

**Métricas de Usabilidad y Accesibilidad en Los Procesos
de Desarrollo de Software en MiPyMEs**

MUA-PDS

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Jimmy Alberto Certuche Zúñiga

Rubén Darío Orozco Zapata

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
Grupo de Investigación IDIS
Investigación y Desarrollo en la Ingeniería de Software
Popayán
2.009**

Métricas de Usabilidad y Accesibilidad en Los Procesos de Desarrollo de Software en MiPyMEs

MUA-PDS



UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Jimmy Alberto Certuche Zúñiga

Rubén Darío Orozco Zapata

Trabajo de investigación para optar al título de Ingenieros de Sistemas

Director:

Doctor. César Alberto Collazos Ordoñez

Co-Director:

Doctor(c). Francisco José Pino Correa

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
Grupo de Investigación IDIS
Investigación y Desarrollo en la Ingeniería de Software
Popayán
2.009**

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto no podría haber sido realizado sin la colaboración de un sin número de personas que con su apoyo, talento, dedicación, trabajo, esfuerzo y paciencia permitieron que a lo largo de este año nuestro proyecto fuese realizado con el mayor de los éxitos. A todas estas personas nuestros más grandes y afectuosos agradecimientos.

A nuestros directores, Doctor César Alberto Collazos Ordoñez, director del grupo de Investigación y Desarrollo en la Ingeniería del Software Grupo IDIS y al Doctor Francisco José Pino Correa, por su apoyo a lo largo del presente proyecto, por su colaboración incondicional, por creer en nuestras capacidades como ingenieros y por los buenos momentos que hicieron de esta experiencia una experiencia grata y enriquecedora.

Nuestros más sinceros agradecimientos al grupo de Investigación y Desarrollo en la Ingeniería del Software Grupo IDIS, por el apoyo brindado por todos y cada uno de sus integrantes que hacen que cada día que pasa nos sintamos mas orgullosos de formar parte de las filas de un grupo de desarrollo tan exitoso como lo es el grupo IDIS.

Queremos agradecer a las empresas Desarrolladoras de Software adscritas a Parquesoft y las empresas Unisoft Colombia Ltda. y S&P Solutions por toda la atención y colaboración prestada para la realización de las encuestas y los casos de estudio.

Al grupo de expertos por su apoyo, dedicación y experiencia en la evaluación de nuestro trabajo.

Queremos agradecer también a nuestros amigos que siempre estuvieron a nuestro lado en los momentos en que más necesitamos de ellos y siempre tuvieron una sonrisa para nosotros. Les agradecemos por su apoyo y su interés en nuestro trabajo, por las constantes preguntas y por darnos el valor para perseverar en aquellos momentos en donde todo parecía confuso. Entre ellos, Alba Camayo, Anyela González, Shirley Ordoñez, Adrian Martínez, Alexander Ortiz, Andrés Manzano, Breitner Soles, Camilo Rangel, Diego Muñoz, Gustavo Aponza, Héctor Alarcón, Jarvein Rivera, John Betancourt, Jorge Rosero, Jorge Galindez, Juan Girón, Mauricio Hurtado, Miguel Oviedo y Oscar Rendón ocupan un lugar único por los momentos tan especiales que hemos pasado juntos y por la gran amistad y cariño que nos une.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su constancia, por su apoyo, por todos estos años de lucha a nuestro lado sin rendirse un solo minuto, por creer en nosotros y en nuestras capacidades, por el amor que siempre nos han brindado. A nuestros padres, hermanos, a nuestros tíos, nuestros primos y sobrinos, gracias por permitirnos formar parte de sus vidas, nada de esto podría haberse logrado sin ustedes.

Jimmy Alberto Certuche Zúñiga y Rubén Darío Orozco Zapata

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL.....	3
1.1. Ingeniería del Software	3
1.1.1. Procesos de Desarrollo de Software (PDS).....	4
1.1.2. Modelos de Procesos de Desarrollo de Software	5
1.1.3. Caracterización de Los Procesos de Desarrollo de Software.....	5
1.1.4. Proceso de Desarrollo de Software vs Producto Software	9
1.1.5. Evaluación y Análisis de los Procesos de Desarrollo del Software	10
1.1.6. Calidad de Software	10
1.2. Diseño Centrado en el Usuario (DCU).....	17
1.2.1. Usabilidad.....	18
1.2.1.1. Atributos de Usabilidad.....	19
1.2.1.2. La Usabilidad y Los Procesos de Desarrollo de Software	19
1.2.2. Accesibilidad.....	14
1.3 Proceso de Medición.....	14
1.3.1. Métricas	15
1.3.1.1. Métricas del Software	16
1.3.1.2. Métricas del Proceso	16
1.3.1.3. Métricas de Usabilidad	17
1.3.2. Indicadores	17
1.3.3. Escalas	18
1.3.4. GQM (Goal Question Metric).....	19
1.3.4.1. Goal-Question-Metric como Enfoque Orientado a Metas para Mediciones en Proyectos de Software	20
1.4. MiPyMEs	21
1.4.1. Importancia.....	28
1.5. Propuestas de Investigación y Trabajos relacionados.....	29
1.5.1. Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software	29
1.5.2. Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad MPIu+a29	
1.5.3. Integración de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad en el Proceso de Desarrollo de Software de las MiPyMEs ITUA+PDS.....	24

1.5.4. Métricas Predictivas de la Usabilidad: Un Nuevo Enfoque para su Ponderación Cualitativa.....	24
CAPITULO II. OBJETIVOS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD	25
2.1. Definición de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad	25
2.2. Definición de la Encuesta	26
2.2.1. Realización de la Encuesta	26
2.2.1.1. Análisis de Los Resultados	27
CAPITULO III. ADAPTACION Y SELECCIÓN DE LAS TECNICAS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD	28
3.1. Fuentes de Información.....	28
3.1.1. Etapa: Análisis.....	28
3.1.2. Etapa: Diseño	29
3.1.3. Etapa: Evaluación.....	29
3.2. Criterios de Selección	39
3.3. Conjunto Preliminar de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software	35
3.3.1. Análisis	35
3.3.2. Diseño.....	36
3.3.3. Evaluación	37
CAPITULO IV. CONJUNTO DEFINITIVO DE TECNICAS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD ADAPTADAS Y ORIENTADAS A PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	39
4.1. Encuesta a Expertos	39
4.1.1. Resultados.....	39
4.2. Conjunto Final de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software	47
4.2.1. Criterios de Selección Definitivos.....	48
4.2.2. Reglas de Selección.....	49
4.2.3. Selección del Conjunto Final de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software.....	45
4.2.4. Similitudes entre Técnicas	47
CAPITULO V. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	49
5.1. GQM Como Base del Método de Evaluación	49
5.1.1. Objetivos (Goals).....	57
5.1.2. Preguntas (Questions).....	57
5.1.3. Métricas (Metrics)	59
5.1.3.1. Métricas de Usabilidad y Accesibilidad Generadas a partir de la Experiencia	67
5.1.4. Indicadores	69

5.1.5. Recomendaciones.....	63
CAPITULO VI. HERRAMIENTA PARA EL SOPORTE DE LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD EN EL PROCESO DE DESARROLLO SOFTWARE	64
6.1. Aplicación Web Evaluación de Usabilidad y Accesibilidad en los Procesos de Desarrollo software	64
6.2. Funciones Generales de la Aplicación Web	64
6.3. Funcionalidades del Sistema	65
6.4. Actores	65
6.5. Diagramas de Casos de Uso	66
6.6. Caso de Uso de Alto Nivel	66
6.7. Casos de Uso en Formato Extendido	69
6.8. Diagrama de Clases para la Aplicación Web.....	78
6.9. Diagramas de Secuencia	79
6.10. Modelo de Persistencia	74
CAPITULO VII. CASOS DE ESTUDIO.....	76
7.1. Unisoft Colombia Ltda.	76
7.2. Valoración en el Caso de Estudio	77
7.3. Evaluación en el Caso de Estudio.....	77
7.4. Caso de Estudio: Unisoft Colombia Ltda.	77
7.4.1. Valoración.....	77
7.4.1.1. Recomendaciones y Técnicas Recomendadas	78
7.4.2. Evaluación	79
7.5. Seratic Ltda.	88
7.6. Valoración en el Caso de Estudio	88
7.7. Evaluación en el Caso de Estudio.....	88
7.8. Caso de Estudio: Seratic Ltda.	89
7.8.1. Valoración.....	89
7.8.1.1. Recomendaciones y Técnicas Recomendadas	82
7.8.2. Evaluación	84
CAPITULO VIII. CONCLUSIONES, LECCIONES APRENDIDAS Y TRABAJO FUTURO.....	86
8.1. Conclusiones.....	86
8.1. Lecciones Aprendidas	87
8.2. Trabajo Futuro.....	88
REFERENCIAS BILIOGRAFICAS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas dentro de un Proceso de Desarrollo de Software.....	6
Figura 2. Diagrama que relaciona a las clases proceso, tarea y actividad.....	7
Figura 3. Diagrama General de Jerarquía de Recursos.	8
Figura 4. Criterios y beneficios de la implementación de un Proceso de Desarrollo de Software.	9
Figura 5. Definición de Usabilidad	19
Figura 6. Participación por tamaño de las empresas.....	28
Figura 7. Paralelo definición Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.....	25
Figura 8. Aplicación Web MUA-PDS.....	64
Figura 9. Diagrama de casos de uso.	66
Figura 10. Diagrama de clases para la aplicación web.	79
Figura 11. Diagrama de secuencia: crear evaluación.....	73
Figura 12. Diagrama de secuencia: cargar empresa.....	73
Figura 13. Diagrama de secuencia: llenar evaluación.	74
Figura 14. Diagrama de secuencia: generar informe.....	74
Figura 15. Modelo de persistencia.	75
Figura 16. Estado del Proceso de Desarrollo de Software de la empresa Unisoft Colombia Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.	78
Figura 17. Estado final del Proceso de Desarrollo de Software de la empresa Unisoft Colombia Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.	88
Figura 18. Estado del Proceso de Desarrollo de Software de la empresa Seratic Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.	89
Figura 19. Estado final del Proceso de Desarrollo de Software de la empresa Seratic Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización procesos y productos software.	16
Tabla 2. Número de empresas en Colombia	28
Tabla 3. Empresas participantes en la realización de la encuesta.	26
Tabla 4. Comparación entre los modelos. Análisis	29
Tabla 5. Comparación entre los modelos. Diseño	29
Tabla 6. Comparación entre los modelos. Evaluación.....	37
Tabla 7. Técnicas de evaluación no evaluadas para MiPyMEs.....	38
Tabla 8. Unificación de técnicas. Análisis	39
Tabla 9. Unificación de técnicas. Diseño	39
Tabla 10. Unificación de técnicas. Evaluación.....	39
Tabla 11. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Análisis.	36
Tabla 12. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Análisis.	36
Tabla 13. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Diseño.	36
Tabla 14. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Diseño.....	37
Tabla 15. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Evaluación.	37
Tabla 16. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Evaluación.	38
Tabla 17. Comentarios acerca de los criterios de selección.....	47
Tabla 18. Comentarios acerca de la redefinición de las técnicas.....	47
Tabla 19. Regla de selección 1.....	43
Tabla 20. Regla de selección 2.....	43
Tabla 23. Regla de selección 3. Variante C.....	44
Tabla 24. Regla de selección 4. Variante A.....	44
Tabla 25. Regla de selección 4. Variante B.....	44
Tabla 26. Regla de selección 4. Variante C.....	44
Tabla 27. Valoración de cada técnica según cada experto.	46
Tabla 28. Conjunto de técnicas seleccionadas para la evaluación	46
Tabla 29. Técnicas que no fueron seleccionadas debido a la valoración	47
Tabla 30. Preguntas según cada técnica.....	53
Tabla 31. Objetivo seguimiento y las preguntas relacionadas.....	54
Tabla 32. Objetivo adaptabilidad y las preguntas relacionadas.....	56
Tabla 33. Objetivo ahorro de tiempo y las preguntas relacionadas.....	57
Tabla 34. Objetivo Ahorro de recursos y las preguntas relacionadas.	57
Tabla 35. Objetivo entender comprender y las preguntas relacionadas.	59
Tabla 36. Relación de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad con los grupos de métricas de Usabilidad.....	67
Tabla 37. Métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas a partir de la experiencia.	69
Tabla 38. Indicadores del estado del proceso con respecto a una pregunta.	69
Tabla 39. Indicadores del estado con respecto a un objetivo del proceso.	69
Tabla 40. Indicadores del estado general del proceso.	62

Tabla 41. Indicadores de las métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas a partir de la experiencia.	63
Tabla 42. Requisitos funcionales del sistema.	65
Tabla 43. Caso de uso: crear evaluación.	67
Tabla 44. Caso de uso: cargar empresa.	67
Tabla 45. Caso de uso: llenar evaluación.	67
Tabla 46. Caso de uso: generar informe.	67
Tabla 47. Caso de uso: cargar informe.	67
Tabla 48. Caso de uso: crear empresa.	68
Tabla 49. Caso de uso: crear Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.	68
Tabla 50. Caso de uso: guardar datos empresa.	68
Tabla 51. Caso de uso: guardar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.	68
Tabla 52. Caso de uso: cargar evaluación.	68
Tabla 53. Caso de uso: llenar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.	69
Tabla 54. Caso de uso: guardar datos evaluación.	69
Tabla 55. Caso de uso: analizar valores.	69
Tabla 56. Caso de uso: mostrar informe.	69
Tabla 57. Caso de uso en formato extendido: crear evaluación.	76
Tabla 58. Caso de uso en formato extendido: cargar empresa.	77
Tabla 59. Caso de uso en formato extendido: llenar evaluación.	77
Tabla 60. Caso de uso en formato extendido: generar informe.	78
Tabla 61. Caso de uso en formato extendido: cargar informe.	78
Tabla 62. Técnicas implementadas en la empresa Unisoft Colombia Ltda.	79
Tabla 63. Técnicas recomendadas para la empresa Unisoft Colombia Ltda.	86
Tabla 64. Técnicas recomendadas e implementadas.	87
Tabla 65. Técnicas implementadas en la empresa Seratic Ltda.	83
Tabla 66. Técnicas recomendadas para la empresa Seratic Ltda.	84
Tabla 67. Técnicas recomendadas e implementadas.	84

INTRODUCCION

El término “Usabilidad” (que no se encuentra recogido todavía por los diccionarios de referencia de la lengua española) es derivado directamente del término inglés Usability, ha alcanzado recientemente gran relevancia entre la comunidad académica y profesional dedicada al diseño, implementación y evaluación de recursos y servicios de información para el web. La Usabilidad y sus técnicas han sido aplicadas al diseño y la producción industrial, en el marco de la ergonomía, y al diseño y producción de software, especialmente en lo correspondiente al diseño y evaluación de interfaces de usuario, en el contexto de la interacción hombre-máquina (Human- Computer Interaction, HCI) [1].

Sin embargo, son cada vez más numerosas las referencias, tanto académicas como comerciales, la Usabilidad está apareciendo como un método de desarrollo de productos de información con un papel más importante que la propia arquitectura de información o la gestión de contenidos. En otras ocasiones se engloba en la Usabilidad técnicas de análisis de contenidos o de auditoría y análisis de información. Este tipo de enfoques enmascara el verdadero papel de la Usabilidad, así como su integración en el proceso de diseño e implementación de productos software.

El desarrollo de software no es ajeno a este enfoque, actualmente las empresas Desarrolladoras de Software han entendido que el éxito de sus productos y servicios depende, en gran medida, de qué tanto se haya considerado al usuario final a la hora de desarrollar su producto. Independientemente de si la aplicación usa lo último en tecnología, de si los desarrolladores de tales empresas son los mejores en sus áreas y del respaldo de una inversión cuantiosa en mercadeo y publicidad de la aplicación o servicio en cuestión, el usuario final no perderá su tiempo si no encuentra útil el producto o si le es difícil de usar [2].

Desafortunadamente el Proceso de Desarrollo de Software (PDS) en muchos casos tiende a ser un esquema bastante complejo de desarrollar y llevar a cabo sobre todo en pequeñas y medianas empresas a nivel iberoamericano. Es por esta razón que el incorporar técnicas de Usabilidad y sobretodo de Accesibilidad, que permitan que los PDS puedan usarse por cualquier persona independiente de sus limitaciones, pueda llevar a un desarrollo más efectivo y realizable desde diferentes puntos de vista.

Teniendo en cuenta que existen varios modelos y metodologías que buscan mejorar la capacidad de los PDS para conseguir y garantizar productos de calidad como lo son el CMMI, Normas de Calidad ISO, etc. [3] [4] [5], podemos observar que estos modelos implican una gran inversión en tiempo, dinero y recursos para la gran mayoría de empresas de los países en vía de desarrollo, ya que tomando como ejemplo y como marco de nuestro estudio los países latinoamericanos y en específico nuestro país Colombia, la base principal de su producción son las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs). Según un estudio realizado en el 2004 por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología el 98% de las empresas nacionales presentan características MiPyMEs y existen cerca de 4000 dedicadas al desarrollo de software, comercialización de hardware, servicios de consultoría y canales de distribución¹ [6]. Dentro de las múltiples causas que impiden que las MiPyMEs progresen adecuadamente se encuentran las pocas posibilidades de acceso a créditos especiales y operar en un entorno desfavorable, también se enfrentan a nuevos desafíos para mantenerse a flote, como incrementar la demanda de sus servicios y el mejoramiento continuo de sus procesos organizacionales [6]. Muchas de estas empresas no alcanzan a implementar modelos y metodologías como las mencionadas, por los diferentes problemas presentados.

¹ No es posible tener una cifra clara de este sector debido a que las empresas realizan varias actividades que se relacionan entre sí.

En el caso específico de las MiPyMEs productoras de software, uno de sus problemas radica en la inmadurez y bajo nivel de estructuración de los procesos de software y su mejoramiento, lo cual refleja un proceso de desarrollo informal e impredecible influyendo negativamente en la calidad del producto e impactando fuertemente en los objetivos de negocio [7]. Es aquí donde juegan un papel fundamental los diferentes modelos y metodologías que buscan mejorar la capacidad² de los procesos de software para conseguir y garantizar productos de calidad. Por lo cual han nacido modelos que buscan fomentar la estandarización de los procesos operacionales a través de mejores prácticas de gestión e ingeniería de software que se adecuen a las MiPyMEs, por ejemplo: “Br – Mejoramiento del Proceso de Software” [8] en Brasil y el “Modelo de Procesos para la Industria de Software – MoProSoft” en México [9].

Teniendo en cuenta estos aspectos se observa que las MiPyMEs necesitan incorporar a sus procesos de desarrollo aspectos con los cuales obtengan productos finales adecuados a los usuarios, para esto sería necesario que dichos procesos de desarrollo software integren aspectos de Usabilidad y Accesibilidad en todo su ciclo, pero antes debemos ver si estos aspectos importantes ya han sido integrados a los procesos de desarrollo de las MiPyMEs, con esto vemos la necesidad de realizar la siguiente pregunta **¿Están las MiPyMEs involucrando en todo el ciclo de proceso de desarrollo software Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad para obtener productos adecuados a los usuarios finales? Si los involucran, ¿realmente han logrado el éxito esperado? ¿En qué nivel se está valorando la integración, es decir, en qué grado estos aspectos están siendo involucrados?** La respuesta a estas preguntas se obtiene por medio del desarrollo de unas métricas de evaluación para el PDS que pueden usar las MiPyMEs teniendo como factor relevante las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que se incorporan en el proceso de desarrollo.

En los últimos años, se está presenciando un cambio en cuanto a procesos de desarrollo software, debido a la participación del usuario en estos procesos, teniendo una implicación directa en los resultados finales del producto, teniendo como objetivos principales mejorar la calidad, lograr un mejor entendimiento, ampliar el mercado e incrementar la satisfacción del cliente con el producto, estos objetivos pertenecen al Diseño centrado en el usuario (DCU) y tomando como principales aspectos a la Usabilidad y Accesibilidad; estos dos aspectos están siendo tomados muy en cuenta en el PDS para aumentar la demanda de productos usables, accesibles y así reflejar las particularidades de los usuarios en interfaces entendibles, manejables y fáciles de aprender [10] [11].

Teniendo en cuenta lo antes dicho, se observa que el DCU así como los aspectos de Usabilidad y Accesibilidad son factores importantes a involucrar en las tareas y actividades del proceso de desarrollo, ya que permite relacionar aspectos de Usabilidad y Accesibilidad con cada una de las etapas para obtener un producto adaptado a las características del usuario.

Pero antes de comenzar a incorporar aspectos de Usabilidad y Accesibilidad a los PDS es necesario verificar si algunos de estos aspectos forman parte del PDS que actualmente manejan las MiPyMEs dedicadas al mercado del software en el nos centraremos para el desarrollo de este proyecto. Estudiaremos las diferentes formas de evaluarlos desde el punto de vista del producto y con base en éstas adaptaremos unas métricas que nos permitan determinar la Usabilidad y la Accesibilidad en los PDS de las MiPyMEs colombianas.

² La medición de capacidad se obtiene a través de un conjunto de atributos de procesos, los cuales se usan para determinar cuando un proceso ha alcanzado una capacidad. Cada atributo mide un aspecto particular de un proceso.

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

En este primer capítulo se identifican los conceptos más relevantes que permitieron el desarrollo del presente trabajo de grado.

1.1. *Ingeniería del Software*

A lo largo de la historia el término Ingeniería del Software ha evolucionado de tal forma que existen varias definiciones:

La Ingeniería del Software es la aplicación práctica y sistemática del conocimiento científico a [12]:

- La producción de programas correctos, que se desarrollan a tiempo y dentro de las estimaciones de presupuesto,
- Y a la documentación correspondiente para desarrollarlos, usarlos y mantenerlos.

La Ingeniería del Software es el establecimiento y uso de principios sólidos de ingeniería, orientados a obtener software económico que sea fiable y trabaje de manera eficiente en máquinas reales [13].

Una disciplina que comprende todos los aspectos de la producción de software, desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza [14].

Una disciplina bien establecida que abarca el proceso asociado con el desarrollo del software, los métodos utilizados para analizar, diseñar y evaluar software, las técnicas asociadas con el control y monitoreo de proyectos software y las herramientas, métodos y técnicas utilizadas para el proceso de apoyo [15].

La ingeniería del software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de la ingeniería al software [16].

La ingeniería de software, como proceso, requiere llevar a cabo muchas tareas. Las siguientes son las más generales [17]:

Análisis de requisitos: Extraer los requisitos de un producto de software es la primera etapa para crearlo. Mientras que los clientes piensan que ellos saben lo que el software tiene que hacer, se requiere de habilidad y experiencia en la ingeniería de software para reconocer requisitos incompletos, ambiguos o contradictorios.

La captura, análisis y especificación de requisitos (incluso pruebas de ellos), es una parte crucial; de esta etapa depende en gran medida el logro de los objetivos finales. Se han ideado modelos y diversos procesos de trabajo para estos fines. Aunque aún no está formalizada, ya se habla de la Ingeniería de Requisitos.

Especificación: Es la tarea de describir detalladamente el software a ser escrito, en una forma matemáticamente rigurosa. En la realidad, la mayoría de las buenas especificaciones han sido escritas para entender y afinar aplicaciones que ya estaban desarrolladas. Las especificaciones son más importantes para las interfaces externas, que deben permanecer estables.

Diseño y arquitectura: Se refiere a determinar cómo funcionará de forma general sin entrar en detalles. Se definen los casos de uso para cubrir las funciones que realizará el sistema y se

transforman las entidades definidas en el análisis de requisitos en clases de diseño, obteniendo un modelo cercano a la programación orientada a objetos.

Programación: Aquí se desarrolla el código fuente. Reducir un diseño a código puede ser la parte más obvia del trabajo de ingeniería de software, pero no necesariamente es la que demanda mayor trabajo, ni la más complicada. La complejidad y la duración de esta etapa está íntimamente relacionada al o a los lenguajes de programación utilizados, así como al diseño previamente realizado.

