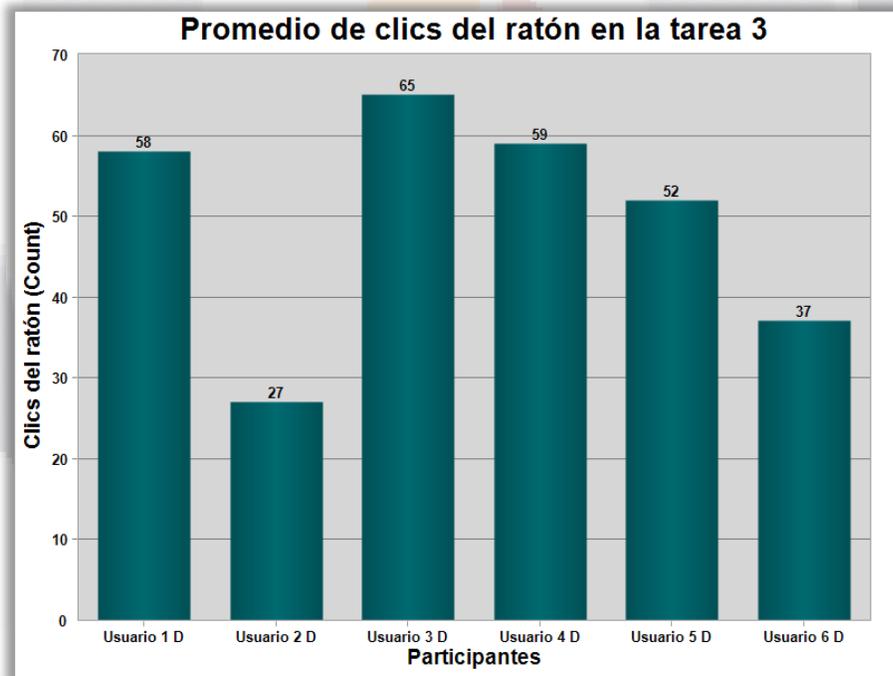
**Tarea 3. Promedio de tiempo**

| <b>Tiempo de la Tarea (Minutos)</b> | <b>Tarea 3</b> |
|-------------------------------------|----------------|
| Usuario 1 D                         | 5.18           |
| Usuario 2 D                         | 1.86           |
| Usuario 3 D                         | 3.49           |
| Usuario 4 D                         | 3.49           |
| Usuario 5 D                         | 3.69           |
| Usuario 6 D                         | 2              |
| Mínimo                              | 1.86           |
| Máximo                              | 5.18           |
| Media                               | 3.29           |
| Desviación estándar                 | 1.23           |



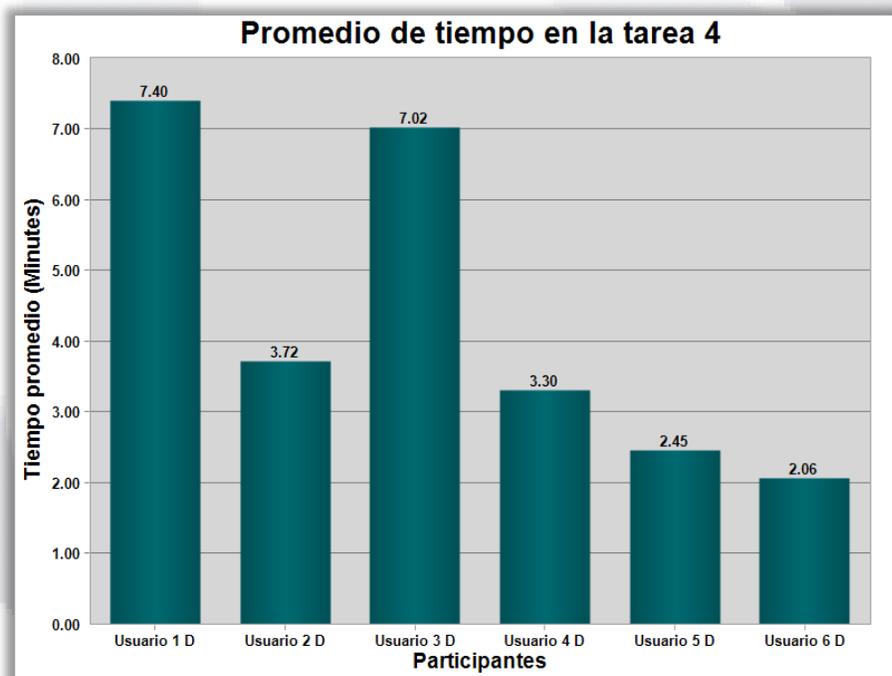
**Tarea 3. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 3</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 D                     | 58             |
| Usuario 2 D                     | 27             |
| Usuario 3 D                     | 65             |
| Usuario 4 D                     | 59             |
| Usuario 5 D                     | 52             |
| Usuario 6 D                     | 37             |
| Mínimo                          | 27             |
| Máximo                          | 65             |
| Media                           | 49.67          |
| Desviación estándar             | 14.64          |



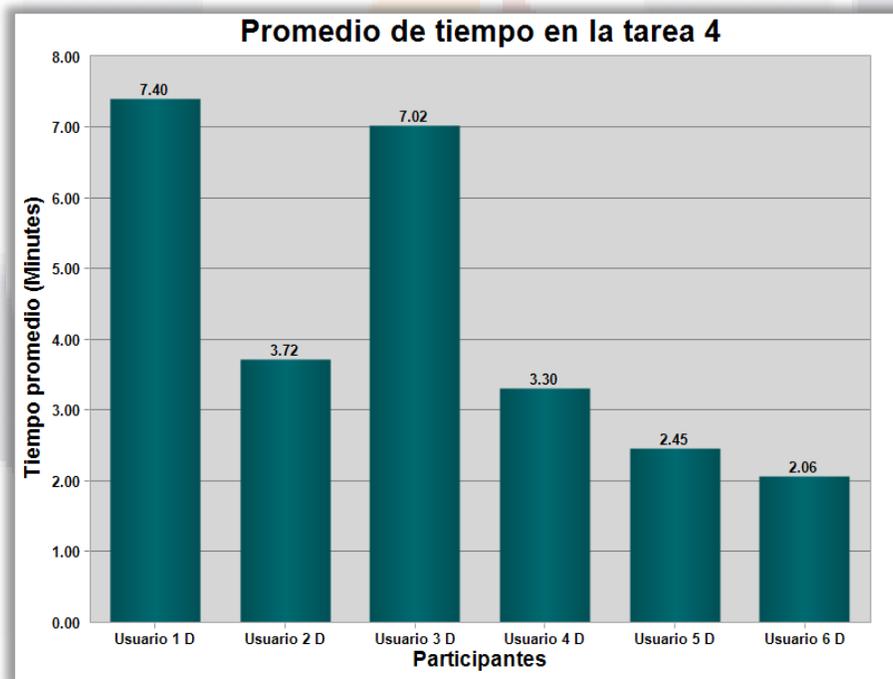
**Tarea 4. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 2 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 3 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 5 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 6 D                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Total                              | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |



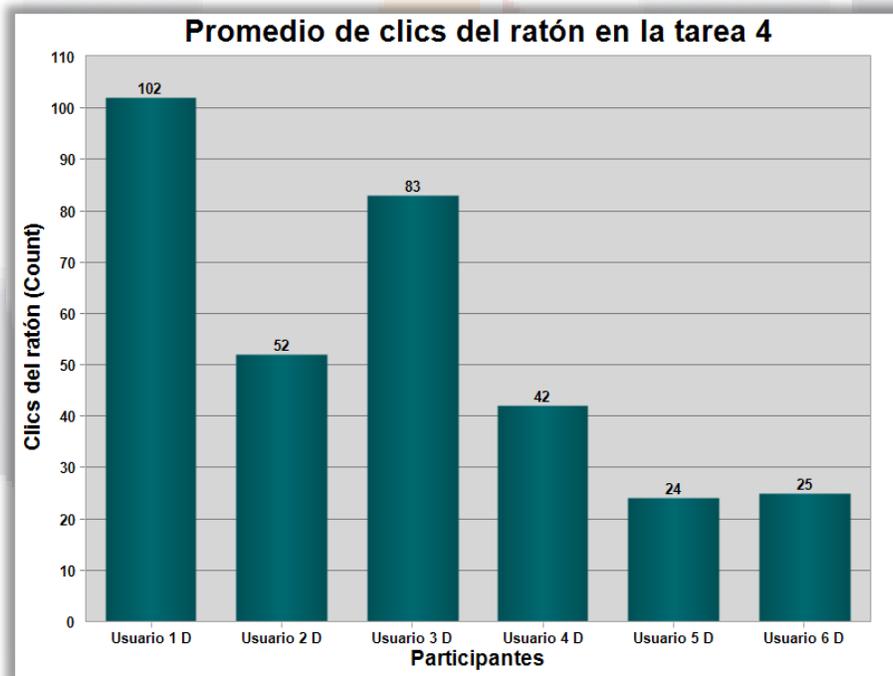
**Tarea 4. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 4 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 D                  | 7.4     |
| Usuario 2 D                  | 3.72    |
| Usuario 3 D                  | 7.02    |
| Usuario 4 D                  | 3.3     |
| Usuario 5 D                  | 2.45    |
| Usuario 6 D                  | 2.06    |
| Mínimo                       | 2.06    |
| Máximo                       | 7.4     |
| Media                        | 4.32    |
| Desviación estándar          | 2.31    |



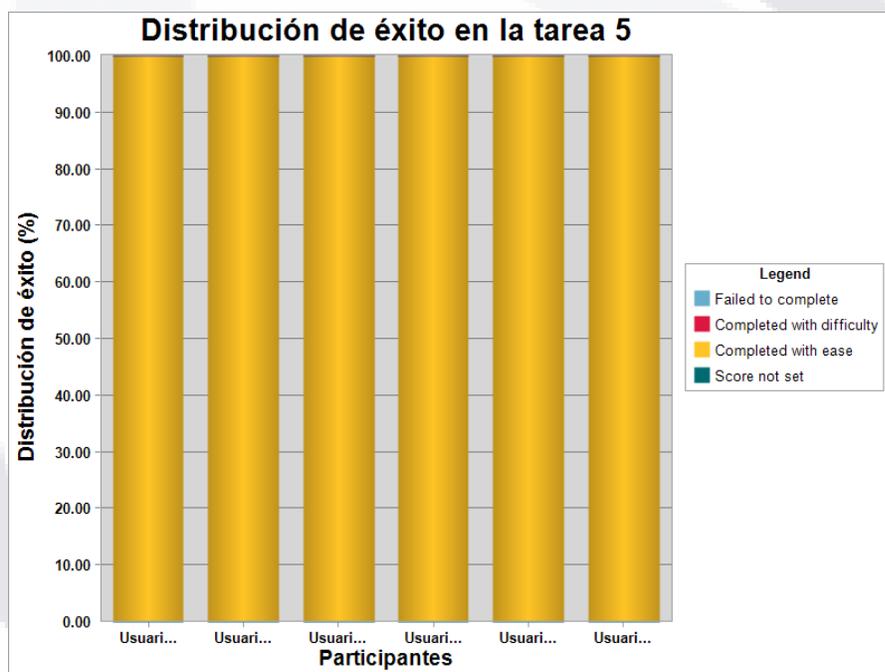
**Tarea 4. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 4</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 D                     | 102            |
| Usuario 2 D                     | 52             |
| Usuario 3 D                     | 83             |
| Usuario 4 D                     | 42             |
| Usuario 5 D                     | 24             |
| Usuario 6 D                     | 25             |
| Mínimo                          | 24             |
| Máximo                          | 102            |
| Media                           | 54.67          |
| Desviación estándar             | 31.72          |