Prueba: Consiste en comprobar que el software realice correctamente las tareas indicadas en la especificación. Una manera de probar un software es realizar pruebas por separado para cada módulo del software y luego probarlo de forma integral para así llegar al objetivo. Se considera una buena práctica el que las pruebas sean efectuadas por alguien distinto al desarrollador que la programó, idealmente un área de pruebas; sin perjuicio de lo anterior el programador debe hacer sus propias pruebas. En general hay dos grandes formas de organizar un área de pruebas, la primera es que esté compuesta por personal inexperto y que desconozca el tema de pruebas, de esta forma se evalúa que la documentación entregada sea de calidad, que los procesos descritos son tan claros que cualquiera puede entenderlos y el software hace las cosas tal y como están definidas. El segundo enfoque es tener un área de pruebas conformada por programadores con experiencia, personas que saben sin mayores indicaciones en qué condiciones puede fallar una aplicación y que pueden poner atención en detalles que personal inexperto no consideraría.

Documentación: Todo lo concerniente a la documentación del propio desarrollo del software y de la gestión del proyecto, pasando por modelaciones (UML), diagramas, pruebas, manuales de usuario, manuales técnicos, etc; todo con el propósito de eventuales correcciones, Usabilidad, mantenimiento futuro y ampliaciones al sistema.

Mantenimiento: Mantener y mejorar el software para enfrentar errores descubiertos y nuevos requisitos. Esto puede llevar más tiempo incluso que el desarrollo inicial del software. Alrededor de 2/3 de toda la ingeniería de software tiene que ver con dar mantenimiento. Una pequeña parte consiste en arreglar errores. La mayor parte consiste en extender el sistema para hacer nuevas cosas.

1.1.1. Procesos de Desarrollo de Software (PDS)

La siempre creciente demanda de las empresas productoras de software ha producido una crisis en la disponibilidad de ingenieros de software en el mercado laboral. Los recursos humanos, cada vez más caros y escasos, deben ser utilizados de manera eficaz y productiva. Si bien es cierto el costo de las herramientas para producir software (computadores y software de desarrollo) ha tenido una tendencia a la baja, la creciente complejidad de la tecnología que se debe incorporar en los productos se ha encarecido (Ej. aumento del costo de investigación, patentes, etc.) [6]. De aquí la importancia de los PDS y del por qué representan una fuerte inversión en recursos y tiempo. Un proceso inadecuado puede tener graves consecuencias y acarrear costos intolerables, lo cual puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

Hasta ahora se ha empleado el término "proceso de software", pero ¿qué se quiere decir con este término?: "Un proceso es un conjunto de pasos definidos para lograr una tarea", mientras que "un proceso definido es aquel que está escrito a tal detalle que permite que los ingenieros lo usen constantemente". Estos procesos deben ser flexibles, facilitar su cambio e innovación [18].

Un proceso puede considerarse inmaduro si: Es fundamentalmente personal, no está documentado, es difícil compartirlo con otros miembros del equipo, no es fácil reproducirlo en nuevos proyectos, no hay entrenamiento, no todo el mundo lo conoce, no se mide, se aplica a veces solamente, es percibido como poco eficiente, es interpretado de manera distinta [11].

Un proceso puede considerarse maduro si cumple con los siguientes criterios [11]:

- Está definido
- Está documentado
- El personal ha sido entrenado en el proceso
- Es practicado
- Apoyado
- Mantenido
- Está controlado
- Se verifica
- Se valida
- Se mide
- Y puede mejorarse.

1.1.2. Modelos de Procesos de Desarrollo de Software

Los modelos son simplificaciones; por lo tanto, un modelo de procesos del software es una simplificación o abstracción de un proceso real. Estos modelos pueden incluir actividades que son parte de los procesos y productos software y el papel de las personas involucradas en la ingeniería del software [14].

Existe una amplia variedad de modelos de PDS pero en su gran mayoría se basan en uno de los tres modelos generales o paradigmas de desarrollo de software [14]:

- a. El enfoque en cascada. Considera las actividades anteriores y las representa como etapas de procesos separados, tales como la especificación de requerimientos, el diseño del software, la implementación, las pruebas, etcétera. Después de que cada etapa queda definida «se firma» y el desarrollo continúa con la siguiente etapa.
- b. Desarrollo iterativo. Este enfoque entrelaza las actividades de especificación, desarrollo y validación. Un sistema inicial se desarrolla rápidamente a partir de especificaciones muy abstractas. Éste se refina basándose en las peticiones del cliente para producir un sistema que satisfaga sus necesidades. El sistema puede entonces ser entregado. De forma alternativa, se puede re-implementar utilizando un enfoque más estructurado para producir un sistema más sólido y mantenible.
- c. Ingeniería del software basada en componentes (CBSE). Esta técnica supone que las partes del sistema existen. El proceso de desarrollo del sistema se enfoca en la integración de estas partes más que desarrollarlas desde el principio.

1.1.3. Caracterización de los Procesos de Desarrollo de Software

Un PDS se define como todas las actividades necesarias para traducir las necesidades del usuario en un producto software [19] [20].

También se define como conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones, que la gente usa para planificar, gestionar, ejecutar, monitorizar, controlar, mejorar, desarrollar y mantener software y los productos de trabajo asociados (planes de proyecto, diseño de documentos, código, pruebas y manuales de usuario) [21].

Un proceso de software consiste de un análisis de requerimientos y una etapa de definición, una etapa de diseño del sistema, una etapa de diseño de programación, una etapa de implementación del programa, una etapa pruebas de unidad, una etapa de pruebas de integración, una etapa de pruebas del sistema, una etapa de entrega del sistema y finalmente una etapa de mantenimiento [22]. Esto se ilustra en la Figura 1.

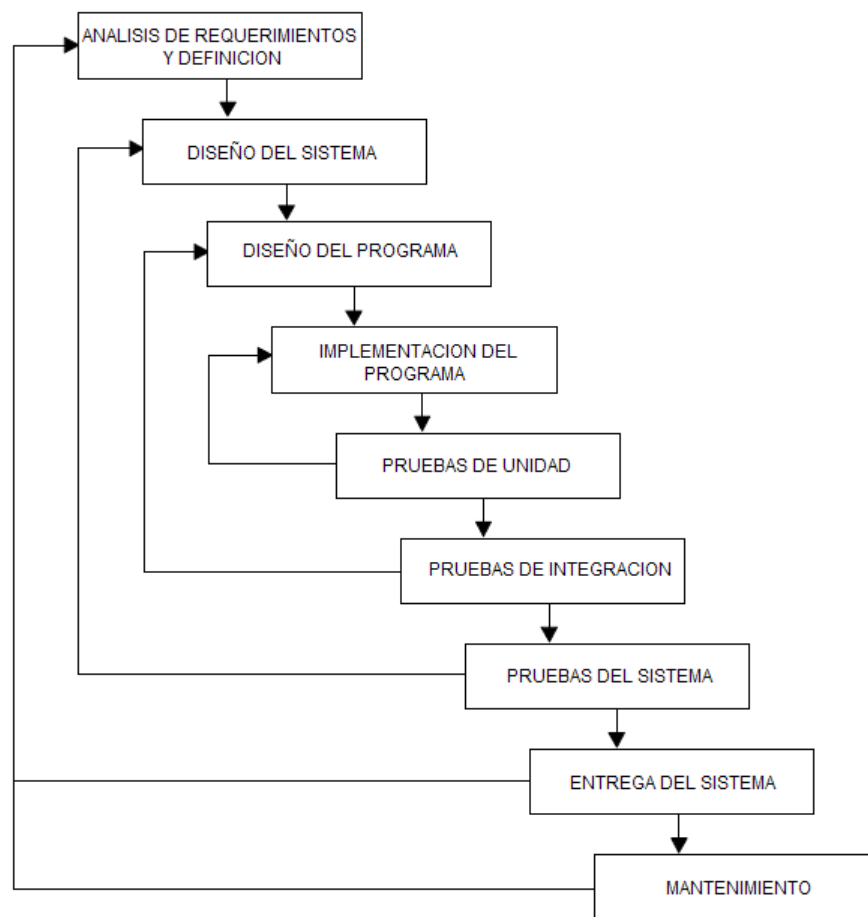


Figura 1. Etapas dentro de un Proceso de Desarrollo de Software.

Los procesos software son considerados el área principal para la mejora de la calidad, porque contienen las actividades en las cuales el producto es creado. Entre más temprano se encuentren los errores de calidad, más fácil y económico será resolverlos. Tres problemas típicos existen con referencia a los procesos software [23]:

- Los procesos software no son a menudo definidos
- El desarrollo de software es altamente dependiente de las habilidades individuales
- El desarrollo de software es difícil de gestionar

La Calidad en los procesos de desarrollo se resume en la frase “bien planeado y cuidadosamente ejecutado”. Este aspecto asegura la confiabilidad, puesto que el plan que se realice para desarrollar el sistema, debe incluir pruebas bien seleccionadas que evalúen la confiabilidad del programa en cualquier situación [24].

Perspectivas relevantes de Calidad:

- Conformidad a la especificación
- Satisfacción de las necesidades de los usuarios.

Una descripción de proceso es una manera de representar y especificar la secuencia parcial de actividades de un proceso. Una descripción completa de proceso debe considerar las actividades y

las operaciones asociadas, las precondiciones y postcondiciones para cada actividad, y otros entes (objetos) intervinientes en el proceso de software como artefactos, agentes y roles. Pueden coexistir descripciones alternativas para un proceso y se puede considerar a una descripción de proceso como a un artefacto especial [25].

En ingeniería de procesos de software se manejan conceptos como el de proceso, tarea, actividad, agente, artefacto, recurso, rol, entre otros conceptos.

A continuación se introducirán los conceptos usando un enfoque lexicográficamente descriptivo.

Autores como Humphrey definen a un **proceso de software** (o proceso, para abreviar) como un conjunto parcialmente ordenado de *subprocesos* que tienen el fin de alcanzar alguna meta establecida. De un modo más amplio podemos definir a un proceso de software como a un conjunto parcialmente ordenado de subprocesos a los que se le asocian una colección de *recursos, agentes, condiciones, artefactos y constructores de proceso*, con el fin de producir los *distribuibles* conforme a las metas establecidas [26].

Por **distribuible** entendemos a un artefacto (producto) solicitado por algún proceso o agente interno o externo. Ejemplos de nombres de procesos a cierto nivel de granularidad son: administración de proyecto, determinación y especificación de requerimientos, análisis conceptual, diseño navegacional, diseño de interfaces abstractas, determinación y resolución de riesgos, análisis de factibilidad, prototipación, validación, etc.

Un proceso se puede descomponer en **subprocesos** (paso o elemento de proceso), por lo tanto le cabe una definición recursiva. El nodo raíz del árbol es el más general y abstracto, el nodo hoja es el más específico y lo denominamos *actividad*. Por lo que una **actividad** es un subproceso que no requiere más descomposición. Se dice que una actividad es un elemento de proceso descrito a un bajo nivel de granularidad (granularidad fina). Es oportuno destacar que en la literatura se ha establecido una distinción, a veces sutil, entre el concepto de actividad y el de **tarea**. En el área de administración de proyectos una tarea es una unidad de trabajo a realizar por un agente. Una tarea es un subproceso a la que se le asocian componentes de gestión, es decir, se le pueden asignar agentes, recursos, se la puede planificar, programar, ejecutar y controlar [25].

En la Figura 2, observamos la relación entre entes que representan a las definiciones previas de proceso, actividad y tarea.

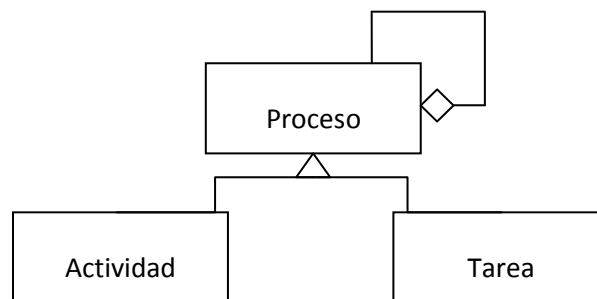


Figura 2. Diagrama que relaciona a las clases proceso, tarea y actividad.

En cuanto al concepto de **agente** lo definimos como al ente ejecutor de un proceso. El agente puede ser tanto un ente humano como una herramienta o dispositivo computarizado. Podemos realizar una taxonomía de tareas en función de los agentes teniendo en cuenta que una tarea se puede llevar a cabo por uno o más agentes.

Un **artefacto** es el producto de realizar una tarea. Un artefacto es el producto creado, evolucionado, mantenido o destruido durante el proceso de desarrollo ya como un resultado requerido por un agente o para facilitar la prosecución de otro proceso. Con lo dicho podemos razonar que un artefacto puede servir de entrada a un proceso y, mediante la transformación correspondiente, ser la salida del mismo. Además un artefacto puede ser un objeto compuesto, es decir, se da una relación de agregación entre componentes [25].

Entre los objetos considerados artefactos se encuentran los documentos, por ejemplo: documento del plan del proyecto, especificaciones de análisis y diseño, prototipos y versiones finales de productos -código fuente y/o ejecutable. Los artefactos pueden ser administrados bajo una estrategia de configuración de cambios.

En cuanto a un **recurso** es un ente del mundo real necesario para que las tareas de un *proyecto de software* se puedan efectuar. Una tarea usa recursos. Ejemplos de recursos son: recursos humanos, monetarios, materiales, tecnológicos. En la Figura 3, se muestra una jerarquía general de recursos [27].

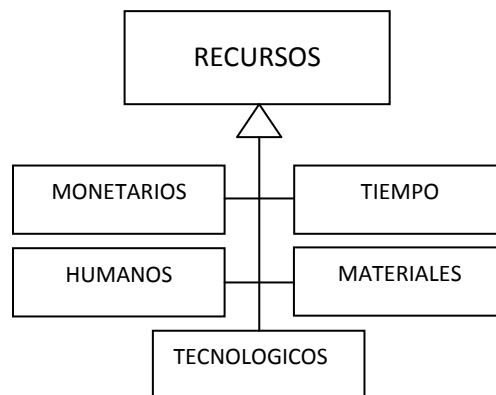


Figura 3. Diagrama General de Jerarquía de Recursos.

Un **rol** es un conjunto de permisos y obligaciones que se debe asociar a un agente durante la realización de un tipo de tarea. El agente debe tener un conjunto de permisos para realizar las actividades de la tarea conforme a la submeta establecida y obligado a satisfacer un conjunto de *condiciones* [25].

Tener en cuenta la definición de un PDS, su estructura y su funcionalidad no es suficiente para realizar una elección adecuada de un PDS, se podrían establecer los beneficios que persiguen empresas MiPyMEs Desarrolladoras de Software con la implementación de un PDS y con base en estos beneficios definir criterios que permitan realizar una adecuada selección del PDS más afín con la empresa. Como primera medida se definirán unos criterios de forma que sean acordes con las necesidades de una MiPyME Desarrolladora de Software. A continuación se realizará una encuesta dentro de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software la cual busca establecer las características más relevantes que debe cumplir un PDS con respecto a este tipo de empresas. La Figura 4 presenta una gráfica en la cual se describen los criterios.



Figura 4. Criterios y beneficios de la implementación de un PDS.

1.1.4. Proceso de Desarrollo de Software vs Producto Software

Es importante destacar las diferencias que existen entre proceso de desarrollo software y producto software, debido a que estas diferencias permitirán que las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad existentes que se encuentran orientadas a producto sean enfocadas con más claridad hacia el proceso software persiguiendo la finalidad del presente trabajo de grado. A continuación se presentan algunas diferencias de forma general entre el PDS y un producto software [22]:

- El producto es el resultado final que se obtiene de aplicar un PDS, esto no quiere decir que dicho producto cumpla con las expectativas esperadas por los usuarios.
- Los aspectos de calidad relevantes son iguales a los de un PDS (conformidad con la especificación, satisfacción con las necesidades de los usuarios, entre otros), pero realmente estos dependen directamente del proceso de desarrollo.
- La calidad de un producto software se basa en estos aspectos fundamentales: solidez, exactitud, completitud, mantenibilidad, reusabilidad, claridad en la documentación, etc.
- La evaluación de un producto se realiza necesariamente con los requisitos de los usuarios, si esto no se cumple, el producto será un fracaso, generando inconformidad por parte del usuario y desprestigio para el grupo de desarrollo.
- Algunas medidas para el producto dentro del PDS son: líneas de código, índice de modularidad, esta clase de medidas no son medidas que se tomen directamente de los requerimientos de los usuarios pero sirven para marcar y alcanzar los requisitos del usuario como lo es la funcionalidad y valor económico.

Cuando se habla de productos software y procesos software, algunas características que deberían cumplir son similares (Tabla 1):

Producto Software	Proceso Software
Fácil de usar	Fácil de aprender

Fácil de Entender	Fácil de comprender
Fácil de Recordar	Fácil de seguir
Fácil de Acceder	Fácil de recordar
Satisfacer al Usuario	Fácil de documentar
	Satisfacer al Usuario

Tabla 1. Caracterización procesos y productos software.

1.1.5. Evaluación y Análisis de los Procesos de Desarrollo del Software

Las evaluaciones de los Procesos del Software se pueden aplicar para [28]:

- Verificar en qué modo los procesos existentes son percibidos
- Identificar las fuerzas y los potenciales de mejoramiento
- Deducir y planear acciones de mejoramiento concretas a partir de las condiciones locales

Evaluadores expertos facilitan la recolección de datos, analizan los resultados y ayudan en la identificación de proposiciones de mejoramiento. Evaluadores externos garantizan objetividad y la posibilidad de comparación de las evaluaciones efectuadas [28].

1.1.6. Calidad de Software

El término calidad es ambiguamente definido y pocas veces comprendido, esto se debe porque:

- La calidad no es una sola idea, es un concepto multidimensional.
- La dimensión de calidad incluye el interés, el punto de vista y los atributos de la entidad.
- Por cada concepto existen diferentes niveles de abstracción.
- Varía para cada persona en particular.

Teniendo en cuenta esto podemos encontrar diferentes definiciones:

- Conjunto de propiedades y de características de un producto o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades explícitas e implícitas [29].
- Conformidad con los requerimientos [30].
- Concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente [31].

No sólo afecta a la calidad el incumplimiento de los requisitos del cliente y los explícitamente definidos por la ingeniería de software, sino que los requisitos implícitos también deben ser considerados. Aunque pocas veces el cliente está en condiciones reales de explicitar todo lo que se puede esperar del producto, muchas veces por desconocimiento [32].

La calidad del software es medible y varía de un sistema a otro o de un programa a otro [33]. Un software elaborado para el control de naves espaciales debe ser confiable al nivel de "cero fallas"; un software hecho para ejecutarse una sola vez no requiere el mismo nivel de calidad; mientras que un producto de software para ser explotado durante un largo período (10 años o más), necesita ser confiable, mantenible y flexible para disminuir los costos de mantenimiento y perfeccionamiento durante el tiempo de explotación.

La calidad del software puede medirse después de elaborado el producto. Pero esto puede resultar muy costoso si se detectan problemas derivados de imperfecciones en el diseño, por lo que es imprescindible tener en cuenta tanto la obtención de la calidad como su control durante todas las etapas del ciclo de vida del software.

La calidad del software es un concepto complejo, se presenta “por comparación” entre productos desarrollados y su especificación. La calidad del producto puede estar relacionada con la calidad del proceso de desarrollo. Numerosos estándares de proceso proponen ordenar en forma prescriptiva las actividades que deben realizarse a través del desarrollo. No obstante, surgen algunos aspectos conflictivos que no tienen una asimilación directa en el software: 1- *la especificación resulta, en general, incompleta y orientada solamente a las necesidades del cliente, sin tener en cuenta aspectos como requerimientos no funcionales*; 2- *puede resultar ambiguo especificar características de calidad tales como el mantenimiento del software*; 3- *la comparación entre la especificación y los productos desarrollados no es directamente aplicable* [34]. Además de que no se tienen en cuenta aspectos de Usabilidad y Accesibilidad en el PDS sino hasta el producto final.

Algunas empresas de software consideran que la calidad se logra a través de la definición de estándares y procedimientos organizacionales de calidad que comprueben el apego del grupo de trabajo a dichos estándares. Esto, si bien es importante, no resulta suficiente para asegurar el éxito en el tema de calidad; debe implementarse una buena gestión que resulte de la implantación práctica de la calidad en la realidad de cada proyecto [34].

El desarrollo de productos de software tiene tres grandes componentes:

- Personal: incluye el conocimiento y experiencia del capital humano que crea y sostiene la evolución del producto.
- Tecnología: incluye la posesión de las tecnologías que sustentan el producto y las herramientas utilizadas en su desarrollo.
- Proceso: es el saber cómo utilizar el conocimiento del personal y la tecnología en forma eficiente para lograr productos de alta calidad que satisfagan las necesidades de los clientes, producidos dentro de costos y plazos aceptables.

1.2. Diseño Centrado en el Usuario (DCU)

Se podría definir muy simplificada como la práctica de diseñar productos de forma que sus usuarios puedan servirse de ellos con un mínimo de estrés y un máximo de eficiencia [35].

El DCU es un método iterativo donde se enfatiza el involucrar de forma activa al usuario, y el entendimiento claro de los requerimientos de la tarea y el usuario. De allí que el DCU es diseñar y evaluar con usuarios para los que se está creando el producto.

La incorporación del DCU se caracteriza por [36]:

- Involucrar activamente a los usuarios y entender claramente sus requerimientos.
- Una apropiada distribución de las funciones entre los usuarios y la tecnología.
- La iteración de las soluciones de diseño.
- Diseño multidisciplinario.

Existen un conjunto de principios que se deben tener en cuenta cuando se desea aplicar un proceso de DCU [37]:

- *Balance apropiado de funciones*: Son los usuarios los que deciden si el producto es fácil de usar y si quieren utilizarlo o no.
- *Usuarios activos*: La incorporación de usuarios en el proceso productivo, aumenta el uso del producto.
- *Desarrollo iterativo*: Mejora mediante múltiples repeticiones con retroalimentación cíclica.

- *Grupos de diseño multidisciplinar:* Hay que involucrar varias partes y diferentes perspectivas.

El DCU requiere conjuntar una variedad de habilidades y conocimientos dependiendo en la naturaleza del sistema a desarrollar, por lo que el equipo multidisciplinario puede incluir usuarios finales, miembros de la gerencia, expertos en la aplicación, diseñadores del sistema, expertos en mercadotecnia, diseñadores gráficos, especialistas en factores humanos y personal de capacitación.

Los usuarios y desarrolladores deben interactuar a través del proceso de diseño; cuando se diseñan productos hechos a la medida del usuario, los usuarios reales pueden directamente involucrarse en el proceso de diseño, y para el diseño de productos de consumo se puede involucrar a representantes del grupo objetivo.

Con la aplicación del DCU se logra un software [38]:

- Más fácil de usar y entender.
- Mejora la calidad de vida de los usuarios e incrementa la satisfacción.
- Incrementa la productividad y eficacia operacional de los usuarios y por lo tanto los de la organización.
- El proceso permite identificar problemas en un estado en el cual aún es barato y posible hacer cambios.

Es posible que una misma persona represente varias de estas áreas, pero algo importante a considerar es que el diseñador nunca puede representar al usuario, a menos que el diseño sea desarrollado para su uso personal.

1.2.1. Usabilidad

Es uno de los conceptos más importantes dentro del DCU. Para muchos, hablar de Usabilidad significa facilidad de uso, pero aunque la facilidad de uso forma parte de la Usabilidad, es tan solo una pequeña parte del concepto en general. Algunas de las definiciones más conocidas son:

Usabilidad significa centrarse en los usuarios [39]. Para desarrollar un producto usable se tiene que conocer, entender y trabajar con las personas que representan a los usuarios actuales o potenciales, entender los objetivos del usuario y conocer los trabajos y tareas del usuario que el producto automatiza o modifica. Un producto se considera fácil de aprender y de usar en términos del tiempo que toma el usuario para llevar a cabo su objetivo, el número de pasos que tiene que realizar y el éxito que tiene en predecir la acción apropiada para llevar a cabo [39].

Un sistema usable debe poseer los siguientes atributos: Capacidad de aprendizaje, eficiencia en el uso, facilidad de memorizar, tolerante a errores y subjetivamente satisfactorio [40].

Desarrollo de sistemas fáciles de usar y de aprender [41].

Capacidad de un producto software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo para el usuario, cuando es usado bajo unas condiciones específicas [42].

El grado en el que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso (Figura 5) [43].

El grado en que un producto software puede ser comprendido, aprendido, usado, atractivo y conforme a las reglamentaciones y guías de la Usabilidad [42].



Figura 5. Definición de Usabilidad [43].

Se tomará para el presente trabajo la definición propuesta por el estándar ISO 9241-11.

La Usabilidad no puede definirse como un atributo simple de un sistema, pues implicará aspectos distintos dependiendo del tipo de sistema a construir [44]. Estos distintos aspectos de la Usabilidad se denominan atributos de Usabilidad.

1.2.1.1. Atributos de Usabilidad

La Usabilidad es una cualidad demasiado abstracta como para ser medida directamente. Para poder estudiarla se descompone habitualmente en los siguientes cinco atributos básicos [40]:

- **Facilidad de aprendizaje:** Que tan fácil puede llegar a ser aprender la funcionalidad básica del sistema para cumplir con una tarea correctamente.
- **Eficiencia:** Que tan rápido puede el usuario realizar una tarea. A mayor Usabilidad, mayor rapidez del usuario al utilizarlo.
- **Recuerdo en el tiempo:** Este atributo refleja la facilidad con la que un usuario puede recordar la funcionalidad del sistema aun cuando lleva un lapso de tiempo prologando sin usarlo.
- **Tasa de errores:** Cuantos errores comete un usuario mientras utiliza el sistema.
- **Satisfacción:** Éste es el atributo más subjetivo. Muestra la impresión subjetiva que el usuario obtiene del sistema.

1.2.1.2. La Usabilidad y Los Procesos de Desarrollo de Software

La Usabilidad no es un concepto que se aplica en una determinada etapa del PDS, por el contrario debe aplicarse durante toda la etapa de desarrollo del producto, incluso desde el inicio del desarrollo [44].

Cuando se va a construir un producto usable se debe tener en cuenta el uso que va a tener desde las primeras etapas del proceso de desarrollo y siempre teniendo en cuenta las evaluaciones de Usabilidad constantemente.

De lo anterior salta a la vista una característica muy importante que debe tener un PDS para ser aplicada la Usabilidad a este, el proceso debe ser iterativo e incremental para producir prototipos continuos y ser evaluados con respecto a su Usabilidad.

1.2.2. Accesibilidad

Algunas definiciones de Accesibilidad propuestas por autores reconocidos en esta área se presentan a continuación:

Accesibilidad significa proporcionar flexibilidad para acomodarse a las necesidades de cada usuario y a sus preferencias y/o limitaciones [39].

La Accesibilidad indica la facilidad con la que algo puede ser usado, visitado o accedido en general por todas las personas, especialmente por aquellas que poseen algún tipo de discapacidad. En concreto a que el diseño, como prerrequisito imprescindible para ser usable, posibilite el acceso a todos sus usuarios potenciales y sin excluir a aquellos con limitaciones individuales o discapacidades, dominio del idioma o limitaciones derivadas del contexto de acceso al software y hardware empleado para acceder, ancho de banda de la conexión empleada, etc. [45].

Todos los seres humanos son diferentes. Cada uno tiene unas características que lo diferencian de los demás y por tanto debería existir la posibilidad de que un producto software pudiese ser usado por todos y cada uno sin importar las diferencias por mas mínimas que parezcan como el idioma o diferencias de mayor importancia como discapacidades auditivas, visuales o motrices.

Existen diferencias entre discapacidades y todos en algún momento podrían ser discapacitados aunque fuese por un corto plazo de tiempo:

- El analfabetismo es una discapacidad que se puede “curar”, pero no todas las personas que tienen acceso a internet pueden aprender a leer.
- El idioma puede ser tomado como una discapacidad si se tiene en cuenta que alguna vez una persona habrá intentado acceder a páginas web de otras naciones en donde el idioma no sea conocido.
- En algún momento al usar un determinado software la iluminación del lugar en donde se encuentra el usuario puede no ser la correcta y se encontrara en una situación de discapacidad.
- Y por último, las discapacidades que realmente puede ser relevante como lo son las discapacidades auditivas, visuales y motrices.

Es importante destacar que la Accesibilidad es proporcionada mediante una combinación de hardware y software: El primero proporciona los mecanismos físicos que permiten salvar ciertas discapacidades y el segundo proporciona la manera eficaz de acceder a las funcionalidades e informaciones para estos dispositivos y a otros programas (por ejemplo, un navegador web) [39].

Una de los aspectos que debemos tener en mente es que todos en algún que otro momento somos discapacitados o podemos serlo. El estándar ISO/TS 16071 [46] destaca que tener una discapacidad debe ser visto como un elemento natural de la vida humana, pues todos podemos, en algún periodo de nuestra vida, vernos afectados por diversas circunstancias que nos dificulten usar y acceder a sistemas, productos y servicios. Incluso aquellas personas que en principio disponen de todas sus capacidades pueden, en determinadas circunstancias, considerarse de este grupo.

1.3. Proceso de Medición

La necesidad de la medición surge porque una o más propiedades son identificadas y necesitamos de alguna manera cuantificarlas para que nos aporten información. Gracias a ella, un conjunto

importante de objetos (cosas, eventos, entidades,...) pueden ser descritos, identificados, catalogados y ordenados [47] [48].

Los estándares de medición garantizan la compatibilidad, el intercambio y posibilidad de elección entre diferentes alternativas. El tipo de método de medición va a depender de la naturaleza de las operaciones utilizadas para cuantificar el atributo. Pueden distinguirse dos tipos:

- Subjetivo: Cuando la cuantificación supone un juicio realizado por un ser humano.
- Objetivo: Cuando la cuantificación está basada en métodos numéricos.

Para que una medición sea válida se debe asegurar su calidad, lo que obliga a ésta a tener una serie de características importantes [48]:

- Debe ser válida para el propósito que se pretende y debe obtener resultados significativos con respecto a ese propósito.
- No debe interferir en el proceso observado, de lo contrario los resultados obtenidos estarían falseados.
- Debe ser exacta, el error y la incertidumbre de la medición deben ser acotados.
- Debe ser reproducible, esto es, debe ser estable y objetiva, permitiendo que en las mismas condiciones, diferentes personas y en diferentes momentos obtengan el mismo resultado.
- Debe ser factible de realizar y no debe derrochar recursos ni malgastarlos en cosas irrelevantes.

Para poder entender más a fondo el proceso de medición es necesario conocer algunos conceptos que son de vital importancia para el proceso [49]:

Entidad: Objeto que va a ser caracterizado mediante una medición de sus atributos [50].

Atributo: Una propiedad medible física o abstracta de una entidad [51].

Concepto Medible: Es una relación abstracta entre atributos de una o más entidades, y una necesidad de información. Algunos ejemplos son: calidad, costo, confiabilidad [50].

Medida: Número o categoría asignada a un atributo de una entidad mediante una medición [51].

Unidad: Una cantidad particular, definida y adoptada, con la que se pueden comparar otras cantidades de la misma clase para expresar sus magnitudes [50].

1.3.1. Métricas

En la mayoría de los desafíos técnicos, las métricas ayudan a entender el proceso técnico que se utiliza y el producto desarrollado. El proceso para intentar mejorar el producto se mide para intentar aumentar su calidad.

En principio podría parecer que la necesidad de la medición es algo evidente. Pero la realidad puede ser muy diferente. Frecuentemente la medición conlleva una gran controversia y discusión.

- ¿Cuáles son las métricas apropiadas para el proceso y para el producto?
- ¿Cómo se deben utilizar los datos que se recopilan?

Estas preguntas y otras tantas docenas de ellas siempre surgen cuando se intenta medir algo que no se ha medido en el pasado. Hay varias razones para medir un producto:

- Para indicar la calidad del producto.

- Para evaluar los beneficios en términos de productividad y de calidad, derivados del uso de nuevos métodos y herramientas de la ingeniería de software, entre otras.
- Son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo software y los proyectos de mantenimiento [52].

En general, la medición persigue tres objetivos fundamentales [53]:

- Entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento
- Controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos
- Mejorar nuestros procesos y productos

Las métricas pueden ser utilizadas para que los profesionales e investigadores puedan tomar las mejores decisiones [53]. De aquí se concluye que las métricas son un medio para asegurar la calidad en los productos, procesos y proyectos software.

Una métrica se puede definir de varias formas: como un valor numérico o nominal asignado a características o atributos de un ente (objeto tangible o intangible) computado a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición o una correspondencia o mapeo de un dominio empírico (mundo real) a un mundo formal (matemático) [54].

Las mediciones del mundo físico pueden englobarse en dos categorías: medidas directas y medidas indirectas.

Medidas Directas. En el proceso de ingeniería se encuentran el costo y el esfuerzo aplicado, las líneas de código producidas, velocidad de ejecución, el tamaño de memoria y los defectos observados en un determinado periodo de tiempo.

Medidas Indirectas. Se encuentra la funcionalidad, calidad, complejidad, eficiencia, fiabilidad, facilidad de mantenimiento, etc.

1.3.1.1. Métricas del Software

Son las que están relacionadas con el desarrollo del software [55] [31].

Métricas Técnicas: Se centran en las características de software por ejemplo: la complejidad lógica, el grado de modularidad. Mide la estructura del sistema, el cómo está hecho.

Métricas de Calidad: proporcionan una indicación de cómo se ajusta el software a los requisitos implícitos y explícitos del cliente (usuarios, contratistas o participantes en general). Es decir cómo voy a medir para que mi sistema se adapte a los requisitos que me pide el cliente.

Métricas de Productividad: Se centran en el rendimiento del proceso de la ingeniería del software. Es decir qué tan productivo va a ser el software que voy a diseñar.

1.3.1.2. Métricas del Proceso

Son las que están relacionadas con el proceso de desarrollo del software [55] [31]. Las métricas del software mencionadas anteriormente también se aplican al proceso.

Métricas Orientadas a la Persona: Proporcionan medidas e información sobre la forma que la gente desarrolla el software de computadoras y sobre todo el punto de vista humano de la efectividad de las herramientas y métodos.

Métricas Orientadas al Tamaño: Es para saber en qué tiempo voy a terminar el software y cuántas personas voy a necesitar. Son medidas directas al software y el proceso por el cual se

desarrolla, si una organización de software mantiene registros sencillos, se puede crear una tabla de datos orientados al tamaño.

1.3.1.3. Métricas de Usabilidad

En la actualidad existen diferentes métodos de medición de la Usabilidad de los sistemas interactivos, se aplican mediante cuestionarios o incluso herramientas software adicionales [56].

Una de las formas de medir la Usabilidad que más éxitos ha recogido es la de realizar estas medidas utilizando cuestionarios especialmente diseñados para tal propósito. La idea es bien simple, se diseña un cuestionario "tipo test" donde es necesario contestar una colección de preguntas que deben responderse entre un rango determinado de respuestas. El principal motivo de realizar estos cuestionarios está en que se consigue recoger respuestas concretas proporcionando datos comprobables mediante, por ejemplo, estudios estadísticos. Este motivo es, a su vez, su gran ventaja práctica [39].

Los cuestionarios más relevantes en este ámbito son [39]:

- QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction)
- SUMI (Software Usability Measurement Inventory)
- WAMMI (Web Site Analysis and MeasureMent Inventory)
- MUMMS (Measuring the Usability of Multi-Media Systems)

1.3.2. Indicadores

Un indicador es la medida cuantitativa o la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron. Sirven de base para cuantificar Conceptos Medibles para una Necesidad de Información, además como base a Métodos Cuantitativos de Evaluación o Predicción y ofrecen información para la toma de decisiones, entre otras cosas [53] [49].

Los indicadores son necesarios para poder mejorar. Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar. Hay que puntualizar que debemos de saber discernir entre indicadores de cumplimiento, evaluación, eficiencia, eficacia y gestión.

- Indicadores de cumplimiento: teniendo en cuenta que cumplir tiene que ver con la conclusión de una tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con los ratios que nos indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: cumplimiento del programa de pedidos, cumplimiento del cuello de botella, etc.
- Indicadores de evaluación: Teniendo en cuenta que evaluación tiene que ver con el rendimiento que obtenemos de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con los ratios y/o los métodos que nos ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.
- Indicadores de eficiencia: teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo gasto de tiempo. Los indicadores de eficiencia están relacionados con los ratios que nos indican el tiempo invertido en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Tiempo fabricación de un producto, Periodo de maduración de un producto, ratio de piezas / hora, rotación del material, etc.

- Indicadores de eficacia: Teniendo en cuenta que eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con los ratios que nos indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: grado de satisfacción de los clientes con relación a los pedidos.
- Indicadores de gestión: teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados. Los indicadores de gestión están relacionados con los ratios que nos permiten administrar realmente un proceso. Ejemplo: administración y/o gestión de los "buffer" de fabricación y de los cuellos de botella.

1.3.3. Escalas

Una escala es un conjunto de valores con propiedades definidas [51]. Una escala puede concebirse como un continuo de valores ordenados correlativamente, que puede admitir un punto inicial y otro final. Si evaluamos el rendimiento académico de estudiantes podemos asignar el valor cero al mínimo rendimiento imaginable al respecto; al mayor rendimiento posible podemos atribuirle un valor de 100 puntos (o de 20, 10, 7, 4, según nos resulte más práctico). Con estos dos valores tendríamos ya marcados los límites de nuestra escala; para concluir de confeccionarla será necesario asignar a los posibles rendimientos intermedios puntajes también intermedios. Con ello estaremos ante una escala capaz de medir la variable rendimiento académico, a través de los indicadores concretos de los trabajos presentados por los estudiantes, de sus pruebas, exámenes y otras formas de evaluación posibles.

Para que una escala pueda considerarse como capaz de aportar información objetiva debe reunir los dos siguientes requisitos básicos:

- a. **Confiabilidad:** se refiere a la consistencia interior de la misma, a su capacidad para discriminar en forma constante entre un valor y otro. Se puede confiar en una escala Goode y Hatt [51] cuando produzca constantemente los mismos resultados al aplicarla a una misma muestra, es decir cuando siempre los mismos objetos aparezcan valorados en la misma forma.
- b. **Validez:** indica la capacidad de la escala para medir las cualidades para las cuales ha sido construida y no otras parecidas. Una escala confusa no puede tener validez, lo mismo que una escala que esté midiendo, a la vez e indiscriminadamente, distintas variables superpuestas. "Una escala tiene validez cuando verdaderamente mide lo que afirma medir" [51].

Una escala puede ser clasificada de acuerdo a lo siguientes tipos [51]:

Escala Intervalo: Toma información acerca del tamaño de los intervalos que separan las categorías. Preserva el orden de las categorías. Esta escala mide las variables de manera numérica. Los números de esta escala permiten establecer "distancia" entre dos individuos, y las operaciones de suma y resta son perfectamente realizables y significativas, no así la multiplicación y división.

Escala Nominal: El sistema relacional empírico consta sólo de categorías diferentes. Cualquier número o símbolo distinto para cada categoría es una medida aceptable, pero no existe orden o noción de magnitud asociado a cada número o símbolo. Una variable esta medida en escala nominal cuando se utilizan nombres para establecer categorías. Para distinguir los agrupamientos se emplean símbolos, letras e incluso números aunque estos últimos solo cumplen una función de carácter simbólico y no numérico.

Escala Ordinal: Le agrega orden a las categorías del tipo de escala nominal. El sistema relacional empírico está formado por categorías ordenadas con respecto a un atributo. Cualquier mapeo que preserve el orden es aceptable. No tiene sentido ninguna operación aritmética sobre las categorías. Pero además de mostrar un ordenamiento existe una relación de “mayor o menor que” entre ellas. Las etiquetas, símbolos o números asignados si indican jerarquía, aunque no es posible conocer la magnitud y la diferencia entre cada una de las categorías.

Escala Proporción: Es el tipo de escala más usado. Podemos hacer análisis con operadores de multiplicación y división, etc. Todas las operaciones aritméticas tienen sentido sobre las categorías. La diferencia entre dos valores es importante y de magnitud definida. En esta escala, el cero no es convencional sino absoluto, es decir, el cero equivale a NADA, como: cero gramos, cero pesos, etc.

1.3.4. GQM (Goal Question Metric)

El método Goals/Questions/Metrics (GQM) es un mecanismo que provee un esquema para desarrollar un plan de métricas. El método fue desarrollado en la universidad de Maryland como un mecanismo para formalizar las tareas de caracterización, planificación, construcción, análisis, aprendizaje y seguimiento [57]. El GQM no provee objetivos específicos pero sí un esquema para definir objetivos medibles y refinarlos a través de cuestiones que faciliten una especificación de los datos necesarios para ayudar a alcanzar los objetivos. El GQM usa una perspectiva descendente que ayuda los gestores y desarrolladores no solamente en el conocimiento de qué datos recoger sino también la comprensión del tipo de análisis necesario para aprovechar los datos recogidos.

GQM es un paradigma para desarrollar y mantener un significativo programa de métricas que ayudan [58]:

- Alinear las Métricas con los negocios de la organización y las metas técnicas.
- Mejorar el proceso del software
- Gerenciar el riesgo
- Mejorar la calidad del producto (QIP)

Proporciona una manera útil para definir mediciones tanto del proceso como de los resultados de un proyecto. Considera que un programa de medición puede ser más satisfactorio si es diseñado teniendo en mente las metas (objetivo perseguido).

Dado un conjunto seleccionado de metas del proyecto en el contexto de una organización, teniendo en cuenta las características y atributos deseables de los artefactos³, productos⁴ o

³ Es un producto tangible resultante del Proceso de Desarrollo de Software. Algunos artefactos como los casos de uso, diagrama de clases u otros modelos UML (Unified Modeling Language) ayudan a la descripción de la función, la arquitectura o el diseño del software. Otros se enfocan en el proceso de desarrollo en sí mismo, como planes de proyecto, casos de negocios o enfoque de riesgos.

⁴ Una colección de actividades que toman uno o más tipos de entradas y crea una salida que es de valor para el cliente. Un proceso está compuesto por tres aspectos. La definición del proceso, por lo general un documento que especifica las actividades y procedimientos para el proceso. La transferencia del conocimiento del proceso para los ejecutores. Finalmente, los resultados obtenidos del proceso después de su ejecución (Ej. Artefactos).

recursos⁵, se construye y refina un conjunto de preguntas para cada meta y en función de cada pregunta se eligen las métricas apropiadas [59].

GQM se puede aplicar a todo el ciclo de vida del producto, procesos, y recursos y se puede alinear fácilmente con el ambiente organizacional [60].

GQM se describe en términos de un proceso de seis pasos donde los tres primeros pasos se basan en usar las metas de negocio para conducir a la identificación de las verdaderas métricas y los últimos tres pasos se basan en recopilar los datos de las medidas y la fabricación del uso eficaz de las métricas para mejorar la toma de decisión. Basili describió el proceso de GQM en seis pasos como sigue [60]:

- a. Establecer las Metas: *Desarrollar un conjunto de metas corporativas*, de la división y del proyecto de negocio que estén asociados a un conjunto de medidas de productividad y calidad.
- b. Generación de Preguntas: *Generar las preguntas* (basadas en modelos) que definen objetivos de la manera más completa y cuantificable posible.
- c. Especificación de Medidas: *Especificar las medidas* necesarias a ser recolectadas para contestar las preguntas y seguir la evolución del proceso y producto con respecto a las metas.
- d. Preparar Recolección de datos: Desarrollar mecanismos para su recolección.
- e. Recolectar, Validar y Analizar los datos para la toma de decisiones: *Recoger, validar y analizar los datos* en tiempo real, para proporcionar la realimentación de proyectos en una acción correctiva.
- f. Analizar los datos para el logro de los objetivos y el aprendizaje: *Analizar los datos* una vez alcanzado una meta para determinar el grado de conformidad y hacer las recomendaciones para mejoras futuras.

Los primeros tres pasos del proceso de Basili son llamados a menudo como la fase de definición de GQM proveen la estructura de proceso para pasar al concepto de métricas significativas que, cuando se ponen en funcionamiento cuantifican los objetivos y proveen datos significativos para la toma de decisión. Las Metas identifican lo que queremos lograr; las preguntas nos dicen si estamos satisfaciendo los objetivos o nos ayudan comprender cómo interpretarlos y las métricas identifican las mediciones que son necesarias para responder a las preguntas y cuantificar el objetivo. Los restantes pasos son para recolectar y usar los resultados de las medidas para mejorar la toma de decisiones.

1.3.4.1. Goal-Question-Metric como Enfoque Orientado a Metas para Mediciones en Proyectos de Software

Los datos recolectados de las mediciones, una vez interpretados, son útiles para valorar, comprender y controlar alguna de las características de los artefactos, procesos o recursos. A partir de la interpretación y análisis de los datos, las métricas proveen de un modo sistemático, el aprendizaje de la experiencia pasada o reciente para aplicarlo a los procesos, artefactos y recursos de un proyecto actual o a situaciones futuras [59].

De acuerdo con investigaciones realizadas, las métricas para que sean efectivas deben estar focalizadas hacia metas específicas, aplicadas a todo o parte del ciclo de vida de los entes e interpretadas en función de la comprensión del contexto organizacional [57].

⁵ Es un ente requerido como entrada por un proceso para producir alguna salida especificada. Es un ente necesario para que las tareas de un proyecto de software se puedan efectuar. Recursos de un proyecto son: humanos, monetarios, materiales, tecnológicos, temporales.

El enfoque GQM responde a esa estrategia, esto es, deriva mediciones a partir de metas (goals). Dado un conjunto seleccionado de metas del proyecto en el contexto de una organización (teniendo en cuenta las características y atributos deseables de los artefactos, productos y recursos), se construye y refina un conjunto de preguntas (question) para cada meta y, en función de cada pregunta, se eligen las métricas (metric) apropiadas.

Los tres niveles del modelo GQM [57]:

- Nivel Conceptual (Meta): una meta se define para un ente u objeto (artefacto, etc.), para uno o varios propósitos u objetivos, con respecto a modelos de calidad, para algún agente humano en cumplimiento de algún rol, en algún contexto particular.
- Nivel Operativo (Pregunta): se refina un conjunto de preguntas a partir de una meta, identificando al objeto de medición con respecto a características de calidad seleccionadas para un punto de vista.
- Nivel Cuantitativo (Métrica): se refina a un conjunto de métricas para cada pregunta, de modo de responder a cada una de ellas cuantitativamente (a partir de un conjunto de datos recolectados de atributos observables, atributos internos o externos).

El método GQM propone un conjunto de objetivos de los cuales se derivan unas preguntas para cada objetivo o meta, estas preguntas a su vez se pueden ligar a múltiples objetivos y para una pregunta puede haber múltiples métricas y una métrica puede ser aplicable a múltiples preguntas.

Mediante el enfoque GQM, podemos definir y planificar situaciones deseadas, que por medio del análisis de los datos relevantes, nos permitan evaluar y mejorar procesos, artefactos y recursos.

1.4. MiPyMEs

Definición

Se entiende por pequeña y mediana empresa (Artículo 2, Ley 905 de 2004), toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios rurales o urbanos, que responda a dos de los siguientes parámetros [61]:

Mediana empresa:

- a. Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores, o
- b. Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Pequeña empresa:

- a. Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores, o
- b. Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Microempresa:

- a. Planta de personal no superior a los (10) trabajadores;
- b. Activos totales por valor inferior a quinientos uno (501) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Para la clasificación de aquellas micro, pequeñas y medianas empresas que presenten combinaciones de parámetros de planta de personal y activos totales diferentes a los indicados, el factor determinante para dicho efecto, será el de activos totales.

1.4.1. Importancia

De acuerdo con los estudios realizados por el DANE, el número de grandes empresas durante los últimos 15 años teniendo en cuenta que el estudio está realizado entre los años 1990 y 2005 no ha variado en gran medida, mientras que el número de medianas empresas se ha reducido y el número de microempresas se ha incrementado notablemente [61].

En los últimos 15 años las grandes empresas ocupan solo 40000 personas más, las medianas empresas han perdido 7000 personas, mientras que las pequeñas empresas y las microempresas han ganado 30000 y 191000 personas respectivamente (Tabla 2).