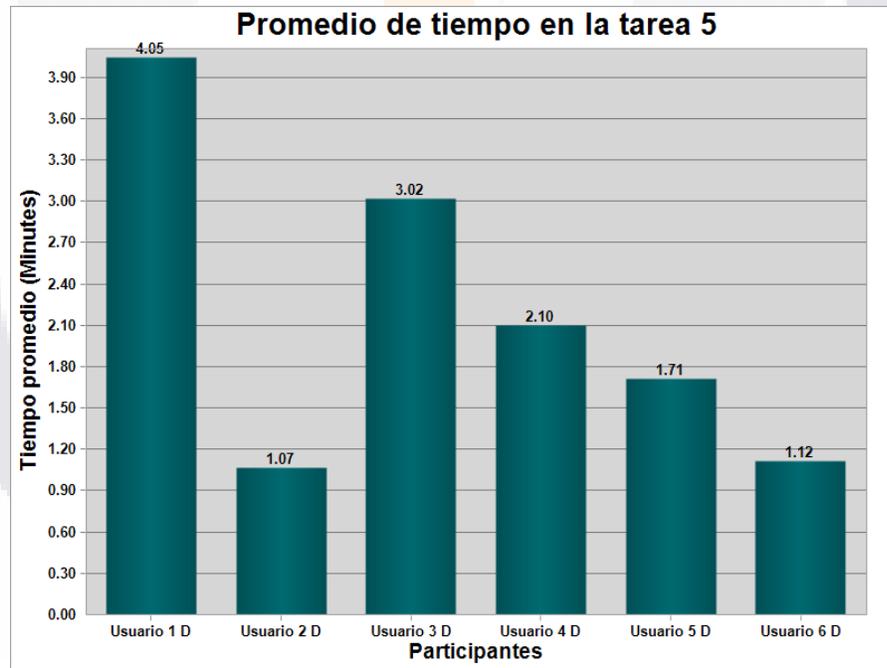
**Tarea 5. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 2 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 3 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 4 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 5 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 6 D                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |



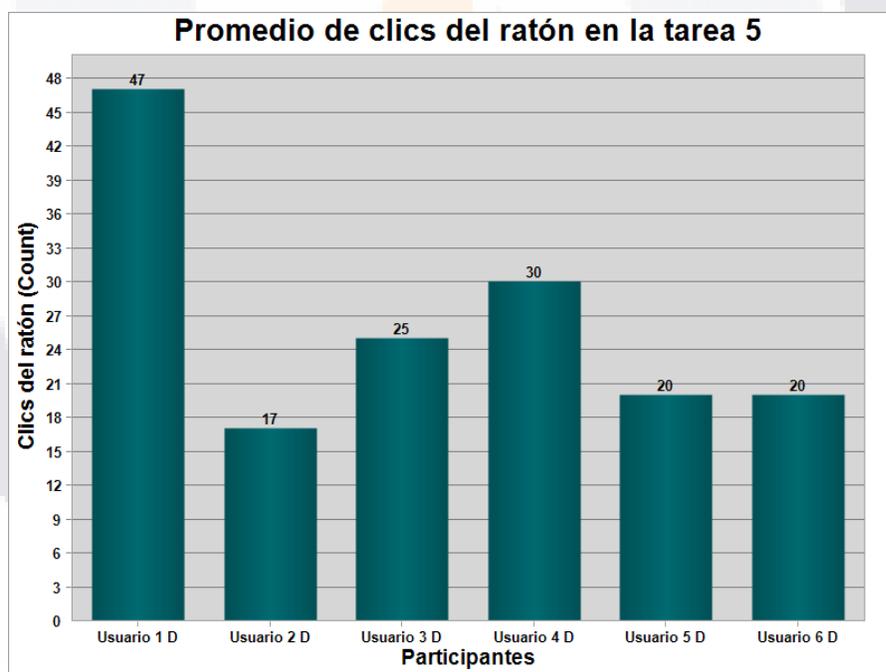
### Tarea 5. Promedio de tiempo

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 5 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 D                  | 4.05    |
| Usuario 2 D                  | 1.07    |
| Usuario 3 D                  | 3.02    |
| Usuario 4 D                  | 2.1     |
| Usuario 5 D                  | 1.71    |
| Usuario 6 D                  | 1.12    |
| Mínimo                       | 1.07    |
| Máximo                       | 4.05    |
| Media                        | 2.18    |
| Desviación Estándar          | 1.16    |



**Tarea 5 .Promedio de clics**

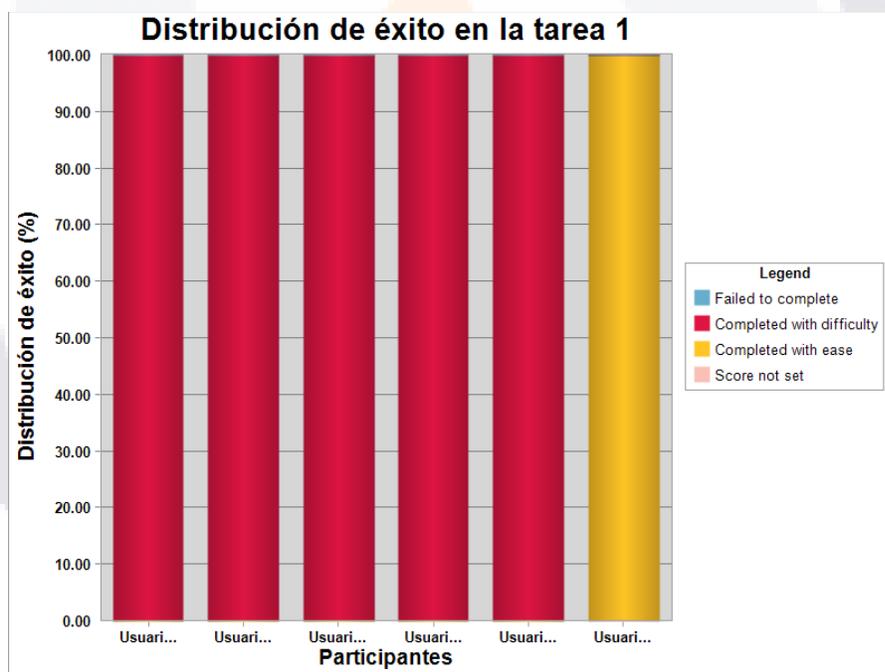
| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 5</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 D                     | 47             |
| Usuario 2 D                     | 17             |
| Usuario 3 D                     | 25             |
| Usuario 4 D                     | 30             |
| Usuario 5 D                     | 20             |
| Usuario 6 D                     | 20             |
| Mínimo                          | 17             |
| Máximo                          | 47             |
| Media                           | 26.5           |
| Desviación estándar             | 11.04          |