Participación por Tamaño de las Empresas

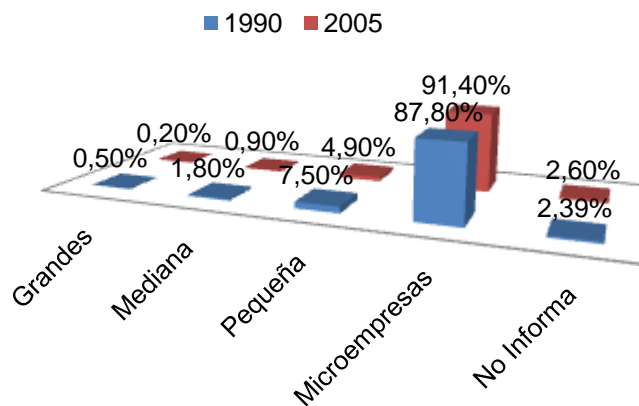


Figura 6. Participación por tamaño de las empresas

Tipo de Empresa	2005	1990
Micro	1'336.051	933.789
Pequeña	46.200	32.649
Mediana	7.447	4.855
Grande	1.844	1.108
No Informa	50.575	34.298
TOTAL	1'442.117	1'006.699

Tabla 2. Número de empresas en Colombia

El documento Conpes 3484⁶, estableció que: las MiPyMEs son actores estratégicos en el crecimiento de la economía, la transformación del aparato productivo nacional, y el mejoramiento de la posición competitiva del país. Además, estos segmentos empresariales contribuyen a reducir la pobreza y la inequidad, al ser alternativas de generación de empleo, ingresos y activos para un gran número de personas.

⁶ Documento Conpes 3484 de 2007 (Política Nacional para la Transformación Productiva y la Promoción de las Micro, Pequeñas y Medianas empresas: un esfuerzo público-privado).

1.5. Propuestas de Investigación y Trabajos relacionados

En la generación de métricas para la evaluación de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad en el PDS hemos encontrado estudios relacionados, realizados por diferentes autores que nos permiten conocer lo investigado hasta el momento y de esta manera identificar aspectos que apoyen el presente trabajo. Teniendo en cuenta que investigaciones como la que estamos proponiendo no han sido identificadas de una manera directa hasta el momento, es necesario referirnos a los estudios más cercanos a nuestro proyecto.

1.5.1. Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software

La propuesta “Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software” [62] aborda el problema de la integración de las técnicas y actividades de Usabilidad en el proceso de desarrollo software, en una organización de desarrollo que tiene un proceso definido y que sigue mayoritariamente el enfoque de la Ingeniería del Software (IS). La integración de las técnicas y actividades de Usabilidad en el proceso de desarrollo general es un objetivo perseguido desde ambos campos (IPO e IS). Desde la IS debido a la importancia que se le reconoce a la Usabilidad como atributo de calidad y desde la IPO por el impulso que supone a los temas clave de la disciplina la inclusión de sus prácticas en los procesos de desarrollo generales.

Enmarcado en la propuesta se encuentra el proyecto del sitio Web “Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software” [63] tiene como objetivo servir a la organización de desarrollo de software que quiere integrar la Usabilidad en su proceso de desarrollo con el objetivo de construir productos software usables. El único requisito que debe cumplir el proceso para poder integrar técnicas de Usabilidad con dicho objetivo es estar basado en un enfoque iterativo, pues tal característica es clave para desarrollar productos con un buen nivel de Usabilidad.

1.5.2. Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad MPlu+a

“El Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad MPlu+a” presenta [39]: un marco de desarrollo de sistemas interactivos que integra los procesos y métodos de la Ingeniería del Software con las bases de la Ingeniería de la Usabilidad, el conocimiento de la Interacción Persona-Ordenador y las bases actuales del desarrollo de aplicaciones Accesibles. Marco que ha sido validado mediante un extenso trabajo experimental basado en casos reales con el objetivo de ofrecer una metodología concisa para que los equipos de desarrollo multidisciplinares sean capaces de implementar sistemas usables y accesibles para todas las personas.

Una de las premisas básicas de este trabajo es que los equipos de desarrollo de los sistemas interactivos ya no están solamente compuestos por ingenieros software y programadores. Ahora los equipos son, o necesitan ser, interdisciplinarios y, por tanto, el problema debe ser comprensible por un conjunto mucho más amplio de investigadores de ámbitos tan diversos como la sociología, la psicología, etc. Así pues, en la tesis se exploran los pormenores de las relaciones que se establecen entre tal diversidad de personas y la diferente implicación de cada una de ellas cuando están inmersas en un proceso de producción de sistemas interactivos. La metodología resultante ofrece el marco de desarrollo formalizado que los equipos multidisciplinares necesitan para poder desarrollar verdaderos sistemas interactivos centrados en los usuarios. La investigación, realizada en el entorno de un grupo de investigación universitario, no se ha limitado solamente a explorar dicho conocimiento, sino que durante la misma se ha realizado un extenso estudio de campo aplicado a más de veinticinco casos reales de índole muy diversa y variada que establecen la base experimental del trabajo aquí presentado. El estudio, además del propio desarrollo de la metodología, se complementa con una aportación novedosa en el terreno de las métricas de la

Usabilidad de los sistemas interactivos que trata de ponderar los resultados a partir del procedimiento utilizado para su desarrollo. Este enfoque, descrito en la parte final del documento, abre una nueva vía de investigación con nuevas posibilidades en un ámbito que no por falta de interés ni de necesidad parecía estar un poco desatendido debido a una escasez de nuevas ideas.

El Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad MPLu+a en su etapa de evaluación constituye un punto clave para la obtención de sistemas interactivos usables y accesibles. La evaluación para el modelo MPLu+a es la actividad que comprende un conjunto de metodologías y técnicas que analizan la Usabilidad y/o la Accesibilidad de un sistema interactivo en todas las diferentes etapas del ciclo de vida del software.

1.5.3. Integración de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad en el Proceso de Desarrollo de Software de las MiPyMEs ITUA+PDS

La propuesta “Integración de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad en el PDS de las MiPyMEs ITUA+PDS” presenta un conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que son fáciles de utilizar y una guía de su aplicación, para lograr una incorporación sencilla y adecuada a los grupos de desarrollo con poca o nula experiencia en el tema; de bajo costo, para no impactar negativamente en el presupuesto establecido en el proyecto de desarrollo; y lograr la capacidad de: **evitar** el sobre-diseño y **disminuir** el número de cambios posteriores para reducir costos de producción, realizar productos fáciles de utilizar y de aprender, reducir costos de mantenimiento, de apoyo e incrementar las ventas y la calidad del producto mejorando la competitividad en el mercado [64].

Un aspecto importante a tener en cuenta es la estructuración del proceso de desarrollo en las MiPyMEs Desarrolladoras de Software, si bien, su proceso tiende a ser caótico e informal, existen algunas actividades centrales o pilares en cualquier proceso, como análisis de requisitos, diseño y construcción del software, pruebas y mantenimiento. Partiendo de este planteamiento, es evidente la necesidad de unos procesos mínimos que garanticen la parcial o total aplicación de las técnicas para brindar una solución económica, efectiva y ágil que se adecue a las características de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software para que mejoren su proceso de desarrollo y alcancen mejores niveles de productividad.

1.5.4. Métricas Predictivas de la Usabilidad: Un Nuevo Enfoque para su Ponderación Cualitativa

La propuesta “Métricas predictivas de la Usabilidad: un nuevo enfoque para su ponderación cualitativa” [65] propone incluir nuevas líneas conceptuales dentro del modelo MPLu+a orientadas a lograr altos índices de objetividad en la ponderación cualitativa del grado de Usabilidad alcanzado en etapas tempranas del desarrollo de un sistema informático. El objetivo es extraer de manera automática y no trivial información implícita, desconocida y potencialmente útil presente en los datos proporcionados por los usuarios y expertos en distintas etapas de cada ciclo de vida de un desarrollo de software.

CAPITULO II. OBJETIVOS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD

Este capítulo describe el proceso realizado para definir los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad que persiguen las MiPyMEs Desarrolladoras de Software y que deberían ser cumplidos por el PDS elegido por cada una de ellas. Primero, con base en la caracterización de los procesos de desarrollo presentada en el Capítulo 1, Sección 1.1.3. “Caracterización de Los Procesos de Desarrollo de Software” se establece un conjunto preliminar de Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad para el PDS. Segundo mediante una encuesta realizada en las MiPyMEs Desarrolladoras de Software se definieron claramente los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad perseguidos por las empresas para su PDS.

2.1. Definición de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad

La gran mayoría de características que debe cumplir un PDS son similares a los atributos que tiene un producto usable sin olvidar que el presente trabajo está orientado a la Usabilidad de los PDS y no a la de los productos obtenidos, es por esto que es necesario realizar un paralelo para definir mediante estas características y atributos los objetivos preliminares que podrían perseguirse con la adaptación de un PDS a un PDS Usable y Accesible (Figura 7).

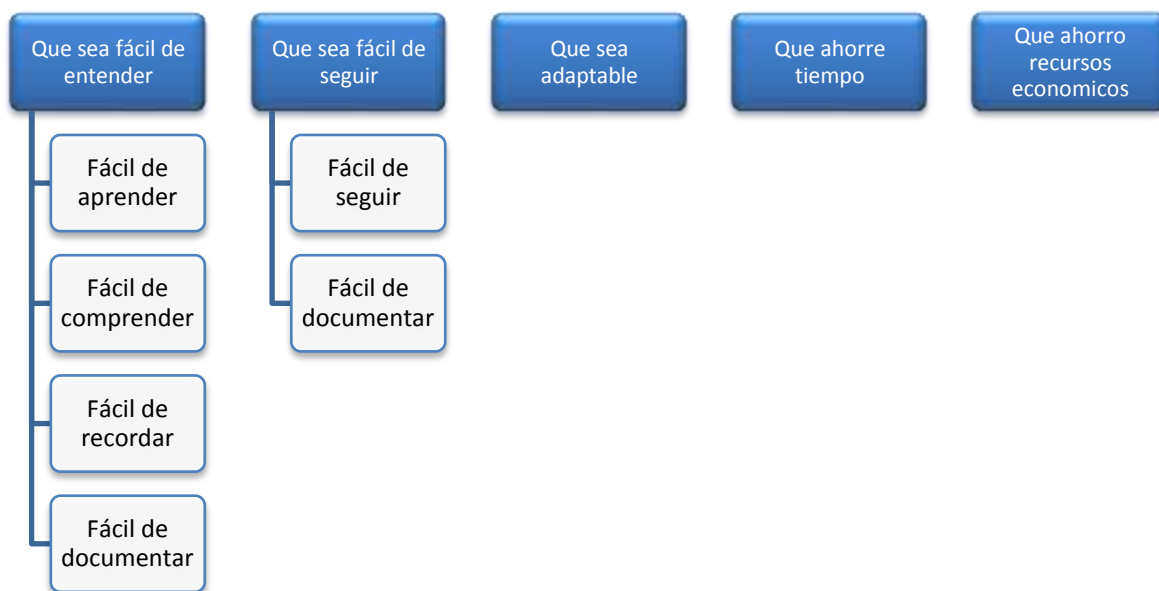


Figura 7. Paralelo definición Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad

Una vez realizado este paralelo, se pueden definir claramente cada uno de los objetivos de Usabilidad y Accesibilidad que podrían ser evaluados para establecer si el PDS es Usable y Accesible, siempre y cuando en primer lugar hayan sido puestos a discusión por cada una de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software encuestadas para establecer claramente cada uno de ellos.

Los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad obtenidos del paralelo realizado son los siguientes:

- **Que sea fácil de seguir:** Un PDS que sea fácil de seguir es aquel que permite conocer su estado en determinado momento y establecer si está fluyendo de manera correcta.

- **Que sea adaptable:** Un proceso de desarrollo adaptable es aquel que puede ser aplicado para diferentes proyectos de desarrollo sin implicar cambios monumentales en el proceso y costos elevados para la empresa.
- **Que ahorre tiempo:** Un proceso de desarrollo claro y bien definido puede ahorrar tiempo en el desarrollo de un producto o puede cumplir con los tiempos establecidos.
- **Que ahorre recursos:** Un proceso de desarrollo definido con las etapas, actividades y tareas completamente necesarias puede generar un ahorro de recursos al impedir gastos en etapas, actividades o tareas innecesarias. Además, un proceso de desarrollo bien detallado puede disminuir los costos en la asignación de recursos para cada etapa, actividad o tarea.
- **Que sea fácil de entender:** Un proceso de desarrollo fácil de entender es aquel que puede ser aprendido, comprendido y recordado fácilmente. Y para esta labor es claramente necesario una documentación adecuada del proceso.

2.2. Definición de la Encuesta

Una vez establecidos los objetivos preliminares de Usabilidad para el PDS, se hace pertinente conocer las opiniones de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software para definir claramente los objetivos finales de Usabilidad, conocer el proceso que implementan y su opinión acerca de este. De igual forma conocer si para ellos existe algún objetivo diferente a los establecidos previamente. Para lograr tal finalidad, se ha creado una encuesta que permitirá conocer las opiniones de cada una de las empresas acerca del proceso de desarrollo que implementan y los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad planteados. La encuesta se encuentra en el Anexo A.

2.2.1. Realización de la Encuesta

La población objetivo de la encuesta está distribuida de esta manera: seis (6) empresas adscritas a Parquesoft Popayán, Colombia y dos (2) empresas externas (Tabla 3).

Nombre de la Empresa	Descripción	Ubicación
Sadmin	Software administrativo y financiero	Parquesoft Popayán
.Net y Algo Más		Parquesoft Popayán
TOTEMS Software	Gestión de conocimiento en organizaciones	Parquesoft Popayán
Seratic Ltda.	Soluciones móviles en el ámbito empresarial y del entretenimiento	Parquesoft Popayán
RaCore		Parquesoft Popayán
Inet		Parquesoft Popayán
Unisoft Colombia Ltda.	Software a la medida	CI 4 7-32 Of 501
		Edificio de Los Ingenieros
S&P Solutions	Soluciones Profesionales Inteligentes	Edificio de Los Ingenieros

Tabla 3. Empresas participantes en la realización de la encuesta.

Para obtener la información requerida se creó una encuesta que consta de seis (6) preguntas que permiten establecer el grado de compromiso con la implementación del PDS, la importancia que tiene su implementación y las características que hicieron de cada uno de los procesos elegidos, el proceso correcto para cada una de las empresas.

Adicionalmente, se verificó si cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad previamente definidos se encuentran dentro de lo que esperan las empresas que el proceso de desarrollo les provea o si existen objetivos que no fueron tomados en cuenta.

2.2.1.1. Análisis de Los Resultados

En primer lugar se buscó establecer el grado de importancia que tiene el proceso de desarrollo para cada una de las empresas que se encuentran dentro de la población objetivo de la encuesta. La opinión generalizada fue que el PDS es muy importante para cada una de las empresas.

Con la segunda pregunta se pretendía establecer qué modelo de PDS implementa la empresa. Aunque la gran mayoría de las empresas implementan RUP, XP o alguna variante de UP, dos de las empresas implementan modelos como espiral y métodos ágiles.

La tercera pregunta pretendía establecer los beneficios que implicaba el implementar el proceso de desarrollo que tiene cada una de las empresas con lo cual el conjunto de respuestas fue amplio pero existió un consenso casi total al establecer que el mayor beneficio era el orden. Las respuestas formuladas se enunciaran bajo el criterio de mayor cantidad de veces nombrada por cada una de las empresas: orden, calidad, actividades claramente identificadas, gestión, Interacción con los usuarios / requerimientos o necesidades del cliente, satisfacción de requerimientos, seguimiento, eficacia, evaluación, mejora, parametrización, optimización de tiempos y rapidez.

La cuarta pregunta buscaba definir el orden de importancia de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad establecidos previamente y definir objetivos adicionales de acuerdo a la experiencia de las empresas. De acuerdo con los resultados en un orden de mayor a menor importancia los criterios son los siguientes:

- Que sea fácil de seguir
- Que sea adaptable
- Ahorro de tiempo
- Ahorro de recursos
- Que sea fácil de entender

Para una de las empresas existieron dos objetivos adicionales que posteriormente fueron discutidos para su entendimiento: que sea constante y acorde al tamaño de la empresa y que permita obtener productos de calidad.

De la discusión se tomó la decisión de elegir solo los objetivos enunciados anteriormente por cuanto la constancia y el tamaño acorde a la empresa estaban delimitados dentro del objetivo “Que sea adaptable” y la calidad es inherente al proceso y la Usabilidad es una de sus características.

El objetivo de la quinta pregunta fue establecer que objetivos de los mencionados en la pregunta cuatro (4) se habían alcanzado con el PDS implementado por la empresa de acuerdo con su opinión. Los resultados obtenidos indican que los objetivos que en la opinión de las personas encuestadas se han alcanzado con la implementación del proceso de desarrollo elegido son: que sea adaptable, que sea fácil de seguir y el ahorro de tiempo para la gran mayoría de las empresas.

La última pregunta pretendía establecer la opinión de las personas encuestadas acerca del momento en que eran alcanzados los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad durante la implementación del proceso de desarrollo elegido. La respuesta de la gran mayoría de las empresas encuestadas fue en todas las etapas del proceso. Cada una de las preguntas que se han mencionado se encuentran en el Anexo A.

CAPITULO III. ADAPTACION Y SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD

Este capítulo describe el proceso que se realizó para seleccionar las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad y su posterior adaptación hacia el PDS y a las empresas MiPyMEs Desarrolladoras de Software. Primero se realiza una breve comparación de las dos fuentes que se seleccionaron para servir como punto de partida para la presente investigación, estas dos fuentes son el Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad. MPLu+a y el Marco de Integración de la Usabilidad en el PDS. Segundo se presenta la definición y descripción de los criterios de selección por medio de los cuales se evaluaron inicialmente las técnicas analizadas siempre teniendo en cuenta los limitantes que implican ser adaptadas a procesos de desarrollo y el tipo de empresas hacia el cual está enfocado el presente trabajo. Finalmente, se presenta el conjunto preliminar de las técnicas más adecuadas para el presente trabajo aplicando los criterios de selección.

3.1. Fuentes de Información

El marco de integración de la Usabilidad en el PDS presenta un conjunto de técnicas que podrían ser integradas al proceso de desarrollo a lo largo de las tres etapas genéricas del proceso: análisis, diseño y evaluación. Para cada etapa establece un conjunto de técnicas las cuales son las fuentes principales de información para el presente trabajo, pero al igual que el marco, el modelo de procesos de la ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad presenta un proceso de desarrollo que integra un conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que de acuerdo a los estudios realizados en su investigación, son las técnicas más apropiadas. A continuación se presenta cada una de las etapas genéricas y el conjunto de técnicas asociado a cada una según las fuentes de información.

3.1.1. Etapa: Análisis

En esta etapa se clasifican las técnicas de forma general, tanto para el Marco de Integración de la Usabilidad en el PDS como para el Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad de tal forma que se conozcan las técnicas integradas en toda la etapa (Tabla 4).

Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad. MPLu+a Toni Granolles	Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré
Etapa: Análisis	
Análisis de Implicados (Stakeholders) Observación Contextual	Análisis Competitivo Análisis de Impacto Financiero Investigación Contextual Diagrama de Afinidad
Análisis Etnográfico	Observación Etnográfica JEM
Perfiles de Usuario	Perfiles de Usuario
Roles de los Usuario	Mapa de Roles de Usuario
Análisis Contextual de Tareas	Personas
Objetos	Casos de Uso Esenciales
Definición de Objetivos	HTA
	Familia de Modelos GOMS
	NGOMSL
	Escenarios de Tareas
	Especificaciones de Usabilidad
	Objetivos de Rendimiento
	Objetivos de Satisfacción

	Línea de Objetivos de Usabilidad Objetivos de Preferencia Objetivos Cualitativos Card Sorting Agrupación por Afinidad Ordenación por Criterio Voto por Umbral Task Sorting
--	---

Tabla 4. Comparación entre los modelos. Análisis

3.1.2. Etapa: Diseño

En esta etapa no solo se toman las técnicas nombradas en cada una de las fuentes para la etapa, sino que adicionalmente se toman las técnicas de la etapa prototipado según el modelo de procesos, debido a que en el marco de integración el prototipado simplemente se toma como una técnica más de la etapa de diseño (Tabla 5).

Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad. MPLu+a Toni Granolles	Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré
Etapa: Diseño	
Análisis de Tareas Escenarios de Tareas Modelos Cognitivos HTA GOMS CTT (Concur Task Trees)	Escenarios y Storyboards Tormenta de Ideas Visual Prototipado Prototipos Escenarios Prototipos Activos Prototipos de Papel Prototipos Guiados Prototipos Mago de Oz
Prototipos Bocetos (Esbozos) Storyboards Prototipos de Papel Maquetas Maquetas Digitales Storyboard Navegacional Videos Escenarios Prototipos Software	Guía de Estilo del Producto Arboles de Menús Diagrama de Transición de Estados de la Interfaz Modelo del Contenido de la Interfaz Mapa de Navegación Análisis de Impacto Organización de la Ayuda Según Casos de Uso Análisis de Espacios de Diseño Análisis de Afirmaciones

Tabla 5. Comparación entre los modelos. Diseño

3.1.3. Etapa: Evaluación

Finalmente, en esta etapa se presentan las técnicas integradas a los PDS desde el punto de vista del marco de integración y del modelo de procesos junto con cada una de sus variantes, al igual que en las etapas anteriormente mencionadas (Tabla 6).

Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad. MPLu+a Toni Granolles	Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré
Etapa: Evaluación	
Inspección Evaluación Heurística Recorridos	Evaluación Heurística Inspecciones De Conformidad con Estándares

	Recorrido Cognitivo	Revisión de Guías
	Recorrido de Usabilidad Plural	De Consistencia
	Recorrido Cognitivo con Usuarios	Colaborativas
Indagación	Inspección de estándares	Recorrido
	Observación de Campo	Cognitivo
	Grupo de Discusión Dirigido (Focus Group)	Pluralístico
	Entrevistas	Pensar en Voz Alta
	Cuestionarios	Interacción Constructiva
Test	Grabación del uso	Test Retrospectivo
	Medida de las prestaciones	Toma de Incidentes Críticos
	Pensando en voz alta (thinking aloud)	Método de Entrenamiento
	Interacción constructiva	Medición del Rendimiento
	Test Retrospectivo	Información Post-Test
	Método del Conductor	Test de Usabilidad en Laboratorio
	Ordenación de Tarjetas (Card Sorting)	Test de campo
		Grabación Video
		Grabación Audio
		Registro de Uso
		Registro de Pulsaciones en el Tiempo
		Registro de la Interacción
		Monitores Software de Activación Aleatoria
		Evaluación por Control Remoto
		Test Remoto por Videoconferencia
	Observación Directa	
	Observación Aleatoria	
	Cuestionario y Encuestas	
	Entrevistas	
	Entrevistas Estructuradas	
	Entrevistas Flexibles	
	Focus Group	
	Retroalimentación de Usuario	
	Servicios de Atención al Usuario en Línea	
	Foros	
	Revistas y Conferencias para Usuarios	
	Evaluación Remota Semi-Instrumentada	
	Test Experimentales	
	Métricas Predictivas	
	Procedurales	
	Modelo de Nivel de Pulsaciones	
	Estructurales	
	Semánticas	
	Evaluación Cooperativa	

Tabla 6. Comparación entre los modelos. Evaluación

De acuerdo con las tablas 4, 5 y 6, se puede concluir que el Marco de Integración de la Usabilidad en el PDS será la fuente de mayores aportes para el presente trabajo debido a la exhaustiva investigación realizada para generar un compendio más amplio que el presentado en el Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad MPU+a de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que podrían ser adaptadas al PDS.

No obstante, el desarrollo del presente trabajo involucrará una combinación del modelo MPIu+a y el Marco de Integración de la Usabilidad en el PDS para la preselección de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que serán adaptadas y posteriormente evaluadas con respecto al PDS.

Algunas de las técnicas presentadas por cada una de las fuentes de información no podrían ser tomadas en cuenta de acuerdo a las limitantes establecidas para el tipo de empresa al que está enfocado el presente trabajo. Existen técnicas que no pueden ser tenidas en cuenta debido a los gastos elevados en que podrían incurrir para una MiPyME ya sea por necesidad de recursos adicionales o por requerimientos de tiempo elevados, especialmente las técnicas que son aplicadas en la etapa de evaluación (Tabla 7).

Técnica
Inspecciones de Revisión de guías
Información Post-Test (Test de Usabilidad)
Test de Usabilidad en Laboratorio
Grabación Video y Audio
Registro de Uso
Evaluación por Control Remoto
Test Remoto por Videoconferencia
Método del Conductor
Test de Campo
Evaluación Cooperativa

Tabla 7. Técnicas de evaluación no evaluadas para MiPyMEs

Una vez establecido el conjunto de técnicas que son integradas para cada etapa genérica del proceso de desarrollo según las fuentes de información y teniendo en cuenta las limitantes establecidas para las MiPyMEs, se ha creado el conjunto de técnicas a partir de la unificación de las fuentes que podrán ser adaptadas y orientadas a PDS y posteriormente ser evaluadas (Tabla 8 - Tabla10).

Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré Etapa: Análisis
Análisis Competitivo
Análisis de Impacto Financiero
Investigación Contextual
Diagrama de Afinidad
Observación Etnográfica
JEM
Perfiles de Usuario
Mapa de Roles de Usuario
Personas
Casos de Uso Esenciales
HTA
Familia de Modelos GOMS
Escenarios de Tareas
Especificaciones de Usabilidad
Card Sorting
Task Sorting

Tabla 8. Unificación de técnicas. Análisis

Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré Etapa: Diseño
Escenarios y Storyboards Tormenta de Ideas Visual Prototipado Guía de Estilo del Producto Arboles de Menús Diagrama de Transición de Estados de la Interfaz Modelo del Contenido de la Interfaz Mapa de Navegación Análisis de Impacto Organización de la Ayuda Según Casos de Uso Escenarios de Tareas HTA GOMS

Tabla 9. Unificación de técnicas. Diseño

Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo de Software Xavier Ferré Etapa: Evaluación
Evaluación Heurística Inspecciones de Conformidad con Estándares Inspecciones de Consistencia Inspecciones de Colaborativas Recorrido Cognitivo Recorrido Pluralístico Pensar en Voz Alta Medición del Rendimiento Observación Directa Cuestionario y Encuestas Entrevistas Focus Group Retroalimentación de Usuario Test Experimentales Métricas Predictivas Ordenación de Tarjetas (Card Sorting) Medida de las prestaciones

Tabla 10. Unificación de técnicas. Evaluación

3.2. Criterios de Selección

A partir de la encuesta realizada entre las MiPyMEs que formaron parte de la población objetivo, se establecieron los siguientes criterios que permitirán realizar una selección preliminar de las técnicas que podrían ser tenidas en cuenta para evaluar la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS: *Simplicidad, Cercanía a la Ingeniería del Software, Aporte vs Esfuerzo, Aplicabilidad, Entendimiento, Agilidad y Seguimiento*. Cada uno de estos criterios puede tomar entre dos y tres valores diferentes.

Simplicidad (SM)

Este criterio describe el nivel de formación necesaria para que un ingeniero software o personas de un grupo de desarrollo encargados del PDS, sean capaces de aplicar de forma eficiente la técnica para alcanzar los objetivos primordiales que persigue la misma.

Un nivel alto indica que se requiere una formación básica para ser comprendida y aplicada por ingenieros de software. Un nivel medio indica que se requiere una formación intermedia para ser comprendida y aplicada; pero ingenieros con conocimientos básicos en el campo de la HCI pueden aplicarla. Un nivel bajo indica que se requiere un nivel de formación amplio o perfil combinado en ingeniería de software y en el campo de la HCI por parte del ingeniero o grupo de personas encargadas del PDS.

Cercanía a la Ingeniería del Software (IS)

Este criterio indica si los principios base de la técnica son acordes a los principios por los que se rige la ingeniería del software.

Un nivel alto refleja que la técnica coincide con principios y enfoques habituales de la ingeniería del software. Un nivel medio indica que si bien la técnica posee principios y conceptos que directamente no pertenecen a la ingeniería del software, estos conceptos y principios no se alejan de este campo. Un nivel bajo indica que la técnica requiere un enfoque de desarrollo y habilidades ajenos a los que tiene una persona formada en el medio de la ingeniería del software.

Aporte vs Esfuerzo (A/E)

Este criterio refleja cuanta mejora en la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS puede aportar la técnica. Este criterio debe ser comparado con el nivel de esfuerzo que supone su aplicación. Una técnica puede realizar grandes aportes a la Usabilidad del PDS pero de igual forma puede requerir un gran esfuerzo para su aplicación, lo cual no sería desde ningún punto de vista óptimo para empresas con recursos mínimos como lo son las MiPyMEs. Puesto que los recursos para Usabilidad pueden ser escasos en muchas de las MiPyMEs, consideramos que la información de tipo coste-beneficio puede resultar de gran utilidad para la selección de las técnicas a aplicar.

Un nivel alto refleja que la técnica aporta un grado de Usabilidad elevado al PDS con relación al esfuerzo que implica su integración. Un nivel medio indica que si bien la técnica realiza un gran aporte de Usabilidad al PDS, el esfuerzo que implica su implementación es importante. Un nivel bajo indica que la técnica no realiza grandes aportes de Usabilidad y Accesibilidad al PDS y su implementación requiere un gran esfuerzo.

Aplicabilidad (AP)

Este criterio refleja la aplicabilidad general de una técnica, esto quiere decir, cuanto de aplicable es la técnica en un conjunto amplio de proyectos de desarrollo de software.

Un nivel alto indica que su uso puede ser de utilidad en todo tipo de proyecto. Un nivel medio quiere decir que la técnica es aplicable a cierto tipo de proyectos. Un nivel bajo quiere decir que solo es útil en proyectos específicos.

Entendimiento (EN)

Este criterio refleja el aporte que puede generar una técnica a las etapas para lograr su mayor entendimiento a lo largo de todo el PDS.

Un nivel alto indica que la aplicación de la técnica generará fuentes sólidas de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad. Un nivel bajo indica que la aplicación de la técnica no consolida fuentes de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad.

Agilidad (AG)

Este criterio refleja el nivel de impacto de utilizar una técnica en la agilidad del proceso de desarrollo, debido a la importancia que tiene este aspecto para las MiPyMEs que son foco del presente trabajo.

Un nivel alto indica que la técnica no causará ningún impacto en la agilidad del proceso y por el contrario podría aportar en este aspecto. Un nivel medio indica que existe un impacto en la aplicación de la técnica con respecto a la agilidad del proceso pero su aplicación no generaría grandes modificaciones al proceso. Un nivel bajo indica que realmente la técnica disminuirá significativamente la agilidad del PDS.

Seguimiento (SG)

Este criterio refleja el aporte que puede realizar la técnica al PDS al proporcionar una fuente de control de las etapas del proceso para verificar el estado en que se encuentra el desarrollo del proyecto y los requisitos o requerimientos faltantes para la etapa específica.

Un nivel alto indica que por medio de la técnica se puede verificar el estado de la etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes de forma parcial o total para continuar con la etapa posterior. Un nivel bajo indica que la técnica no permite verificar el estado de la etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes de forma parcial o total.

Para realizar una mejor selección de las técnicas se han definido tres valores que permitirán establecer la utilidad de la técnica para el presente trabajo. A continuación se presenta la descripción de cada uno de estos valores:

Muy Útil

- La técnica puede ser aplicada por un ingeniero de software promedio (valor alto).
- La técnica coincide con principios y enfoques de la ingeniería del software (valor alto).
- El aporte que genera la técnica es mucho mayor que el esfuerzo que requiere su aplicación (valor alto).
- La técnica puede ser aplicada a todo tipo de proyectos de desarrollo de software (valor alto).
- La técnica permite entender y comprender el PDS con mayor facilidad (valor alto).
- La técnica no impacta de forma negativa la agilidad del PDS (valor alto).
- La técnica permite establecer puntos de verificación del estado del PDS para un proyecto en particular (valor alto).

Útil

- La técnica aplicada por un ingeniero de software promedio o con conocimientos básicos en áreas ajenas a la ingeniería del software (valor alto o medio).
- La técnica coincide con principios y enfoques de la ingeniería del software (valor alto o medio).
- El aporte que genera la técnica es mucho mayor que el esfuerzo que requiere su aplicación (valor alto o medio).
- La técnica puede ser aplicada a todo tipo de proyectos de desarrollo de software (valor alto o medio).
- La técnica permite entender y comprender el PDS con mayor facilidad (valor alto o bajo).
- La técnica no impacta de forma negativa la agilidad del PDS (valor alto o medio).
- La técnica permite establecer puntos de verificación del estado del PDS para un proyecto en particular (valor alto o bajo).

- Otras técnicas que podrían ser útiles para su aplicación y evaluación son:
 - El aporte que genera la técnica es mucho mayor que el esfuerzo que requiere su aplicación (valor alto).
 - La técnica permite entender y comprender el PDS con mayor facilidad (valor alto).
 - La técnica no impacta de forma negativa la agilidad del PDS. Este tipo de técnicas son útiles debido a la importancia que tiene la agilidad de un proceso desarrollo de software en las MiPyMEs (valor alto).
 - La técnica permite establecer puntos de verificación del estado del PDS para un proyecto en particular (valor alto).

Poco Útil

Las técnicas que no cumplan con las reglas establecidas anteriormente para su selección debido a que pueden acarrear costos significativos que están por fuera de la capacidad económica de las MiPyMEs. Por otra parte, estas técnicas no realizan un aporte considerable de Usabilidad al PDS.

3.3. Conjunto Preliminar de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software

Inicialmente para poder establecer el conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que podrían ser tenidas en cuenta para evaluar la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS, es necesario realizar una debida adaptación y orientación de las técnicas a PDS y no a productos software como se encuentran actualmente orientadas. En el Anexo B se encuentra cada una de las técnicas que forman parte de la unificación de las fuentes de información adaptadas y orientadas a PDS junto con una breve explicación.

El conjunto de técnicas será puesto a evaluación de expertos en el campo de la Usabilidad y Accesibilidad y en el campo de la ingeniería de software, al igual que será evaluado por los integrantes del presente trabajo y de esta forma realizar una selección más certera del conjunto de técnicas que podrían ser evaluadas. Esta evaluación dará como resultado un conjunto de técnicas que reflejan sus opiniones y sugerencias. Si bien este conjunto de técnicas han sido adaptadas y posteriormente seleccionadas desde un conjunto base organizado de acuerdo a las etapas del PDS según el Marco de integración de la Usabilidad y la Accesibilidad y el MPLu+a, esto no implica que la evaluación de las técnicas seleccionadas sea realizada en cada una de las etapas del PDS, sino que sea realizada en forma general.

3.3.1. Análisis

El conjunto de técnicas para la etapa de análisis y su ponderación de acuerdo con la evaluación de los integrantes del presente trabajo está organizado de la siguiente forma: Primero se presenta cada una de las técnicas con la ponderación para cada uno de los criterios (Tabla 11) y a continuación el conjunto de técnicas organizado de acuerdo a su utilidad (Tabla 12).

Técnica	SM	IS	A/E	AP	EN	AG	SG
Análisis Competitivo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Análisis de Impacto	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Investigación Contextual	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo
Diagrama de Afinidad	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Observación Etnográfica	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Perfiles de Usuario	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Mapa de Roles de Usuario	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo
Modelo Operacional	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Personas	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo

Casos de Uso Esenciales	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
HTA	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto
GOMS	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Escenarios de Tareas	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto
Especificaciones de Usabilidad	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Card Sorting	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo

Tabla 11. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Análisis.

Técnica	Valor Total
Análisis Competitivo	Útil
Análisis de Impacto Financiero	Útil
Investigación Contextual	Útil
Diagrama de Afinidad	Útil
Perfiles de Usuario	Útil
Mapa de Roles de Usuario	Útil
Personas	Útil
Casos de Uso Esenciales	Útil
Escenarios de Tareas	Útil
Especificaciones de Usabilidad	Útil
Card Sorting	Útil
Observación Etnográfica	Poco Útil
Modelo Operacional	Poco Útil
HTA	Poco Útil
GOMS	Poco Útil

Tabla 12. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Análisis.

3.3.2. Diseño

El conjunto de técnicas para la etapa de diseño y su ponderación de acuerdo con la evaluación de los integrantes del presente trabajo está organizado de la siguiente forma: Primero se presenta cada una de las técnicas con la ponderación para cada uno de los criterios (Tabla 13) y a continuación el conjunto de técnicas organizado de acuerdo a su utilidad (Tabla 14).

Técnica	SM	IS	A/E	AP	EN	AG	SG
Escenarios y Storyboards	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Tormenta de Ideas Visual	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Prototipado	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Guía de Estilo del Producto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo
Arboles de Menús	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Diagrama de Transición de Estados	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Modelo del Contenido	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
Mapa de Navegación	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
Análisis de Impacto	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Organización de la Ayuda Según Casos de Uso	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo
HTA	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto
GOMS	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Escenarios de Tareas	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto

Tabla 13. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Diseño.

Técnica	Valor Total
Arboles de Menús	Muy Útil
Diagrama de Transición de Estados de la Interfaz	Muy Útil
Prototipado	Útil

Guía de Estilo del Producto	Útil
Modelo del Contenido de la Interfaz	Útil
Mapa de Navegación	Útil
Análisis de Impacto	Útil
Escenarios de Tareas	Útil
Escenarios y Storyboards	Poco Útil
Tormenta de Ideas Visual	Poco Útil
Organización de la Ayuda Según Casos de Uso	Poco Útil
HTA	Poco Útil
GOMS	Poco Útil

Tabla 14. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Diseño.

3.3.3. Evaluación

El conjunto de técnicas para la etapa de evaluación y su ponderación de acuerdo con la evaluación de los integrantes del presente trabajo está organizado de la siguiente forma: Primero se presenta cada una de las técnicas con la ponderación para cada uno de los criterios (Tabla 15) y a continuación el conjunto de técnicas organizado de acuerdo a su utilidad (Tabla 16).

Técnica	SM	IS	A/E	AP	EN	AG	SG
Evaluación Heurística	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Inspecciones de Conformidad con Estándares	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo
Inspecciones de Consistencia	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Inspecciones Colaborativas	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Recorrido Cognitivo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Recorrido Pluralístico	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo
Pensar en Voz Alta	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo
Medición del Rendimiento	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Observación Directa	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Cuestionario y Encuestas	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Entrevistas	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Focus Group	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Retroalimentación de Usuario	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Test Experimentales	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Métricas Predictivas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Card Sorting	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Medida de las prestaciones	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo

Tabla 15. Ponderación de los criterios de selección para las técnicas. Evaluación.

Técnica	Valor Total
Inspecciones de Consistencia	Útil
Inspecciones Colaborativas	Útil
Pensar en Voz Alta	Útil
Medición del Rendimiento	Útil
Cuestionario y Encuestas	Útil
Entrevistas	Útil
Focus Group	Útil
Retroalimentación de Usuario	Útil
Card Sorting	Útil
Medida de las prestaciones	Útil
Evaluación Heurística	Poco Útil
Inspecciones de Conformidad con Estándares	Poco Útil
Recorrido Cognitivo	Poco Útil

Recorrido Pluralístico	Poco Útil
Observación Directa	Poco Útil
Test Experimentales	Poco Útil
Métricas Predictivas	Poco Útil

Tabla 16. Técnicas de Usabilidad organizadas por su utilidad. Evaluación.

CAPITULO IV. CONJUNTO DEFINITIVO DE TECNICAS DE USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD ADAPTADAS Y ORIENTADAS A PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

El presente capítulo describe cada uno de los pasos realizados para obtener el conjunto definitivo de técnicas que fueron adaptadas y orientadas a PDS y posteriormente evaluadas. Primero se describe el proceso realizado para la evaluación por parte de los expertos de cada una de las técnicas y de los criterios previamente establecidos. Segundo se realizaron las correcciones propuestas por los expertos. Tercero se definieron formalmente el conjunto de criterios de selección y las reglas de selección de cada técnica. Cuarto se realizó nuevamente la ponderación de los criterios por parte de los integrantes del presente trabajo, finalmente, basados en las opiniones de los expertos y la opinión de los integrantes del presente trabajo se realizó la elección del conjunto definitivo de técnicas.

4.1. Encuesta a Expertos

La preselección de las técnicas obtenida en el capítulo anterior se realizó de forma subjetiva y es por esto que se hace preciso buscar la opinión de diferentes expertos que podrían colaborar para la obtención de un conjunto de técnicas que de acuerdo a sus conocimientos y a los de los integrantes del presente trabajo pueda ser el conjunto más acorde para realizar la evaluación de la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS.

La encuesta fue realizada a un grupo de expertos que fue seleccionado de acuerdo con sus conocimientos en ingeniería de la Usabilidad, Accesibilidad y PDS. El conjunto de expertos está formado por (4) cuatro expertos, (1) un experto internacional y (3) expertos nacionales.

- PhD. (c) Marta González i Mata (España). Ingeniería del software e ingeniería de la Usabilidad.
- Ing. Héctor Fabio Alarcón Yanza (Colombia). Ingeniería del software e ingeniería de la Usabilidad.
- Ing. Adrián Mauricio Hurtado Sánchez (Colombia). Ingeniería del software e ingeniería de la Usabilidad.
- Ing. Yenny Alexandra Méndez Alegría (Colombia). Aprendizaje colaborativo e interacción humano-computador.

La encuesta se realizó describiendo inicialmente el problema, los criterios preliminares creados, una breve descripción de cada técnica y una tabla que describe cada uno de los criterios y un apartado para su ponderación. Para no limitar las opiniones de los expertos se tomó la decisión de entregarles todo el conjunto de técnicas que fue generado a partir de la unificación de las fuentes y no la selección preliminar del conjunto realizada por los integrantes del presente trabajo. En el Anexo C se encuentra la encuesta que se realizó a cada uno de los expertos.

4.1.1. Resultados

El grupo de expertos realizó comentarios acerca de los criterios de selección (Tabla 17) y de la redefinición de cada una de las técnicas (Tabla 18). Los comentarios fueron tomados en cuenta para mejorar el presente trabajo. Con las mejoras realizadas se establecieron los criterios de selección definitivos, se realizaron los ajustes necesarios a los valores que podrían tomar cada uno de los criterios y se realizó una definición más detallada de cada una de las técnicas. En el Anexo C se encuentran los resultados de la encuesta realizada a los Ingenieros Adrian Mauricio Hurtado Sánchez, Héctor Fabio Alarcón Yanza, Marta González i Mata y Yenny Alexandra Méndez Alegría.

En el Anexo D se encuentran de forma detallada cada una de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad adaptadas y orientadas a PDS que forman parte del conjunto final.

Criterio	Comentario	Solución
Cercanía a la ingeniería del software (IS)	Es muy similar al criterio de simplicidad, realizar una adecuada separación o una unificación.	Se tomó la decisión de complementar el criterio simplicidad y por lo tanto solo dejar este criterio.
Aporte vs Esfuerzo (A/E)	¿Qué pasa si la técnica aporta gran Usabilidad pero requiere mucho esfuerzo? Colocar o en vez de y	Cada uno de los comentarios se basaba en una misma idea, por lo tanto se realizó una mejor definición del criterio Aporte vs Esfuerzo y se tomó en cuenta un conjunto más amplio de combinaciones. Cabe notar que fue un inconveniente presentado solo por uno de los expertos.
Aplicabilidad (AP)	La Cuantificación es relativa se pueden dar más combinaciones. Cuanto de aplicable por si es aplicable.	Se tomó la decisión de omitir este criterio debido a que es una característica que debe poseer cada Proceso de Desarrollo de Software.
Entendimiento (EN)	Definir de mejor manera.	Se realizó una definición más clara del criterio. Cabe notar que fue un inconveniente presentado solo por uno de los expertos.
Agilidad (AG)	Definir bien el tipo de agilidad de tiempo o de que tipo.	Se realizó una definición más clara del criterio. Cabe notar que fue un inconveniente presentado solo por uno de los expertos.
Seguimiento (SG)	Definir bien el seguimiento con respecto a que tiempo, dinero, cumplimiento, etc.	Se realizó una definición más clara del criterio. Cabe notar que fue un inconveniente presentado solo por uno de los expertos.

Tabla 17. Comentarios acerca de los criterios de selección.

Comentario	Solución
“Me parece que faltó una mejor definición de las técnicas desde el punto de vista del proceso”.	Se tomó la decisión realizar una definición más detallada de cada una de las técnicas seleccionadas y una breve explicación de su forma de aplicación.
“Por la cantidad de criterios que se manejan es mejor definir una escala, para obtener más valores”.	Como la cantidad de criterios que se tomaron en cuenta para la creación del conjunto definitivo son solo (5) cinco. Se tomó la decisión de continuar de la forma en que se estaba realizando el proceso de selección de las técnicas.

Tabla 18. Comentarios acerca de la redefinición de las técnicas.

4.2. Conjunto Final de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software

El proceso realizado con la ayuda de los expertos permite establecer claramente un conjunto de criterios de selección, una redefinición de su valoración y una definición de cada una de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad tomadas de tal forma que pueda establecerse claramente el

conjunto definitivo de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que podrían ser tenidas en cuenta para realizar la evaluación de la Usabilidad y la Accesibilidad de los PDS.

4.2.1. Criterios de Selección Definitivos

Con los comentarios de los expertos obtenidos a través de la encuesta realizada se han redefinido y acotado el conjunto de criterios de selección junto con su respectiva valoración. Aunque los comentarios realizados fueron sugeridos por dos de los expertos se hace pertinente tomar en cuenta su opinión para una selección exitosa del conjunto de técnicas con el cual se va a trabajar.

Simplicidad (SM): Este criterio describe el nivel de formación necesaria para que un ingeniero software o personas de un grupo de desarrollo encargados del PDS, sean capaces de aplicar de forma eficiente la técnica para alcanzar los objetivos primordiales que persigue la misma, este criterio también refleja si los principios teóricos de la técnica son acordes a los que rigen a la ingeniería de software.

- **Alto:** Indica que se requiere una formación básica para ser comprendida y aplicada por ingenieros de software.
- **Medio:** Indica que se requiere una formación intermedia para ser comprendida y aplicada; pero ingenieros con conocimientos básicos en el campo de la HCI pueden aplicarla.
- **Bajo:** Indica que se requiere un nivel de formación amplio o perfil combinado en ingeniería de software y en el campo de la HCI por parte del ingeniero o grupo de personas encargadas del PDS.

Aporte vs Esfuerzo (A/E): Este criterio refleja cuanta mejora en la Usabilidad del PDS puede aportar la técnica. Este criterio debe ser comparado con el nivel de esfuerzo que supone su aplicación. Una técnica puede realizar grandes aportes a la Usabilidad del PDS pero de igual forma puede requerir un gran esfuerzo para su aplicación, lo cual no sería desde ningún punto de vista óptimo para empresas con recursos mínimos como lo son las MiPyMEs Desarrolladoras de Software. Puesto que los recursos para Usabilidad pueden ser escasos en muchas de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software, consideramos que la información de tipo coste-beneficio puede resultar de gran utilidad para la selección de las técnicas a aplicar.

Cuando se habla de información de tipo coste-beneficio se refiere al costo monetario, al tiempo y al capital humano que implica la aplicación de una técnica en particular, debido a que son factores muy importantes a tener en cuenta para la adecuada selección de técnicas que pueden ser aplicadas a MiPyMEs Desarrolladoras de Software. Se debe tener en cuenta que no se puede arriesgar la aplicación de una técnica si el aporte en Usabilidad no es más elevado que el esfuerzo que implica su aplicación.

- **Alto:** Indica que la técnica aporta un grado de Usabilidad elevado al PDS con relación al poco esfuerzo que implica su integración.
- **Medio:** Indica que la técnica puede: generar un gran aporte de Usabilidad al proceso y el esfuerzo que requiere no es muy elevado, generar un aporte considerable de Usabilidad frente al poco esfuerzo que requeriría su aplicación o generar un aporte considerable de Usabilidad frente al esfuerzo que sería igualmente considerable.
- **Bajo:** Indica que el aporte frente al esfuerzo es muy poco o que el esfuerzo es muy elevado comparado con el aporte que generaría.

Entendimiento (EN): Este criterio refleja el aporte que puede generar una técnica a las etapas para lograr su mayor entendimiento a lo largo de todo el PDS, este entendimiento se refiere a que la técnica provee de métodos los cuales permiten facilitar la comprensión de la funcionalidad, complejidad o aplicabilidad del PDS ya sea a lo largo de todo el proceso o en alguna(s) etapa(s) de este.