## Apéndice F. Estadísticas Descriptivas para las Tareas en dispositivo móvil

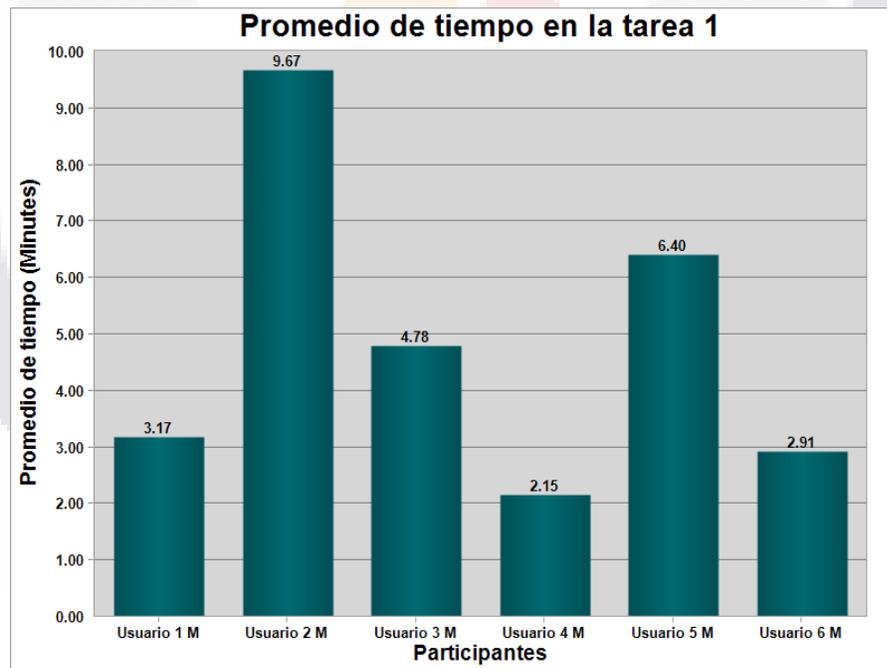
### Tarea 1. Distribución de éxito

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 2 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 3 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 5 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 6 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 16.67                | 83.33                    | 0                    |



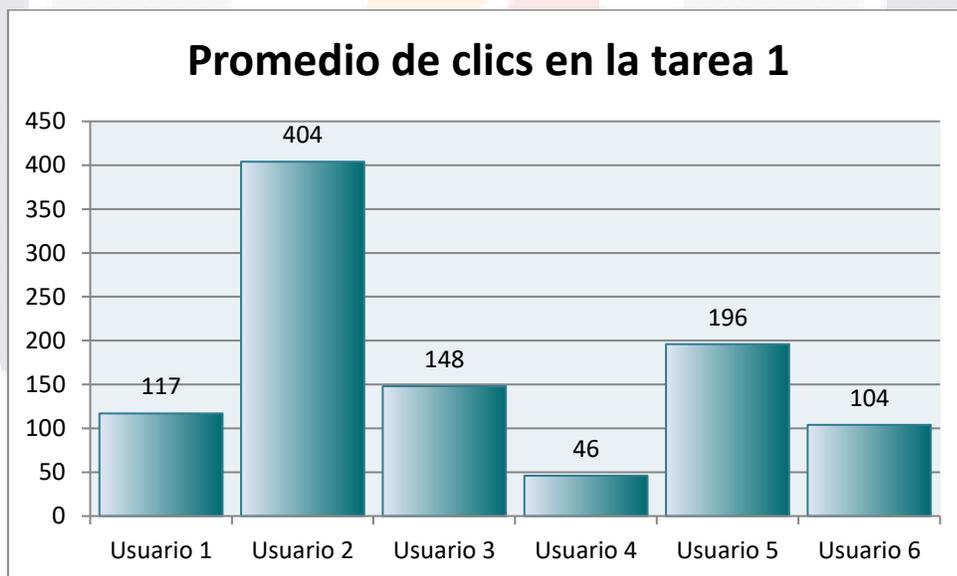
**Tarea 1 .Promedio de tiempo**

| <b>Tiempo de la Tarea (Minutos)</b> | <b>Tarea 1</b> |
|-------------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                         | 3.17           |
| Usuario 2 M                         | 9.67           |
| Usuario 3 M                         | 4.78           |
| Usuario 4 M                         | 2.15           |
| Usuario 5 M                         | 6.4            |
| Usuario 6 M                         | 2.91           |
| Mínimo                              | 2.15           |
| Máximo                              | 9.67           |
| Media                               | 4.85           |
| Desviación estándar                 | 2.81           |



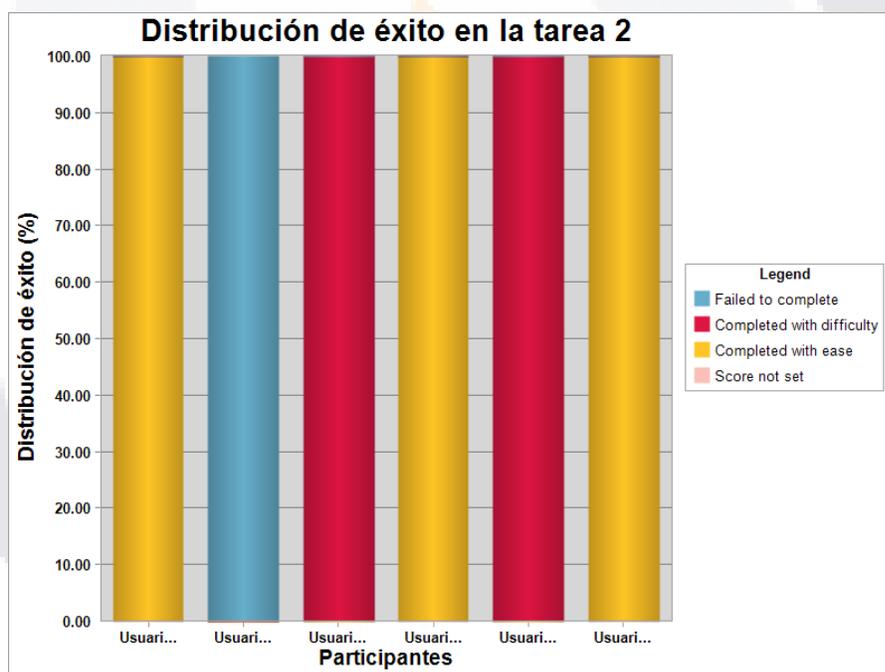
**Tarea 1. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 1</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                     | 117            |
| Usuario 2 M                     | 404            |
| Usuario 3 M                     | 148            |
| Usuario 4 M                     | 46             |
| Usuario 5 M                     | 196            |
| Usuario 6 M                     | 104            |
| Mínimo                          | 46             |
| Máximo                          | 404            |
| Media                           | 169.17         |
| Desviación estándar             | 125.26         |



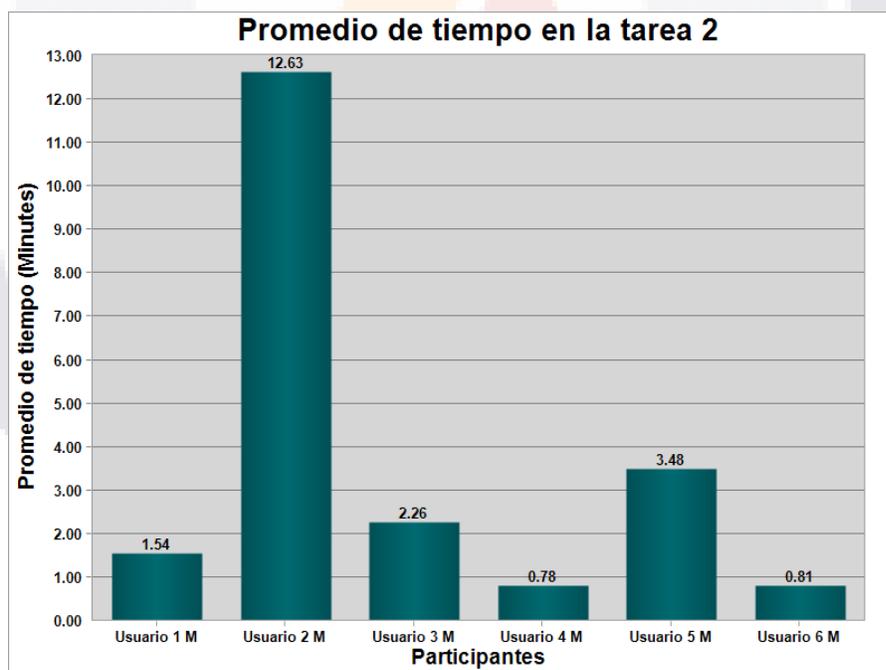
**Tarea 2. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 2 M                        | 0           | 0                    | 0                        | 100                  |
| Usuario 3 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 5 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 6 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 50                   | 33.33                    | 16.67                |



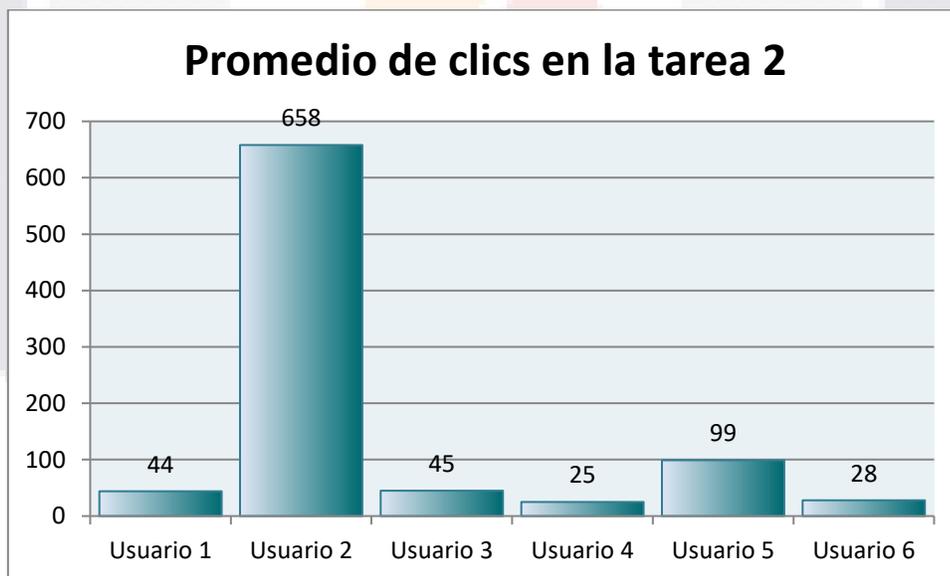
**Tarea 2. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 2 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 M                  | 1.54    |
| Usuario 2 M                  | 12.63   |
| Usuario 3 M                  | 2.26    |
| Usuario 4 M                  | 0.78    |
| Usuario 5 M                  | 3.48    |
| Usuario 6 M                  | 0.81    |
| Mínimo                       | 0.78    |
| Máximo                       | 12.63   |
| Media                        | 3.58    |
| Desviación estándar          | 4.55    |