- **Alto:** Indica que la aplicación de la técnica generará fuentes sólidas de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad a lo largo del todo el proceso o en cada una de sus etapas.
- **Bajo:** Indica que la aplicación de la técnica no consolida fuentes de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad a lo largo del todo el proceso o en cada una de sus etapas.

Agilidad (AG): Este criterio refleja el nivel de impacto de utilizar una técnica en la agilidad del proceso de desarrollo, debido a la importancia que tiene este aspecto para las MiPyMEs Desarrolladoras de Software que son foco del presente trabajo. Si una técnica es aplicada al PDS y no retrasa el desarrollo de proyectos en curso o futuros, quiere decir que la agilidad que presenta la aplicación de esta técnica es alta.

- **Alto:** Indica que la técnica no causará ningún impacto en la agilidad del proceso y por el contrario podría llegar incluso a mejorar la agilidad del proceso.
- **Medio:** Indica que existe un impacto en la aplicación de la técnica con respecto a la agilidad del proceso pero su aplicación no generaría grandes modificaciones en cuanto a tiempo y costo al proceso.
- **Bajo:** Indica que realmente la técnica disminuirá significativamente la agilidad del PDS.

Seguimiento (SG): Este criterio refleja el aporte que puede realizar la técnica al PDS al proporcionar una fuente que permite visualizar o identificar algunos estados de control de las etapas del proceso para verificar el estado en que se encuentra el desarrollo del proyecto y los requisitos o requerimientos faltantes para la etapa específica, el seguimiento puede hacer referencia a uno de estos factores importantes:

- a. Tiempo que falta para terminar una tarea, actividad o para la finalización el proceso de desarrollo.
 - b. Recurso que falta o se necesita para terminar una etapa, actividad o finalizar el PDS, así como el recurso utilizado hasta el momento.
 - c. Cumplimiento, se refiere al porcentaje de desarrollo que lleva una tarea o técnica de una etapa del PDS.
- **Alto:** Indica que por medio de la técnica se puede verificar de forma parcial o total el estado de una etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes para continuar con la etapa posterior.
 - **Bajo:** Indica que la técnica no permite verificar el estado de la etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes de forma parcial o total.

4.2.2. Reglas de Selección

A continuación se presenta el conjunto de reglas con el cual se le dará el valor de utilidad a cada técnica. Los criterios estarán representados por las siglas que los acompañan en la definición. Una técnica es **Muy Útil** cuando:

Regla 1:

- **Simplicidad:** Puede ser aplicada por ingenieros software promedios que no poseen conocimientos previos en Usabilidad. Valor Alto.
- **Aporte/Esfuerzo:** El aporte en Usabilidad que genera su aplicación es muy elevado y el esfuerzo que implica con respecto al aporte es poco o muy poco. Valor Alto.

- Entendimiento: La aplicación de la técnica generará fuentes sólidas de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad a lo largo del todo el proceso o en cada una de sus etapas. Valor Alto.
- Agilidad: La agilidad del PDS no se verá afectada en el momento de la aplicación de la técnica o por la aplicación de la técnica. Valor Alto.
- Seguimiento: Por medio de la técnica se puede verificar de forma parcial o total el estado de la etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes para continuar con la etapa posterior. Valor Alto (Tabla 19).

Criterio	Valor
SM	Alto
A/E	Alto
EN	Alto
AG	Alto
SG	Alto
Valor total	Muy útil

Tabla 19. Regla de selección 1.

Una técnica es **Útil** cuando:

Regla 2:

- Simplicidad: Puede ser aplicada por ingenieros software promedios que no poseen conocimientos previos en Usabilidad o con conocimientos básicos de Usabilidad y de HCI. Valor Alto o Medio.
- Aporte/Esfuerzo: Existe una diferencia a favor del aporte de Usabilidad frente al esfuerzo que implica aplicar la técnica exitosamente. Valor Alto o Medio.
- Entendimiento: La aplicación de la técnica generará fuentes sólidas de información que permitan entender el proceso de desarrollo con mayor facilidad a lo largo del todo el proceso o en cada una de sus etapas. Valor Alto.
- Agilidad: La agilidad del PDS aunque se verá afectada en el momento de la aplicación de la técnica o por la aplicación de la técnica no será relevante para su desarrollo exitoso. Valor Alto o Medio.
- Seguimiento: Por medio de la técnica se puede verificar de forma parcial o total el estado de la etapa del proceso de desarrollo y los requerimientos necesarios y faltantes para continuar con la etapa posterior. Valor Alto (Tabla 20).

Criterio	Valor
SM	Alto o Medio
A/E	Alto o Medio
EN	Alto
AG	Alto o Medio
SG	Alto
Valor total	útil

Tabla 20. Regla de selección 2.

Regla 3:

Esta regla es una variante de la regla 2. A continuación se describen los dos criterios que podrían variar:

- La técnica puede tomar un valor útil aunque los valores para los criterios entendimiento (EN) y seguimiento (SG) tomen valores bajos (solo uno de los dos criterios o los dos a la vez), debido a que existen muy pocas técnicas que pueden aportar un gran valor en estos dos criterios y al no realizar esta aclaración podríamos limitar el conjunto de técnicas y se

podrían dejar de lado a algunas técnicas que aportarían a la Usabilidad del proceso de desarrollo en otras áreas (Tabla 21)(Tabla 22)(Tabla 23).

Criterio	Valor
SM	Alto o Medio
A/E	Alto o Medio
EN	Bajo
AG	Alto o Medio
SG	Alto
Valor total	útil

Tabla 21. Regla de selección 3. Variante A.

Criterio	Valor
SM	Alto o Medio
A/E	Alto o Medio
EN	Alto
AG	Alto o Medio
SG	Bajo
Valor total	útil

Tabla 22. Regla de selección 3. Variante B.

Criterio	Valor
SM	Alto
A/E	Alto
EN	Bajo
AG	Alto
SG	Bajo
Valor total	útil

Tabla 23. Regla de selección 3. Variante C.

Regla 4:

- Si la técnica toma un valor bajo para el criterio Simplicidad (SM) es necesario que los demás criterios tomen como valor alto, debido a que al ser poco simple requerirá de una persona especializada en Usabilidad y estos son costos que no suelen incluirse en el presupuesto de una MiPyME Desarrolladoras de Software. Pero si existiese la posibilidad de tener una persona con esos conocimientos, es de gran importancia que una técnica de este tipo provea al PDS los más altos beneficios en cuanto a Usabilidad. Claro está que como se mencionó en una regla anterior, los beneficios en cuanto a Entendimiento (EN) y Seguimiento (SG) son reflejados por técnicas muy puntuales por lo cual es preciso aclarar que uno de estos criterios puede tomar un valor Bajo solo sí el otro criterio toma un valor Alto (Tabla 24)(Tabla 25)(Tabla 26).

Criterio	Valor
SM	Bajo
A/E	Alto
EN	Alto
AG	Alto
SG	Alto
Valor total	útil

Tabla 24. Regla de selección 4. Variante A.

Criterio	Valor
SM	Bajo
A/E	Alto
EN	Alto
AG	Alto
SG	Bajo
Valor total	útil

Tabla 25. Regla de selección 4. Variante B.

Criterio	Valor
SM	Bajo
A/E	Alto
EN	Bajo
AG	Alto
SG	Alto
Valor total	útil

Tabla 26. Regla de selección 4. Variante C.

Una técnica es **Poco Útil** cuando:

- No cumple con las reglas establecidas anteriormente para su selección, debido a que pueden acarrear costos significativos que están por fuera de la capacidad económica de las MiPyMEs Desarrolladoras de Software, que pueden no aportar grandes niveles de Usabilidad al PDS o que requieren de conocimientos muy profundos en HCI y Usabilidad.

4.2.3. Selección del Conjunto Final de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad Orientadas a Procesos de Desarrollo de Software

Basados en los resultados obtenidos de la evaluación de los expertos con respecto a cada una de las técnicas y teniendo en cuenta la valoración de cada una de las técnicas propuesta por los integrantes del presente trabajo se realizó un promedio de los valores obtenidos para establecer el conjunto de técnicas final que sería la fuente de información primordial para el desarrollo del método de evaluación y las métricas correspondientes propuestos por el presente trabajo para evaluar la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS.

Inicialmente se obtuvieron los valores de cada una de las técnicas según cada experto (Tabla 27) y posteriormente se realizó la selección del conjunto final de técnicas basados en una simple regla, toda técnica que tenga al menos en tres de sus valoraciones como resultado útil o muy útil, será tenida en cuenta para formar el conjunto final (Tabla 28).

Eval. 1: Ing. Adrian Mauricio Hurtado Sánchez

Eval. 2: Ing. Héctor Fabio Alarcón Yanza

Eval. 3: Ing. Yenny Alexandra Méndez Alegría

Eval. 4: PhD. (c) Marta González i Mata

Eval. 5: Integrantes del Presente Trabajo

Técnica	Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5
Análisis competitivo	Útil	Poco Útil	Poco útil	Útil	Útil
Análisis de Impacto	Poco Útil	Útil	Útil	Útil	Poco útil
Investigación Contextual	Útil	Poco útil	Útil	Útil	Útil
Diagrama de Afinidad	Muy útil	Poco Útil	Poco útil	Útil	Útil
Observación Etnográfica	Muy útil	Útil	Útil	Útil	Poco Útil
Perfiles de Usuario	Muy útil	Poco útil	Útil	Útil	Útil
Mapa de Roles de Usuario	Muy útil	Útil	Útil	Útil	Útil
Modelo Operacional	Poco Útil	Poco útil	Poco útil	Muy útil	Poco útil
Personas	Muy útil	Poco útil	útil	Útil	Útil
Casos de Uso Esenciales	Útil	Muy útil	útil	Útil	Útil
HTA	Útil	Útil	Útil	Útil	Poco útil
GOMS	Útil	Poco Útil	Poco Útil	Útil	Poco Útil
Escenarios de Tareas	Útil	Útil	Útil	Poco útil	Útil
Especificaciones de Usabilidad	Útil	Poco útil	Muy Útil	Muy útil	Poco Útil
Card Sorting	Muy Útil	Útil	Poco útil	Poco útil	Útil
Escenarios & Storyboards	útil	Útil	Poco útil	Útil	Poco útil
Tormenta de Ideas Visual	Muy útil	útil	Poco útil	Útil	útil
Prototipado	Muy útil	Útil	Poco útil	Útil	Poco útil
Guía de Estilo del Producto	Poco Útil		Poco útil	Útil	Poco útil
Árboles de Menús	Útil	Útil	Poco útil	Útil	Muy útil
Diagrama de Transición de Estados	Útil	Útil	Útil	Útil	Muy útil
Modelo del Contenido	Útil	Útil	útil	Útil	útil
Mapa de Navegación	Poco útil	Útil	Útil	Útil	útil
Organización de la Ayuda Según	Poco útil	Útil	Útil	Útil	Poco útil

Casos de Uso					
Evaluación Heurística	Útil	Poco Útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil
Inspecciones de Conformidad con Estándares	Poco Útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil
Inspecciones de Consistencia	Útil	Poco Útil	Útil	Útil	Poco útil
Inspecciones Colaborativas	Útil	Útil	Útil	Útil	Poco útil
Recorrido Cognitivo	Útil	Poco útil	Poco útil	Útil	Poco útil
Recorrido Pluralístico	Útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil
Pensar en Voz Alta	Muy útil	Útil	Poco útil	Útil	Útil
Medición del Rendimiento	Útil		Poco útil	Poco útil	Útil
Observación Directa	Útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil	Poco útil
Cuestionario y Encuestas	Muy útil	Útil	Poco útil	Útil	Poco útil
Entrevistas	Muy útil	Útil	Poco útil	Útil	Poco útil
Focus Group	Útil	Poco útil	Útil	Útil	Poco útil
Retroalimentación de Usuario	Muy útil	Muy útil	Útil	Útil	Poco útil
Test Experimentales			Poco útil	Poco útil	Poco útil
Métricas Predictivas	Poco Útil	Poco Útil			Poco útil

Tabla 27. Valoración de cada técnica según cada experto.

El resultado de la aplicación de la regla mencionada anteriormente es el conjunto final de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad orientadas a PDS (Tabla 28) que serán la fuente principal de información para realizar el modelo de evaluación y las métricas respectivas.

Técnicas
Análisis competitivo
Investigación Contextual
Diagrama de Afinidad
Observación Etnográfica
Perfiles de Usuario
Mapa de Roles de Usuario
Personas
Casos de Uso Esenciales
HTA
Escenarios de Tareas
Especificaciones de Usabilidad
Card Sorting
Escenarios y Storyboards
Prototipado
Tormenta de Ideas Visual
Árboles de Menús
Diagrama de Transición de Estados
Modelo del Contenido
Mapa de navegación
Análisis de Impacto
Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Inspecciones de Consistencia
Inspecciones Colaborativas
Pensar en Voz Alta
Cuestionario y Encuestas
Entrevistas
Focus Group
Retroalimentación de Usuario

Tabla 28. Conjunto de técnicas seleccionadas para la evaluación

El número total de técnicas seleccionadas para la evaluación del PDS es de 28 técnicas. A partir de este conjunto se analizarán que técnicas son similares en cuanto a su forma de aplicación u objetivo. Con este análisis se pretende eliminar del conjunto las técnicas que sean similares a otras o tratar de unificar las técnicas similares en una sola técnica más robusta y completa.

A continuación se presenta el conjunto de técnicas que no serán seleccionadas debido a la valoración realizada por los expertos (Tabla 29).

Técnicas
Modelo operacional
GOMS
Guías de estilo
Evaluación Heurística
Inspecciones de conformidad con estándares
Recorrido Cognitivo
Recorrido Pluralístico
Medición del Rendimiento
Observación Directa
Test Experimentales
Métricas Predictivas
Medida de las Prestaciones

Tabla 29. Técnicas que no fueron seleccionadas debido a la valoración

4.2.4. Similitudes entre Técnicas

Con el conjunto de técnicas seleccionadas se ha realizado un análisis sencillo para verificar si algunas de estas técnicas presentan similitudes.

En el caso de que se presenten similitudes se debe tomar una de estas decisiones:

- Elegir la técnica que sea más completa, siempre y cuando el grado de complejidad no sea elevado.
- Unificar los conceptos presentados en cada una de las técnicas en una sola.

A continuación se describen las técnicas que presentaron similitudes y la decisión que se ha tomado para cada uno de estos casos.

Técnicas: Observación Etnográfica e Investigación Contextual

- Justificación:* Analizan al implicado para ver como realizan las tareas habituales.
- Solución:* Se toma la decisión de elegir la técnica investigación contextual porque representa un grado de complejidad menor para la aplicación dentro de una MiPyME y de igual forma presenta unos resultados completos.

Técnicas: HTA, Arboles de Menús, Casos de Uso Esenciales y Mapa de Navegación

- Justificación:* Se parecen en cuanto muestran que artefactos son de entrada para una actividad o tarea y que artefactos de salida debe generar esta.
- Solución:* Se toma la decisión de elegir la técnica Arboles de Menú porque es una técnica medianamente compleja con relación a las demás técnicas, aporta un grado de entendimiento notable al PDS. Adicionalmente, la aplicación de esta técnica se realizará en pocas ocasiones y muy puntuales.

Técnicas: Card Sorting y Personas

- *Justificación:* Buscan el mismo objetivo, comprender el modelo de representación de información de un implicado y crear una representación general de la información, con la cual todos los implicados se identifiquen.
- *Solución:* Se toma la decisión de elegir la técnica Card Sorting debido a que presenta con mayor detalle el mismo proceso que se realizaría con la técnica Persona pero establece variantes que podrían aplicarse de acuerdo al PDS, al personal implicado y a la empresa misma.

Técnicas: Tormenta de Ideas Visual y Escenarios y Storyboards

- *Justificación:* Se basan en identificar que es lo que se busca, cuales son las posibles soluciones, presentar ideas de las posibles soluciones.
- *Solución:* Se toma la decisión de elegir la técnica Tormentas de ideas Visual por cuanto es más completa en su definición y en el aporte que generaría a la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS empleado por cada MiPyME.

Técnicas: Diagramas de Transición de Estados y Modelo de Contenido

- *Justificación:* Modelan un PDS. El modelo es un diagrama. Se basa en nodos y líneas de unión, para los dos.
- *Solución:* Se toma la decisión de elegir la técnica Modelo del Contenido por cuanto es más completa pero no implica un grado de complejidad considerable para la aplicación al PDS de una MiPyME.

CAPITULO V. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

El presente capítulo describe cada uno de los pasos realizados para obtener el método de evaluación de la Usabilidad y Accesibilidad de los PDS. Primero se describe el modelo GQM que fue el utilizado para obtener las preguntas que permitirían evaluar cada uno de los objetivos, las métricas que valorarían cada una de las preguntas y los indicadores que permitirían evaluar o estimar cada concepto. Finalmente, basados en los conocimientos adquiridos a través de las reuniones realizadas en cada una de las empresas, se han definido un conjunto de métricas que una vez establecidas en cada empresa, permitirían identificar el grado de Usabilidad y Accesibilidad existente en los PDS.

5.1. GQM Como Base del Método de Evaluación

El modelo GQM establece la necesidad de seleccionar un conjunto de metas del proyecto en el contexto de una organización, teniendo en cuenta las características y atributos deseables de los artefactos, productos o recursos se construye y refina un conjunto de preguntas para cada meta y en función de cada pregunta se eligen las métricas apropiadas [59].

Dentro de este contexto y basados en la definición del modelo GQM, tenemos la siguiente descripción:

La Organización

- Empresas dedicadas al desarrollo de software.
- Empresas que usan un PDS para realizar sus productos.
- Empresas que se enmarcan en pequeñas y medianas empresas Desarrolladoras de Software.
- El número de empleados es reducido.

Presenta

- Problemas en el seguimiento de PDS que emplean.
- Pérdida de la información del PDS en algunos de sus implicados.
- Documentos y entregables que no se utilizan en todo el desarrollo del proyecto.
- No adecuada asignación de recursos a las etapas y actividades del PDS que usan.
- Un manejo inadecuado en los conceptos entre los implicados en el PDS.

Necesita

- Que el personal pueda ver el estado del Proceso de Desarrollo de una forma no compleja y fácil.
- Que el personal entienda de una forma fácil el Proceso de Desarrollo en todas sus etapas.
- Que existan unos conceptos comunes entre todos los implicados.
- Que los diferentes entregables que se desarrollan en las diferentes actividades sean suficientes para un correcto desarrollo del proceso
- Que los entregables no estén de más y sean un trabajo innecesario para el adecuado desarrollo del PDS.
- Saber cuál es su capacidad de producción.
- Conocer mejor el Proceso de Desarrollo que van a implementar o han implementado.

5.1.1. Objetivos (Goals)

El modelo GQM establece como primer paso la definición de los objetivos que se persiguen. A continuación se presenta el conjunto de Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad obtenidos de las encuestas realizadas en las MiPyMEs Desarrolladoras de Software de Popayán.

1. **Que sea fácil de seguir:** Un PDS que sea fácil de seguir es aquel que permite conocer su estado en determinado momento y establecer si esta fluyendo de manera correcta.
2. **Que sea adaptable:** Un proceso de desarrollo adaptable es aquel que puede ser aplicado para diferentes proyectos de desarrollo sin implicar cambios monumentales en el proceso y costos elevados para la empresa.
3. **Que ahorre tiempo:** Un proceso de desarrollo claro y bien definido puede ahorrar tiempo en el desarrollo de un producto.
4. **Que ahorre recursos:** Un proceso de desarrollo definido con las etapas, actividades y tareas completamente necesarias puede generar un ahorro de recursos al impedir gastos en etapas, actividades o tareas innecesarias. Además, un proceso de desarrollo bien detallado puede disminuir los costos en la asignación de recursos para cada etapa, actividad o tarea.
5. **Que sea fácil de entender:** Un proceso de desarrollo fácil de entender es aquel que puede ser aprendido, comprendido y recordado fácilmente. Y para esta labor es claramente necesario una documentación adecuada del proceso.

Cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad definidos previamente está orientado a dar solución a cada una de las necesidades presentadas en la sección anterior.

5.1.2. Preguntas (Questions)

El siguiente paso en el modelo GQM es establecer el conjunto de preguntas que permitirán identificar si el objetivo ha sido alcanzado.

Las preguntas generadas para evaluar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad han sido desarrolladas con base en el conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad obtenido en el capítulo 4, apartado 4.2.3.

Del conjunto de técnicas obtenido se han seleccionado las técnicas que cumplirían con cada uno de los objetivos. De esta forma, por cada técnica se ha realizado al menos una pregunta para evaluar el cumplimiento del objetivo y si no se ha logrado, establecer las recomendaciones con base en las técnicas que podrían mejorar o incrementar el cumplimiento del objetivo en cuestión.

Algunas de las preguntas no han sido generadas a partir de las técnicas pero se han tenido en cuenta para evaluar aspectos que pueden ayudar a alcanzar o aumentar el nivel de satisfacción de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

Se tiene que las técnicas ayudan a mejorar la Usabilidad y Accesibilidad del Proceso de Desarrollo Software, por ejemplo la técnica de Card Sorting ayuda a obtener un lenguaje en común entre todos los integrantes del proceso de desarrollo. La técnica ayuda a incrementar el cumplimiento del Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad Entendimiento, directamente e indirectamente el Ahorro de Tiempo y el Ahorro de recursos ya que se puede reducir la capacitación del personal y el tiempo en entender los conceptos que se plasman en los entregables o en las reuniones. Las técnicas ayudaran a crear las preguntas para identificar el cumplimiento de los objetivos de Usabilidad y Accesibilidad del proceso de desarrollo (Tabla 30).

Técnica	Preguntas
Análisis Competitivo	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se realizó una reunión por parte de los miembros de la empresa para elegir el PDS más acorde a sus recursos y al capital humano con que se cuenta? • ¿Se tomo algún criterio para la elección del PDS que usa la empresa actualmente? • ¿Existe o existió alguna forma de validar si los PDS candidatos han sido aplicados en otras empresas tipo MiPyME Desarrolladoras de Software exitosamente?
Investigación Contextual	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se realiza un estudio para identificar las actividades o tareas que puedan causar conflictos de distintos tipos, como por ejemplo actividades o tareas que son innecesarias o que requieren de recursos elevados para su realización? • ¿Cuándo existe un problema con las actividades, tareas de comunicación o de documentación, entre otros se realiza una reunión con el implicado al que se le presentó el problema?
Diagrama de Afinidad	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los problemas presentados a lo largo de la aplicación del PDS son discutidos en grupo? • Después de la realización de cada proyecto. ¿existe algún espacio para la discusión de los problemas presentados a lo largo de la realización del proyecto? • ¿Las soluciones obtenidas a partir de la reunión en donde se discuten los problemas son simplemente sugerencias? • ¿De esta reunión se toman las decisiones y correcciones necesarias para el buen funcionamiento del PDS y de la comunicación entre el grupo de desarrollo y todos los implicados?
Perfiles de Usuario	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe un documento que describa las habilidades, aptitudes y demás características que se requieren de un implicado para formar parte de una etapa, actividad o tarea? • ¿Se realizan cuestionarios o entrevistas para definir cuál de los implicados (nuevos o antiguos) es el más apto para cada una de las etapas del PDS de forma general? • ¿Se toman en cuenta características importantes que permitan realizar una mejor elección de la persona más capacitada en cada etapa como la habilidad, interés, conocimiento y experiencia en el área, liderazgo y compromiso? • ¿Cuándo un integrante nuevo llega a la empresa para formar parte del grupo de desarrollo o implicados se le realiza una evaluación para conocer en qué área alcanzara su mejor desempeño?
Mapa de Roles	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe algún documento que contenga la representación grafica de los roles y responsabilidades de cada uno junto con la relación existente entre ellos? • ¿El mapa de roles o la representación grafica de roles establece el nombre de cada integrando de la empresa? • ¿la asignación de los roles dentro del diagrama está basada en los cuestionarios realizados para establecer la afinidad de cada integrante con cada actividad del PDS?
Escenarios de Tarea	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe algún documento que describa las tareas más representativas o importantes que debe cumplir cada rol junto con el nombre del integrante que lo va a cumplir?