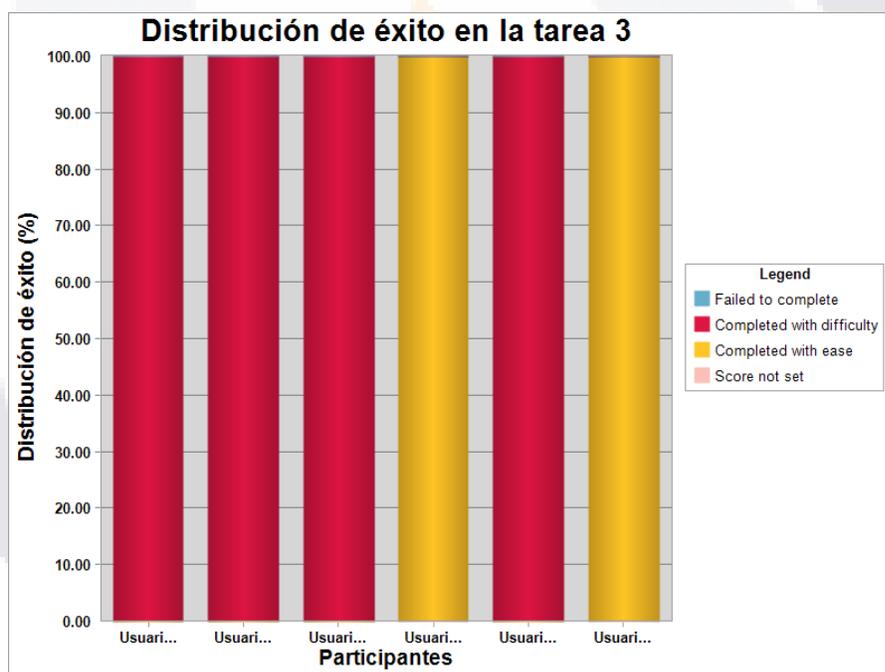
**Tarea 2. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 2</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                     | 44             |
| Usuario 2 M                     | 658            |
| Usuario 3 M                     | 45             |
| Usuario 4 M                     | 25             |
| Usuario 5 M                     | 99             |
| Usuario 6 M                     | 28             |
| Mínimo                          | 25             |
| Máximo                          | 658            |
| Media                           | 149.83         |
| Desviación estándar             | 250.37         |



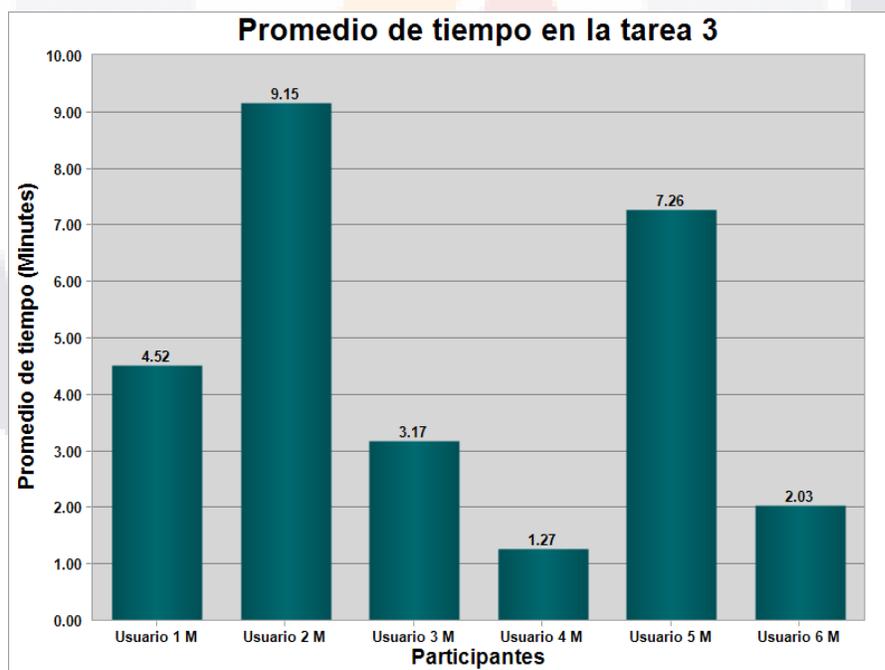
**Tarea 3. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 2 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 3 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 5 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 6 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Total                              | 0           | 33.33                | 66.67                    | 0                    |



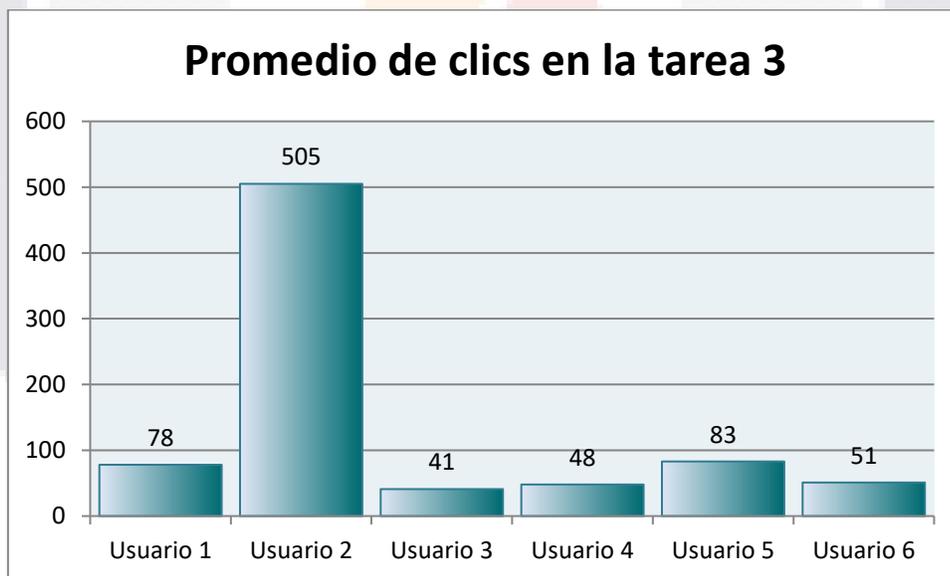
**Tarea 3. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 3 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 M                  | 4.52    |
| Usuario 2 M                  | 9.15    |
| Usuario 3 M                  | 3.17    |
| Usuario 4 M                  | 1.27    |
| Usuario 5 M                  | 7.26    |
| Usuario 6 M                  | 2.03    |
| Mínimo                       | 1.27    |
| Máximo                       | 9.15    |
| Media                        | 4.57    |
| Desviación estándar          | 3.08    |



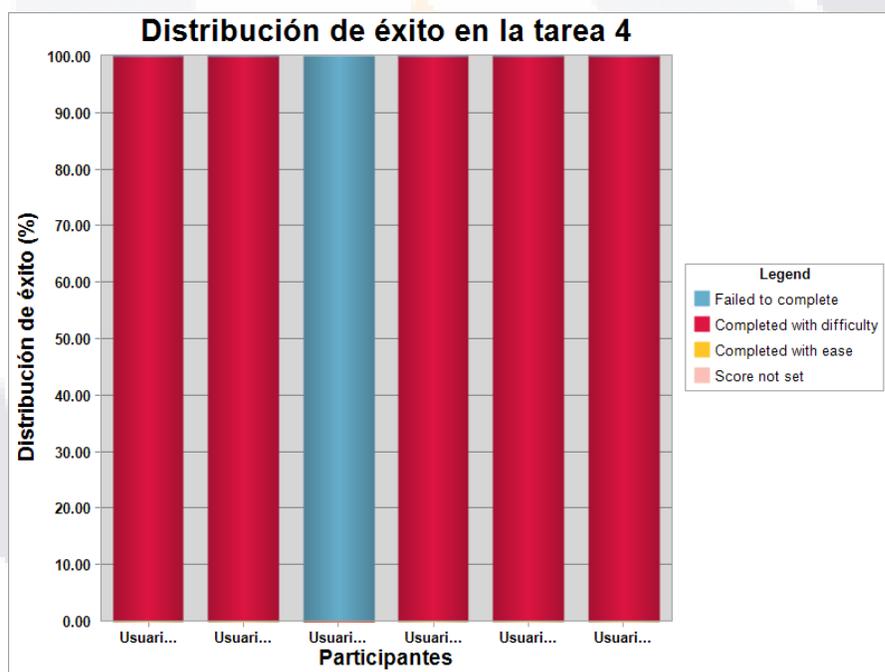
**Tarea 3. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 3</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                     | 78             |
| Usuario 2 M                     | 505            |
| Usuario 3 M                     | 41             |
| Usuario 4 M                     | 48             |
| Usuario 5 M                     | 83             |
| Usuario 6 M                     | 51             |
| Mínimo                          | 41             |
| Máximo                          | 505            |
| Media                           | 134.33         |
| Desviación estándar             | 182.38         |



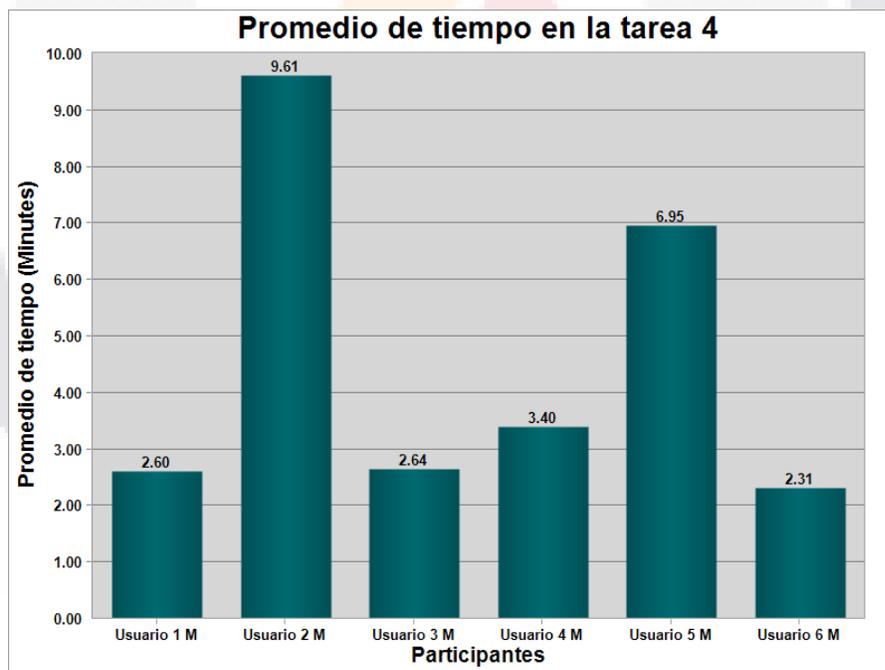
**Tarea 4. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 2 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 3 M                        | 0           | 0                    | 0                        | 100                  |
| Usuario 4 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 5 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 6 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Total                              | 0           | 0                    | 83.33                    | 16.67                |



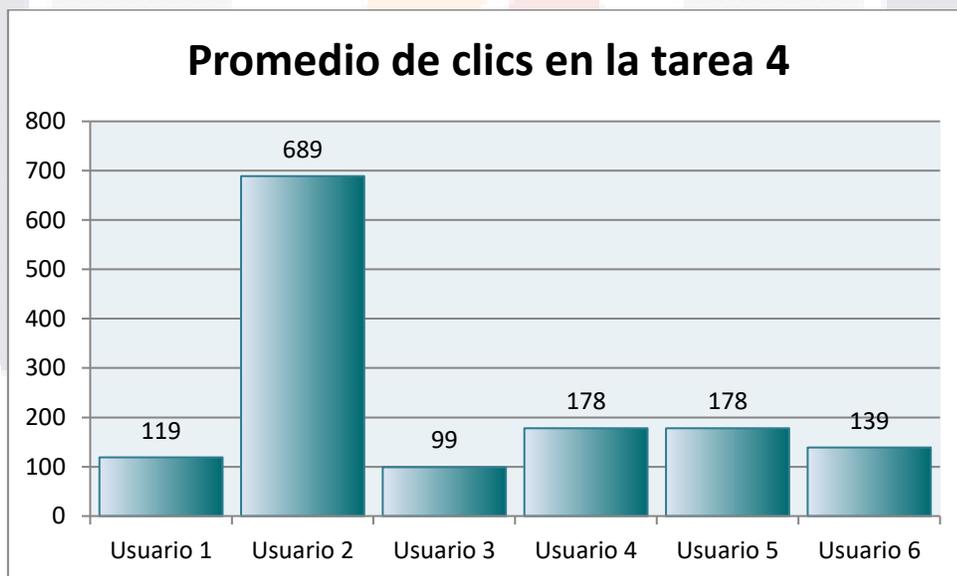
**Tarea 4. Promedio de tiempo**

| Tiempo de la Tarea (Minutos) | Tarea 4 |
|------------------------------|---------|
| Usuario 1 M                  | 2.6     |
| Usuario 2 M                  | 9.61    |
| Usuario 3 M                  | 2.64    |
| Usuario 4 M                  | 3.4     |
| Usuario 5 M                  | 6.95    |
| Usuario 6 M                  | 2.31    |
| Mínimo                       | 2.31    |
| Máximo                       | 9.61    |
| Media                        | 4.58    |
| Desviación estándar          | 3.01    |