Especificaciones de Usabilidad	<ul style="list-style-type: none">• ¿En el calendario que creado se marcan de una forma especial las actividades más importantes?• ¿Si se llegase a presentar un error en la aplicación de una tarea del PDS, existe algún documento que permita establecer la responsabilidad de un determinado implicado en esa tarea?• ¿Los integrantes de la empresa, el grupo de desarrollo y los implicados en general han establecido un conjunto de Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad que desean que su PDS cumpla?• ¿Se fijaron unas metas u Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad para el PDS?• ¿Se ha realizado un proceso de mejora de la Usabilidad del PDS?
Card Sorting	<ul style="list-style-type: none">• ¿Se realizan reuniones con el grupo de desarrollo para establecer una terminología común entre todos los integrantes?• ¿Cada integrante del grupo de desarrollo presenta su representación de la información, es decir, su definición de cada término en la reunión para establecer una definición común de para todos los integrantes del grupo de desarrollo?• ¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados en el PDS?
Tormenta de Ideas Visual	<ul style="list-style-type: none">• En el momento de selección del PDS más apropiado para la empresa ¿Se creó algún documento que describa el conjunto de características de cada uno de los procesos de desarrollo candidatos para su aplicación en la empresa?• ¿Dentro del documento generado se definieron que actividades o tareas podrían formar parte o no del proceso de desarrollo adecuado para la empresa junto con los criterios base para esta elección?• ¿Se documento las observaciones realizadas por los implicados que tenían experiencia en diferentes tipos de PDS?
Prototipado	<ul style="list-style-type: none">• ¿Existe algún documento que describa el bosquejo o prototipo inicial del PDS que fue elegido o será implementado?
Arboles de Menús	<ul style="list-style-type: none">• ¿Existe algún documento que describa al PDS de forma detallada, etapas, actividades y tareas?• ¿Se realiza el control de los tiempos asignados para cada etapa, actividad y tarea?
Modelo del Contenido	<ul style="list-style-type: none">• ¿Para cada etapa, actividad y tarea se asignan las herramientas, materiales y en general recursos que se van a ofrecer al implicado en el desarrollo del proyecto? ¿Existe algún documento que contenga toda esta información?
Organización de la Ayuda Según Casos de Uso	<ul style="list-style-type: none">• ¿Existe un documento que permita entender a los implicados el PDS si surgen dudas en su aplicación en una etapa, actividad o tarea determinada?• ¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas de Usabilidad encontrados a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?• ¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos de los problemas de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?
Análisis de Impacto	<ul style="list-style-type: none">• ¿Se han establecido las etapas, actividades o tareas más críticas dentro del PDS implementado?

<p>Inspecciones de Consistencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se ha realizado la asignación de recursos a estas etapas con base en algún estudio? • ¿Se verifica si las actividades de una etapa en específico están siendo desarrolladas según la metodología propuesta por el PDS seleccionado? • ¿Existe un experto o persona encargada de revisar las actividades y etapas de proceso de desarrollo para identificar inconsistencias?
<p>Inspecciones Colaborativas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se realiza una revisión del PDS por parte de los implicados al finalizar un proyecto sobre la consistencia del desarrollo según la metodología que propone el proceso implementado?
<p>Pensar en Voz Alta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los pensamientos, sentimientos y opiniones de los implicados generados durante la aplicación del proceso de desarrollo para un proyecto específico son documentados? • ¿Se establecen actividades o tareas que pueden ser monitorizadas para obtener los comentarios hechos por los implicados de cada una de estas? • ¿Se analiza a los implicados cuando están realizando su trabajo? • ¿Se toma nota de los comentarios que realizan los implicados mientras están desarrollando el trabajo? • ¿Mientras se realiza esta labor no se molesta de una manera directa al implicado?
<p>Cuestionarios y Encuestas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe algún tipo de encuesta para conocer las apreciaciones u opiniones de los implicados acerca del PDS implementado? • ¿Las preguntas que se realizan en las encuestas o entrevistas son de tipo cerradas o abiertas?
<p>Entrevistas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se realizan entrevistas periódicas con los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes con respecto al proceso de desarrollo? • ¿Se realizan entrevistas periódicas con cada uno de los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas? • ¿Las entrevistas realizadas son fuentes de información para algún proceso de discusión posterior?
<p>Focus Group</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se realizan sesiones de discusión entre los implicados para conocer sus quejas, dudas, inquietudes acerca del PDS? • ¿Se realizan sesiones de discusión entre los implicados para conocer sus opiniones acerca del posible mejoramiento del PDS? • ¿Este tipo de sesiones de discusión son guiadas por alguna persona?
<p>Retroalimentación de Usuario</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe algún medio de comunicación para que los implicados pueden realizar sus comentarios acerca del PDS, ya sean quejas, reclamos, inquietudes, entre otros y de esta forma conocer sus opiniones? • ¿La comunicación de este tipo de opiniones esta estandarizada en la empresa?

Tabla 30. Preguntas según cada técnica.

A continuación se presentan los objetivos y las preguntas creadas para evaluar la Usabilidad y la Accesibilidad de los PDS (Tabla 31 - Tabla 35).

Objetivo GQM: 1	
Analizar	Proceso de Desarrollo de Software
Con el propósito de	Verificar
Con respecto a	Facilidad del Seguimiento del Proceso
Desde el punto de vista de	De los implicados en el Proceso de Desarrollo de Software
En el contexto de	MiPyMEs Desarrolladoras de Software
Preguntas	
Pregunta 1	¿Realiza documentos que describen un calendario de actividades?
Pregunta 2	¿En el documento se realiza el control de los tiempos asignados para cada etapa, actividad y tarea?
Pregunta 3	¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados en el PDS? Nota: Esta pregunta se asocia a los objetivos adaptabilidad, ahorro de tiempo y ahorro de recursos por lo tanto se evalúa en los objetivos mencionados.
Pregunta 4	¿Existe algún documento que describa al PDS de forma detallada, etapas, actividades y tareas? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 5	¿Para cada etapa, actividad y tarea se asignan las herramientas, materiales y en general recursos que se van a ofrecer al implicado en el desarrollo del proyecto? ¿Existe algún documento que contenga toda esta información? Nota: Esta pregunta se asocia a los objetivos ahorro de recursos y entender y comprender por lo tanto se evalúa en los objetivos mencionados.
Pregunta 6	¿La asignación de los recursos es acertada o se han visto en la necesidad de asignar nuevos recursos en algún proyecto?
Pregunta 7	¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos a los problemas de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta? Nota: Esta pregunta se asocia a todos los objetivos por lo tanto se evalúa en cada objetivo.
Pregunta 8	¿Existe algún documento que describa las etapas, actividades o tareas más críticas dentro del PDS implementado?
Pregunta 9	¿Se realiza una revisión del PDS por parte de los implicados al finalizar un proyecto sobre la consistencia del desarrollo según la metodología que propone el proceso implementado?
Pregunta 10	¿Se verifica si las actividades de una etapa en específico están siendo desarrolladas según la metodología propuesta por el PDS seleccionado?

Tabla 31. Objetivo seguimiento y las preguntas relacionadas.

Objetivo GQM: 2	
Analizar	Proceso de Desarrollo de Software
Con el propósito de	Verificar
Con respecto a	Adaptabilidad del Proceso de Desarrollo de Software
Desde el punto de vista de	De los implicados en el Proceso de Desarrollo de Software
En el contexto de	MiPyMEs Desarrolladoras de Software
Preguntas	
Pregunta 1	¿Se realizó una reunión por parte de los miembros de la empresa

	<p>para elegir el PDS más acorde a sus recursos y al capital humano con que se cuenta?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia a los objetivos ahorro de tiempo, ahorro de recursos y entender y comprender por lo tanto se evalúa en los objetivos mencionados.</p>
Pregunta 2	<p>¿Existe o existió alguna forma de validar si los PDS candidatos han sido aplicados en otras empresas tipo MiPyME Desarrolladoras de Software exitosamente?</p>
Pregunta 3	<p>¿Se realiza un estudio para identificar las actividades o tareas que puedan causar conflictos de distintos tipos, como por ejemplo actividades o tareas que son innecesarias o que requieren de recursos elevados para su realización?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia a los objetivos ahorro de recursos y entender y comprender por lo tanto se evalúa en los objetivos mencionados.</p>
Pregunta 4	<p>Después de la realización de cada proyecto. ¿Existe algún espacio para la discusión de los problemas presentados a lo largo de la realización del proyecto?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo ahorro de tiempo por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.</p>
Pregunta 5	<p>¿De esta reunión se toman las decisiones y correcciones necesarias para el buen funcionamiento del PDS y de la comunicación entre el grupo de desarrollo y todos los implicados?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.</p>
Pregunta 6	<p>¿Existe un documento que describa las habilidades, aptitudes y demás características que se requieren de un implicado para formar parte de una etapa, actividad o tarea?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.</p>
Pregunta 7	<p>¿La asignación dentro del diagrama de roles está basada en los cuestionarios realizados para establecer la afinidad de cada integrante con cada actividad del PDS?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.</p>
Pregunta 8	<p>¿Cuándo un integrante nuevo llega a la empresa para formar parte del grupo de desarrollo o de los implicados se le realiza una evaluación para conocer en qué área alcanzara su mejor desempeño?</p>
Pregunta 9	<p>¿Se toma nota de los comentarios que realizan los implicados mientras están desarrollando el trabajo?</p>
Pregunta 10	<p>¿Existe algún medio de comunicación estandarizado (correo electrónico, grupos de noticias, tableros de anuncios, entre otros) para que los implicados puedan realizar sus comentarios acerca del PDS, ya sean quejas, reclamos, inquietudes, entre otros y de esta forma conocer sus opiniones?</p> <p>Nota: Esta pregunta se asocia a los objetivos ahorro de tiempo y entender y comprender por lo tanto se evalúa en los objetivos mencionados.</p>
Pregunta 11	<p>¿Se crea un documento con la terminología común obtenida para que sirva de referencia para todo los implicados en el PDS?</p>
Pregunta 12	<p>¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos de los problemas</p>

	de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?
Pregunta 13	¿Se realizan entrevistas periódicas con cada uno de los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes de los miembros con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 14	Si han surgido modificaciones en cuanto al PDS ¿Estas modificaciones se han mantenido a lo largo de los diferentes proyectos desarrollados?

Tabla 32. Objetivo adaptabilidad y las preguntas relacionadas.

Objetivo GQM: 3	
Analizar	Proceso de Desarrollo de Software
Con el propósito de	Verificar
Con respecto a	Ahorro de tiempo en el Proceso de Desarrollo de Software
Desde el punto de vista de	De los implicados en el Proceso de Desarrollo de Software
En el contexto de	MiPyMEs Desarrolladoras de Software
Preguntas	
Pregunta 1	¿Se realizó una reunión por parte de los miembros de la empresa para elegir el PDS más acorde a la empresa, a sus recursos y al capital humano con que se cuenta?
Pregunta 2	¿Se documenta las observaciones realizadas por los implicados que tenían experiencia en diferentes tipos de PDS?
Pregunta 3	¿Se realiza un estudio para identificar las actividades o tareas que puedan causar conflictos de distintos tipos, como por ejemplo actividades o tareas que son innecesarias o que requieren de recursos elevados para su realización?
Pregunta 4	Después de la realización de cada proyecto. ¿Existe algún espacio para la discusión de los problemas presentados a lo largo de la realización del proyecto?
Pregunta 5	¿Se realizan reuniones con el grupo de desarrollo para establecer una terminología común entre todos los integrantes?
Pregunta 6	¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados (nuevos y antiguos) en el PDS?
Pregunta 7	¿Se realiza el control de los tiempos asignados para cada etapa, actividad y tarea?
Pregunta 8	¿Realiza entrevistas grupales en las cuales el objetivo sea realizar una captura de los problemas que se presentan en el PDS? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo ahorro de recursos por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 9	¿Realiza entrevistas grupales para recoger opiniones de los implicados sobre cómo mejorar el PDS? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo ahorro de recursos por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 10	¿Existe algún documento que contenga la representación grafica de los roles y responsabilidades de cada uno de estos junto con la relación existente entre estos? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 11	¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde

	se describan los problemas encontrados distintos de los problemas de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?
Pregunta 12	¿Existe algún medio de comunicación estandarizado (correo electrónico, grupos de noticias, tableros de anuncios, entre otros) para que los implicados pueden realizar sus comentarios acerca del PDS, ya sean quejas, reclamos, inquietudes, entre otros y de esta forma conocer sus opiniones?
Pregunta 13	¿El cronograma de actividades es exitoso?

Tabla 33. Objetivo ahorro de tiempo y las preguntas relacionadas.

Objetivo GQM: 4	
Analizar	Proceso de Desarrollo de Software
Con el propósito de	Verificar
Con respecto a	Ahorro de recursos en el Proceso de Desarrollo de Software
Desde el punto de vista de	De los implicados en el Proceso de Desarrollo de Software
En el contexto de	MiPyMEs Desarrolladoras de Software
Preguntas	
Pregunta 1	¿Se realizó una reunión por parte de los miembros de la empresa para elegir el PDS más acorde a la empresa, a sus recursos y al capital humano con que se cuenta?
Pregunta 2	¿Se realiza un estudio para identificar las actividades o tareas que puedan causar conflictos de distintos tipos, como por ejemplo actividades o tareas que son innecesarias o que requieren de recursos elevados para su realización?
Pregunta 3	¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados (Nuevos o antiguos) en el PDS?
Pregunta 4	¿Realiza entrevistas grupales en las cuales el objetivo sea realizar una captura de los problemas que se presentan en el PDS?
Pregunta 5	¿Realiza entrevistas grupales para recoger opiniones de los implicados sobre cómo mejorar el PDS?
Pregunta 6	¿Si se llegase a presentar un error en la aplicación de una tarea del PDS, existe algún documento que permita establecer la responsabilidad de un determinado implicado en esa tarea?
Pregunta 7	¿Para cada etapa, actividad y tarea se asignan las herramientas, materiales y en general recursos que se van a ofrecer al implicado en el desarrollo del proyecto? ¿Existe algún documento que contenga toda esta información?
Pregunta 8	¿Existe un documento que permita entender a los implicados el PDS si surgen dudas en su aplicación en una etapa, actividad o tarea determinada? Nota: Esta pregunta se asocia al objetivo entender y comprender por lo tanto se evalúa en el objetivo mencionado.
Pregunta 9	¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos de los problemas de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?

Tabla 34. Objetivo Ahorro de recursos y las preguntas relacionadas.

Objetivo GQM	
Analizar	Proceso de Desarrollo de Software
Con el propósito de	Verificar

Con respecto a	La facilidad de entendimiento y comprensión del Proceso de Desarrollo de Software
Desde el punto de vista de	De los implicados en el Proceso de Desarrollo de Software
En el contexto de	MiPyMEs Desarrolladoras de Software
Preguntas	
Pregunta 1	¿Es posible leer la metodología del proceso de desarrollo elegido sin volver atrás en repetidas ocasiones?
Pregunta 2	¿Es difícil entender el paso de una etapa a otra o de una actividad a otra según los entregables de cada etapa o actividad?
Pregunta 3	¿Se puede expresar la metodología de una etapa o actividad con menos palabras?
Pregunta 4	¿Expresa la metodología de una actividad del proceso de desarrollo su objetivo y/o artefactos de entrada y salida?
Pregunta 5	¿Se realizó una reunión por parte de los miembros de la empresa para elegir el PDS más acorde a la empresa, a sus recursos y al capital humano con que se cuenta?
Pregunta 6	¿Se realiza un estudio para identificar las actividades o tareas que puedan causar conflictos de distintos tipos, como por ejemplo actividades o tareas que son innecesarias o que requieren de recursos elevados para su realización?
Pregunta 7	¿Cuándo existe un problema con las actividades, tareas, problema de comunicación o de documentación, entre otros se realiza una respectiva reunión con el implicado al que se le presentó el problema?
Pregunta 8	¿Existe un documento que describa las habilidades, aptitudes y demás características que se requieren de un implicado para formar parte de una etapa, actividad o tarea?
Pregunta 9	¿Existe algún documento que contenga la representación grafica de los roles y responsabilidades de cada uno de estos junto con la relación existente entre estos?
Pregunta 10	¿La asignación de los roles dentro del diagrama está basada en los cuestionarios realizados para establecer la afinidad de cada integrante con cada actividad del PDS?
Pregunta 11	¿Existe algún documento que describa las tareas más representativas o importantes que debe cumplir cada rol?
Pregunta 12	En el momento de selección del PDS más apropiado para la empresa ¿Se creó algún documento que describa el conjunto de características de cada uno de los procesos de desarrollo candidatos para su aplicación en la empresa?
Pregunta 13	¿Existe algún documento que describa al PDS de forma detallada, etapas, actividades y tareas?
Pregunta 14	¿Para cada etapa, actividad y tarea se asignan las herramientas, materiales y en general recursos que se van a ofrecer al implicado en el desarrollo del proyecto? ¿Existe algún documento que contenga toda esta información?
Pregunta 15	¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos a los problemas de Usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?
Pregunta 16	¿De las reuniones realizadas se toman las decisiones y correcciones necesarias para el buen funcionamiento del PDS y de la comunicación entre el grupo de desarrollo y todos los implicados?

Pregunta 17	¿Existe un documento que permita entender a los implicados el PDS si surgen dudas en su aplicación en una etapa, actividad o tarea determinada?
Pregunta 18	¿Se realizan entrevistas periódicas con cada uno de los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes de los miembros con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas?
Pregunta 19	¿Se realizan entrevistas grupales periódicas con los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes de los miembros con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas?
Pregunta 20	¿Existe algún medio de comunicación estandarizado (correo electrónico, grupos de noticias, tableros de anuncios, entre otros) para que los implicados puedan realizar sus comentarios acerca del PDS, ya sean quejas, reclamos, inquietudes, entre otros y de esta forma conocer sus opiniones?

Tabla 35. Objetivo entender comprender y las preguntas relacionadas.

5.1.3. Métricas (Metrics)

Algunos de las preguntas tienen una métrica definida formalmente, la cual se expresa por medio de una fórmula matemática. El valor resultante de aplicar dicha fórmula se analizará en una escala definida para la métrica.

El objetivo de las métricas obtenidas es el de medir el nivel de Usabilidad y Accesibilidad cuantificando cada uno de los cinco (5) Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

Las métricas creadas se pueden enmarcar en “métricas orientadas a las personas“, debido a que proporcionan medidas e información acerca de la forma en que los implicados desarrollan el software y sobre todo el punto de vista humano de la efectividad de las herramientas y métodos [55] [31].

La métrica por si sola permite obtener un valor que puede no expresar la opinión de los implicados. Es por esta razón que adicionalmente se ha obtenido la información ofrecida desde el punto de vista del implicado a través de los comentarios realizados en cada pregunta.

Las métricas de Usabilidad se definen como criterios o variables que son medibles de forma objetiva [54]. Este tipo de métricas se enmarcan en tres grandes grupos:

Efectividad: Variables que permiten medir la exactitud y la plenitud con la que se alcanzan los objetivos de una tarea concreta. Algunas de las variables más típicas son:

- Porcentaje total de tareas completadas.
- Porcentaje de tareas completadas en el primer intento.
- Porcentaje de usuarios que completan las tareas.
- Ratio de éxitos y fracasos.
- Número de veces que los usuarios solicitan ayuda por no saber qué hacer.

Eficiencia: Se refiere al esfuerzo que un usuario tiene que hacer para conseguir un objetivo. Algunas variables típicas son:

- Tiempo empleado en completar cada tarea.
- Porcentaje o número de errores cometidos.
- Porcentaje de errores o problemas según su severidad.

- Tiempo empleado en recuperarse de los errores.
- Número de clicks realizados para completar una tarea.
- Número de páginas visitadas para completar una tarea.
- Tiempo empleado en determinadas páginas o grupos de páginas.
- Porcentaje o número de veces que se acude a ayudas, FAQ o similar.

Satisfacción: Se refiere a aquellas que tienen que ver más con lo emocional o subjetivo. Para medir el grado de satisfacción es posible utilizar criterios como:

- Porcentaje de usuarios que después de utilizar el producto lo recomendaría a un amigo.
- Proporción de adjetivos positivos o negativos que cada usuario da al producto.
- Porcentaje de usuarios que califican el producto más fácil de usar que cualquiera de la competencia directa.
- Número de veces que el usuario expresa satisfacción o insatisfacción.

Los objetivos obtenidos en la encuesta a las empresas se relacionan con los tres grupos como se muestra en la Tabla 36.

Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad	Métricas de Usabilidad
Seguimiento	Efectividad
Adaptabilidad	
Ahorro de tiempo	Eficiencia
Ahorro de recursos	
Entender y comprender	Satisfacción

Tabla 36. Relación de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad con los grupos de métricas de Usabilidad.

5.1.3.1. Métricas de Usabilidad y Accesibilidad Generadas a partir de la Experiencia

En el transcurso de las evaluaciones realizadas a la empresa evaluada no se encontró registros de algunos datos que pueden ayudar a medir la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS.

Las métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas buscan solucionar este problema con la captura de los datos que se requieren para cada una de las métricas que se presentan a continuación (Tabla 37), se busca medir con mayor exactitud la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS.

ID	Nombre	Descripción	Variables	Fórmula
CRA	Control de los recursos asignados.	Llevar un control del grado de éxito en la asignación de recursos por proyecto puede ayudar a mejorar esta tarea y por lo tanto se puede ver reflejado en el Ahorro de recursos y en el ahorro de tiempo.	$NRA =$ Número de recursos asignados $NRU =$ Número de recursos usados	$CRA = \frac{NRU}{NRA}$
CDM	Consistencia del desarrollo según la metodología.	No es óptimo tener un PDS establecido en la empresa pero no seguirlo, o en el caso en que se hayan agregado, modificado o eliminado etapas,	$NAM =$ Número de actividades modificadas $NAT =$ Número total de actividades $NANM =$ Número de actividades no	$NANM = NAT - NAM$ $CDM = \frac{NANM}{NAT} \times 100$

		<p>actividades o tareas en la ejecución de un proyecto, sería pertinente discutir si seguirán formando parte del proceso o no para estandarizarlo. Se puede medir el porcentaje de desvío de la metodología.</p>	<p>modificadas</p>	
IAC	<p>Identificación de las actividades o tareas que puedan causar conflictos.</p>	<p>Es crítico en un PDS tener claro cual o cuales actividades o tareas son conflictivas por distintos problemas, por ejemplo, por recursos requeridos, por tiempo requerido o porque pueden llegar a ser innecesarias.</p>	<p>NAT = Número total de actividades NAI = Número de actividades innecesarias o conflictivas</p>	$IAC = NAI/NAT$
ARO	<p>Asignación de los roles.</p>	<p>La asignación de roles debería basarse en cuestionarios realizados a cada uno de los implicados para determinar el lugar en el que van a alcanzar su mejor desempeño. Cada rol debe tener asignado al menos un cuestionario.</p>	<p>NER = Número de encuestas por rol NR = Número de roles</p>	$ARO = NER/NR$
APA	<p>Asignación de personal nuevo a un área determinada.</p>	<p>La asignación del personal nuevo debería estar acompañada de unos cuestionarios que sustenten la decisión de asignarlo a determinada área. De esta forma al igual que con la métrica anterior (ARO) puede lograr su mejor desempeño.</p>	<p>$NECE$ = Número de empleados contratados encuestados NEC = Número de empleados contratados</p>	$APA = NECE/NEC$
DDI	<p>Documentación en el caso de dudas o inquietudes acerca del proceso.</p>	<p>En el caso de que se presenten dudas o inquietudes por parte de algún implicado en el PDS, sería útil tener un documento base que contenga las dudas o inquietudes más comunes pero de igual forma actualizarlo</p>	<p>NE = Número de errores NAD = Número de accesos al documento</p>	$DDI = NAD/NE$

con las dudas o inquietudes que surgen a lo largo del tiempo.

Tabla 37. Métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas a partir de la experiencia.

5.1.4. Indicadores

Para la creación de los indicadores para las métricas definidas se tomó en cuenta la definición de los *indicadores de evaluación*, teniendo en cuenta que evaluación tiene que ver con el rendimiento que obtenemos de una tarea, trabajo o proceso. Este tipo de indicadores están relacionados con los ratios y/o los métodos que nos ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora [53] [49].