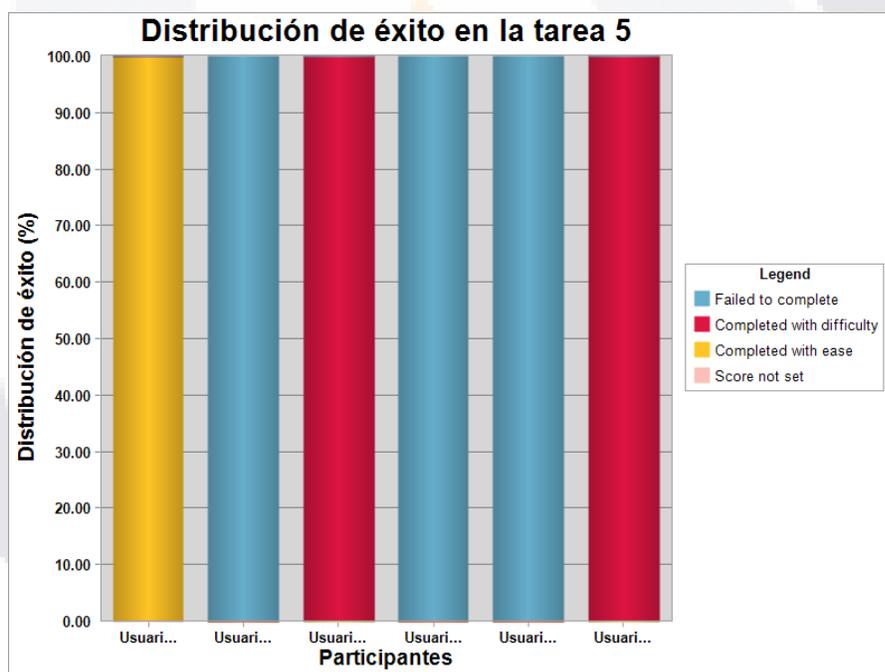
**Tarea 4. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 4</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                     | 119            |
| Usuario 2 M                     | 689            |
| Usuario 3 M                     | 99             |
| Usuario 4 M                     | 178            |
| Usuario 5 M                     | 178            |
| Usuario 6 M                     | 139            |
| Mínimo                          | 99             |
| Máximo                          | 689            |
| Media                           | 233.67         |
| Desviación estándar             | 225.29         |



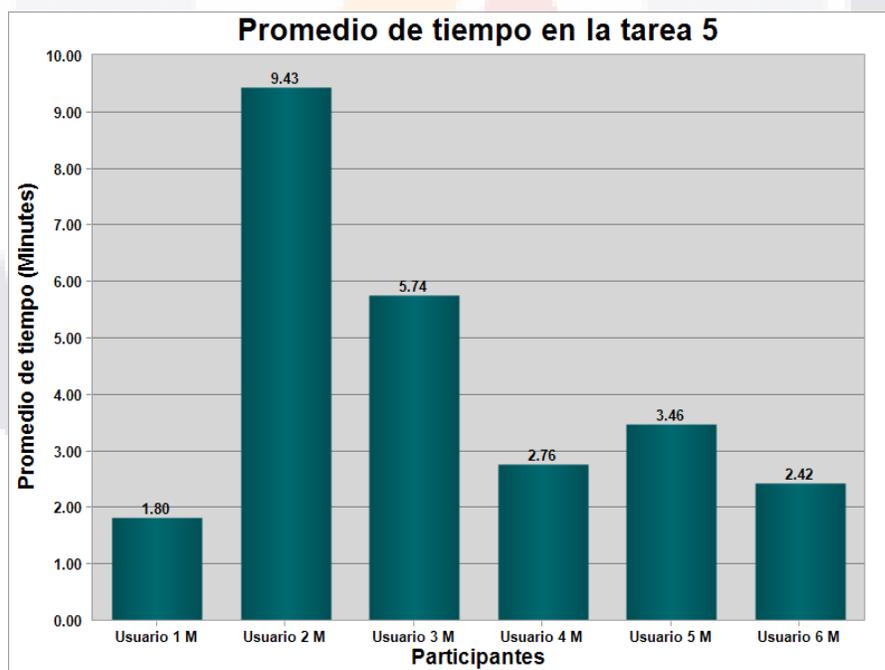
**Tarea 5. Distribución de éxito**

| Distribución de éxito (Porcentaje) | Sin evaluar | Concluida fácilmente | Concluida con dificultad | No se pudo completar |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Usuario 1 M                        | 0           | 100                  | 0                        | 0                    |
| Usuario 2 M                        | 0           | 0                    | 0                        | 100                  |
| Usuario 3 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Usuario 4 M                        | 0           | 0                    | 0                        | 100                  |
| Usuario 5 M                        | 0           | 0                    | 0                        | 100                  |
| Usuario 6 M                        | 0           | 0                    | 100                      | 0                    |
| Total                              | 0           | 16.67                | 33.33                    | 50                   |



**Tarea 5. Promedio de tiempo**

| <b>Tiempo de la Tarea (Minutos)</b> | <b>Tarea 5</b> |
|-------------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                         | 1.8            |
| Usuario 2 M                         | 9.43           |
| Usuario 3 M                         | 5.74           |
| Usuario 4 M                         | 2.76           |
| Usuario 5 M                         | 3.46           |
| Usuario 6 M                         | 2.42           |
| Mínimo                              | 1.8            |
| Máximo                              | 9.43           |
| Media                               | 4.27           |
| Desviación estándar                 | 2.87           |



**Tarea 5. Promedio de clics**

| <b>Clics del ratón (Conteo)</b> | <b>Tarea 5</b> |
|---------------------------------|----------------|
| Usuario 1 M                     | 97             |
| Usuario 2 M                     | 496            |
| Usuario 3 M                     | 209            |
| Usuario 4 M                     | 98             |
| Usuario 5 M                     | 108            |
| Usuario 6 M                     | 85             |
| Mínimo                          | 85             |
| Máximo                          | 496            |
| Media                           | 182.17         |
| Desviación estándar             | 160.31         |