Cada métrica definida para cada una de las preguntas realizadas posee un indicador que permite definir el estado del proceso con respecto a la pregunta y a través de unos procedimientos sencillos se puede establecer el estado general del proceso.

Los valores que pueden tomar las métricas se muestran en la Tabla 38.

Indicador	Descripción
0	<i>Incompleto</i> : El proceso no cumple con la tarea en específico.
1	<i>Mínimo</i> : El proceso cumple con la tarea mínimamente.
2	<i>Definido</i> : El proceso cumple con la tarea, pero no en su totalidad.
3	<i>Optimizado</i> : El proceso cumple con la tarea, además ayuda a mejorar al proceso en el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad en específico.

Tabla 38. Indicadores del estado del proceso con respecto a una pregunta.

El resultado de la evaluación de cada pregunta permitirá realizar las recomendaciones necesarias para mejorar el ítem evaluado.

Para la valoración del PDS con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad según un objetivo en específico se ha identificado un indicador ($UAOx$, donde x es el número del objetivo evaluado) que según los niveles establecidos permite obtener el estado (Tabla 39). De igual forma sucede con la valoración del estado general del PDS con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad (UA como indicador) (Tabla 40).

Indicador	Descripción
$0 \leq UAOx < 1$	El PDS no cumple con el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad evaluado.
$1 \leq UAOx < 2$	El PDS cumple mínimamente con el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad evaluado. Requiere de cambios y ajustes para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del proceso.
$2 \leq UAOx < 3$	El PDS cumple en gran medida con el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad evaluado. Requiere de pequeños cambios y ajustes..
$UAOx = 3$	El PDS es Usable y Accesible desde el punto de vista del objetivo evaluado.

Tabla 39. Indicadores del estado con respecto a un objetivo del proceso.

Indicador	Descripción
$0 \leq UA < 1$	El PDS no es Usable y Accesible.
$1 \leq UA < 2$	El PDS es mínimamente Usable y Accesible.
$2 \leq UA < 3$	El PDS es en gran medida Usable y Accesible. Requiere de pequeños cambios y ajustes para ser un PDS Usable y Accesible.
$UA = 3$	El PDS es Usable y Accesible.

Tabla 40. Indicadores del estado general del proceso.

Con respecto a las métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas a partir de la experiencia, la tabla 41 presenta los indicadores del estado del proceso con respecto a cada una de las métricas.

Fórmula	Indicadores
$CRA = \frac{NRU}{NRA}$	Si $CRA = 1$, Los recursos han sido asignados correctamente $CRA < 1$, Los recursos asignados no fueron totalmente requeridos $CRA > 1$, Los recursos asignados no fueron suficientes
$NANM = NAT - NAM$ $CDM = \frac{NANM}{NAT} \times 100$	Si $CDM = 0\%$, Las actividades han sido modificadas en su totalidad. $CDM = 100\%$, Las actividades fueran realizadas de acuerdo al PDS elegido. $0\% < CDM < 100\%$, Algunas de las actividades modificadas parcialmente.
$IAC = \frac{NAI}{NAT}$	Si $IAC = 0$, Las actividades existentes son necesarias o no presentan conflictos importantes. $0 < IAC \leq 1$, Existen actividades innecesarias o que presentan conflictos importantes.
$ARO = \frac{NER}{NR}$	Si $ARO \geq 1$, Existe al menos un cuestionario por rol. $ARO = 0$, No existen cuestionarios para los roles existentes. $0 < ARO < 1$, Se han creado algunos de los cuestionarios necesarios para evaluar cada uno de los roles existentes.
$APA = \frac{NECE}{NEC}$	Si $APA = 1$, Todos los empleados han sido encuestados para determinar el área en la que puede desempeñarse mejor. $APA = 0$, Ninguno de los empleados ha sido encuestado para determinar el área en la que puede desempeñarse mejor. $0 < APA < 1$, Algunos de los empleados han sido encuestados para determinar el área en la que puede desempeñarse mejor.
$DDI = \frac{NAD}{NE}$	Si $DDI = 0$, No existe el documento o no es posible acceder. $DDI = 1$, Existe el documento y se ha accedido a el cuándo es necesario. $0 < DDI < 1$, Existe el documento y se ha accedido a el cuándo es necesario pero no se han podido solucionar todos los problemas presentados a través del documento.

Tabla 41. Indicadores de las métricas de Usabilidad y Accesibilidad generadas a partir de la experiencia.

5.1.5. Recomendaciones

El resultado de la evaluación de cada una de las preguntas genera una recomendación acorde al valor dado para la pregunta. Las recomendaciones se han realizado con el fin de mejorar en cada uno de los aspectos evaluados y para esto adicionalmente se recomiendan las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad que pueden mejorar cada uno de estos aspectos.

En el Anexo E se encuentran organizadas las recomendaciones de acuerdo a la pregunta y al valor obtenido.

CAPITULO VI. HERRAMIENTA PARA EL SOPORTE DE LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD EN EL PROCESO DE DESARROLLO SOFTWARE

Este capítulo presenta una descripción detallada de las actividades efectuadas para obtener como resultado la aplicación web que brinda el soporte para la evaluación de la Usabilidad y Accesibilidad en el PDS. La herramienta está orientada a la evaluación de los PDS basándose en las preguntas y métricas creadas con el modelo GQM que permiten medir la Usabilidad y Accesibilidad en el PDS. Primero se realiza la descripción de la aplicación, segundo se describen las funcionalidades generales de la aplicación web, tercero se presentan las funcionalidades del sistema y finalmente se describen los actores, casos de uso, diagramas de clase y el modelo de persistencia de forma detallada.

6.1. Aplicación Web Evaluación de Usabilidad y Accesibilidad en los Procesos de Desarrollo software

La aplicación web que da soporte a la evaluación, se define con respecto a los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad obtenidos como resultado de la encuesta realizada a las MiPyMEs Desarrolladoras de Software y las métricas desarrolladas a lo largo del proyecto. El objetivo principal es brindar un medio de captura de los resultados obtenidos de la evaluación realizada en cada empresa. Los resultados deben ser persistentes y la aplicación web debe permitir una vez terminada la evaluación mostrar un resultado aproximado del estado de la Usabilidad y Accesibilidad del PDS.

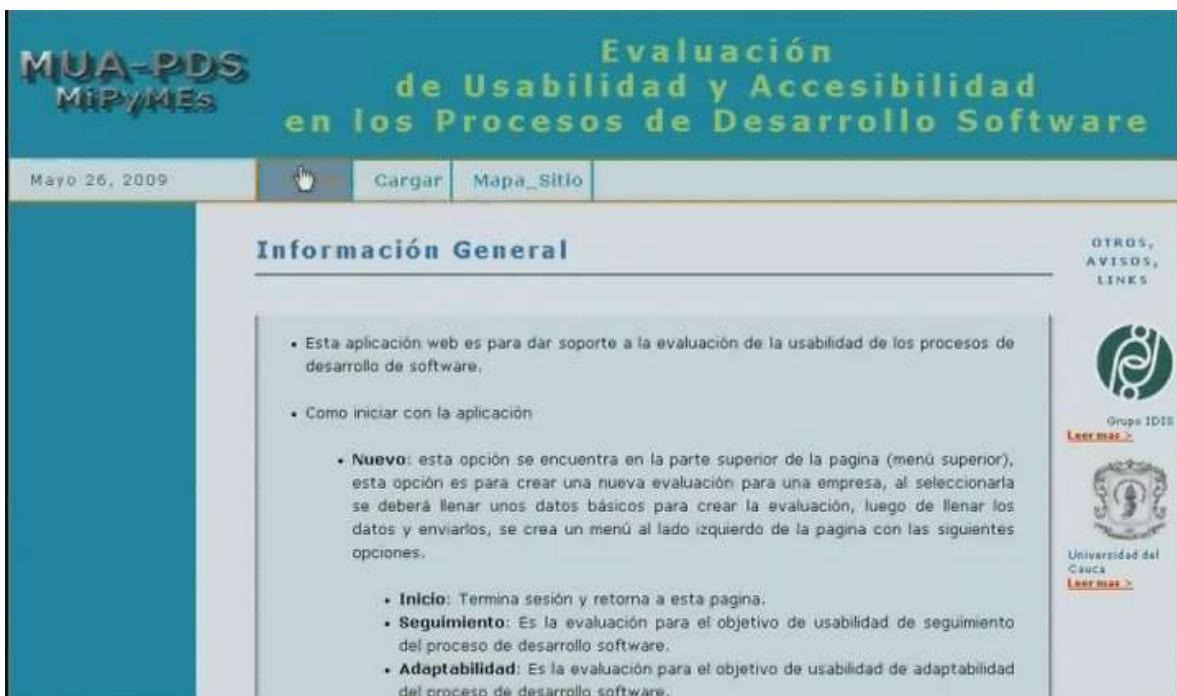


Figura 8. Aplicación Web MUA-PDS

6.2. Funciones Generales de la Aplicación Web

La aplicación web cuenta con las siguientes funciones generales:

- Crear una nueva evaluación. Para la cual se requieren unos datos básicos sobre la empresa a evaluar.
- Llenar la evaluación. Por cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad en el PDS.
- Informe preliminar. Se genera después de terminada la evaluación y en este se muestran algunas recomendaciones si son necesarias.

6.3. Funcionalidades del Sistema

A continuación se presenta un listado de las principales funciones que la aplicación debe proveer (Tabla 42).

En la primera columna se encuentra el índice de referencia del requisito, en la segunda columna se presenta el requisito o la funcionalidad, en la tercera columna está la categoría que puede ser de tres tipos de acuerdo a las definiciones encontradas en [66].

Evidente: Debe realizarse y el usuario debe darse cuenta de que se ha realizado.

Oculto: Debe realizarse aunque no es visible para los usuarios.

Superfluo: Opcionales.

Índice	Funcionalidad	Categoría
R.1	Crear Evaluación	Evidente
R.1.1	Crear Empresa	Evidente
R.1.2	Crear objetivos de Usabilidad y Accesibilidad	Oculto
R.2	Cargar Empresa	Evidente
R.2.1	Cargar Evaluación	Oculto
R.3	Llenar Evaluación	Evidente
R.3.1	Llenar Evaluación para el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad Seguimiento	Evidente
R.3.2	Llenar Evaluación para el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad Adaptabilidad	Evidente
R.3.3	Llenar Evaluación para el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad Ahorro de Tiempo	Evidente
R.3.4	Llenar Evaluación para el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad Ahorro de recursos	Evidente
R.3.5	Llenar Evaluación para el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad entender y comprender El Proceso de Desarrollo	Evidente
R.3.6	Cargar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad	Evidente
R.3.7	Modificar Cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad	Evidente
R.4	Generar informe	Evidente
R.4.1	Generar	Evidente
R.5	Cargar Informe	Evidente
R.5.1	Cargar los Datos de la Evaluación	Oculto

Tabla 42. Requisitos funcionales del sistema.

6.4. Actores

La aplicación web soporta la interacción con los siguientes actores:

- *Evaluador:* Es la persona encargada de realizar la evaluación de Usabilidad y Accesibilidad en el PDS de una empresa. Este actor debe ser capaz de crear una evaluación, cargar una evaluación, llenar la evaluación para cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad, generar y cargar un informe preliminar de la evaluación realizada.

6.5. Diagramas de Casos de Uso

Los diagramas de casos de uso del sistema permiten reflejar la funcionalidad que tendrá el sistema que se va a desarrollar, es decir indican como los actores interactúan con el sistema [66] [67]. El diagrama de casos de uso que se presenta en esta sección muestra una descripción gráfica de lo que pueden realizar los actores del sistema, con este diagrama se puede facilitar el mantenimiento o la adición de futuras funcionalidades, dependiendo de las necesidades que surjan durante la utilización de la aplicación web.

El diagrama de casos de uso que se presenta es muy general destacando principalmente las acciones que el actor (Evaluador) puede ejecutar en la aplicación web (Figura 9).

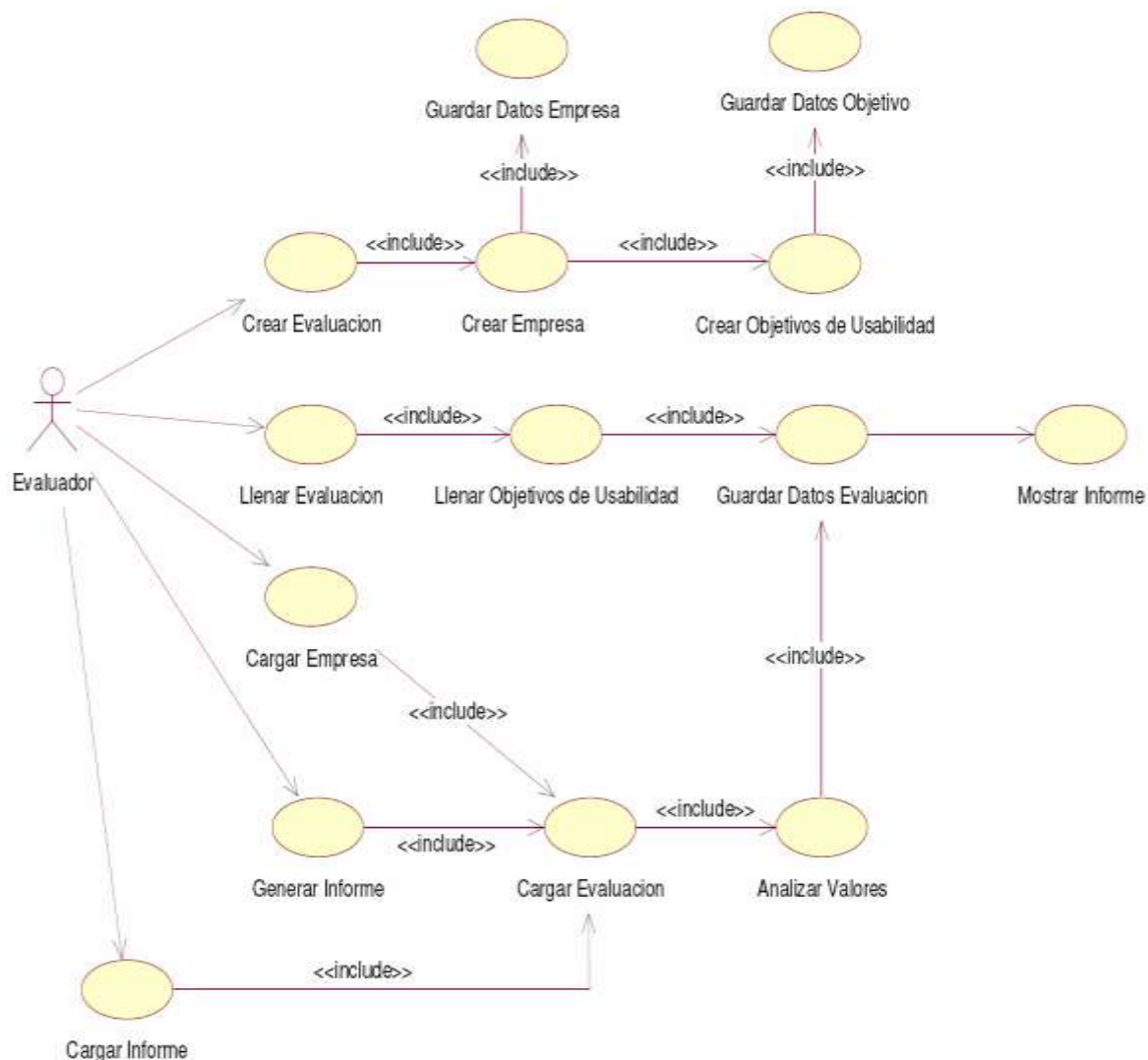


Figura 9. Diagrama de casos de uso.

6.6. Caso de Uso de Alto Nivel

En las siguientes tablas (Tabla 43 – Tabla 56), se realiza una breve descripción de algunos de los casos de uso más importantes presentes en la implementación de la solución.

Caso de uso:	Crear Evaluación
Referencia	R 1
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir crear una nueva evaluación para una empresa.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor realizar la respectiva inicialización de todo los datos necesarios para crear una nueva evaluación
Tipo	Primario

Tabla 43. Caso de uso: crear evaluación.

Caso de uso:	Cargar Empresa
Referencia	R 2
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir cargar los datos de una empresa registrada que previamente se ha evaluado o se va a evaluar.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor cargar los datos necesarios de la empresa, así como todos los datos necesarios para la evaluación. Los datos de la evaluación que se cargan pueden ser los iniciales o datos que ya han sido evaluados.
Tipo	Primario

Tabla 44. Caso de uso: cargar empresa.

Caso de uso:	Llenar Evaluación
Referencia	R 3
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir Llenar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad respectivamente.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor, llenar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad del PDS, así mismo como cargar los datos previamente guardados o modificarlos.
Tipo	Primario

Tabla 45. Caso de uso: llenar evaluación.

Caso de uso:	Generar Informe
Referencia	R 4
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir generar un informe preliminar de la evaluación realiza.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor generar un informe preliminar de la evaluación realiza al PDS, este informe se genera automáticamente por la aplicación web.
Tipo	Primario

Tabla 46. Caso de uso: generar informe.

Caso de uso:	Cargar Informe
Referencia	R 5
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir cargar un informe que ha sido generado.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor cargar el informe preliminar que ha sido generado por la aplicación web.
Tipo	Primario

Tabla 47. Caso de uso: cargar informe.

Caso de uso:	Crear Empresa
Referencia	R 1.1
Actores:	Evaluador

Propósito:	Permitir almacenar los datos de una empresa.
Descripción:	Mediante este caso de uso se guardan los datos de la empresa a evaluar, este caso de uso se ejecuta por medio del caso de uso Crear Evaluación.
Tipo	Primario

Tabla 48. Caso de uso: crear empresa.

Caso de uso:	Crear Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad
Referencia	R 1.2
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir inicializar los valores y datos de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Descripción:	Mediante este caso de uso se realiza la respectiva inicialización de los valores y datos de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad, necesario para realizar la evaluación.
Tipo	Primario

Tabla 49. Caso de uso: crear Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

Caso de uso:	Guardar Datos Empresa
Referencia	R 1, R1.1
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permite almacenar los datos de una empresa
Descripción:	Mediante este caso de uso se almacenan en la base de datos los datos de la empresa a la que se va a evaluar.
Tipo	Primario

Tabla 50. Caso de uso: guardar datos empresa.

Caso de uso:	Guardar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad
Referencia	R 1, R1.2
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permite almacenar los valores y datos inicializados de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Descripción:	Mediante este caso de uso se almacenan en la base de datos todos los valores y datos iniciales requeridos para cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Tipo	Primario

Tabla 51. Caso de uso: guardar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

Caso de uso:	Cargar Evaluación
Referencia	R 2, R 4. R 5
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permite cargar los datos y valores de una evaluación para una empresa.
Descripción:	Mediante este caso de uso se carga en la aplicación los datos y valores de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Tipo	Primario

Tabla 52. Caso de uso: cargar evaluación.

Caso de uso:	Llenar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad
Referencia	R 3.1, R 3.2, R 3.3, R 3.4, R 3.5, R 3.6, R.7
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir llenar el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad específico, cargar y modificar los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor realizar la evaluación por el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad seleccionado permitiendo llenar los datos de las diferentes preguntas para el objetivo. Permite al actor cargar y

Tipo	modificar los valores y datos de los objetivos Primario
-------------	--

Tabla 53. Caso de uso: llenar Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

Caso de uso:	Guardar Datos Evaluación
Referencia	R 3, R 4
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir Guardar los datos del Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad y los datos generales de la evaluación.
Descripción:	Mediante este caso de uso se guardan los datos y valores que se han llenado en el Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad y los datos generales de la evaluación.
Tipo	Primario

Tabla 54. Caso de uso: guardar datos evaluación.

Caso de uso:	Analizar Valores
Referencia	R 4
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir analizar los valores almacenados en cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.
Descripción:	Mediante este caso de uso se analizan los valores almacenados en la evaluación de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad para realizar unos cálculos que permitan establecer los valores preliminares para el resultado de la evaluación.
Tipo	Primario

Tabla 55. Caso de uso: analizar valores.

Caso de uso:	Mostrar Informe
Referencia	R 4
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir cargar los datos del informe preliminar
Descripción:	Mediante este caso de uso se cargan a la aplicación todos los valores y datos necesarios que han sido calculados y almacenados en el proceso de evaluación y generación del informe preliminar.
Tipo	Primario

Tabla 56. Caso de uso: mostrar informe.

6.7. Casos de Uso en Formato Extendido

A continuación, se detallan los casos de uso real y el curso normal de los eventos para los casos de uso más relevantes del diagrama (Tabla 57 – Tabla 61).

Caso de uso:	Crear Evaluación	
Referencia	R 1	
Actores:	Evaluador	
Propósito:	Permitir crear una nueva evaluación para una empresa.	
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor realizar la respectiva inicialización de todos los datos necesarios para crear una nueva evaluación.	
Tipo	Primario	
Curso normal de los eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. El caso de uso es activado cuando el usuario sigue el vínculo "Nuevo" del menú superior de la página principal.	2. Se presenta el formulario de ingreso de los datos necesarios para crear una nueva evaluación. Los campos del formulario son "Nombre Empresa",	

	“Email Empresa”, “Login”, “Contraseña”.
3. El actor llena los datos solicitados y presiona el botón “Siguiente” para insertar los datos en la aplicación.	4. Se realiza una verificación de los datos, si los datos son correctos se almacenan los datos enviados en la Base de Datos y se muestra un formulario con el resumen de los datos, un mensaje de éxito y se habilita el menú para llenar la evaluación. En caso de que los datos no sean correctos muestra un mensaje de error.

Tabla 57. Caso de uso en formato extendido: crear evaluación.

Caso de uso:	Cargar Empresa
Referencia	R 2
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir cargar los datos de una empresa registrada que previamente se ha evaluado o se va a evaluar.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor cargar los datos necesarios de la empresa, así como todos los datos necesarios para la evaluación. Los datos de la evaluación que se cargan pueden ser los iniciales o datos que ya han sido evaluados.
Tipo	Primario
Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. El caso de uso es activado cuando el usuario sigue el vínculo “Cargar” del menú superior de página principal.	2. Se presenta el formulario de ingreso de los datos necesarios para cargar los datos de la empresa y su evaluación. Los campos del formulario son “Login” y “Contraseña”.
3. El actor llena los datos solicitados y presiona el botón “Cargar” para solicitar la carga de los datos.	4. Se realiza una verificación de los datos, si los datos son correctos se muestra la información de la empresa y un mensaje de éxito.

Tabla 58. Caso de uso en formato extendido: cargar empresa.

Caso de uso:	Llenar Evaluación
Referencia	R 3
Actores:	Evaluador
Propósito:	Permitir Llenar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad respectivamente.
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor, llenar cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad del PDS y de igual forma cargar los datos previamente guardados y modificarlos.
Tipo	Primario
Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. El caso de uso es activado cuando el usuario sigue uno de los vínculos del menú del lado izquierdo cuando se ha cargado o se ha creado una nueva evaluación. Los vínculos son “Seguimiento”, “Adaptabilidad”, “Ahorro Tiempo”, “Ahorro Recursos”, “Entender Comprender”.	2. Se presenta el formulario en el cual se muestra la pregunta relacionada con el objetivo a evaluar, unos niveles de valoración y el campo “comentarios”.
3. El actor llena los datos solicitados y presiona el botón “Siguiente” para llenar otra de las preguntas del objetivo a evaluar.	4. Se almacenan los datos ingresados en las respectivas tablas de persistencia, y se muestra de nuevo el formulario del paso 2 en el caso de que existan preguntas por responder. De lo contrario se muestra un mensaje de finalización.

Tabla 59. Caso de uso en formato extendido: llenar evaluación.

Caso de uso:	Generar Informe	
Referencia	R 4	
Actores:	Evaluador	
Propósito:	Permitir generar un informe preliminar de la evaluación realiza.	
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor generar un informe preliminar de la evaluación realiza al PDS, este informe se genera automáticamente por la aplicación web	
Tipo	Primario	
Curso normal de los eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. El caso de uso es activado cuando el usuario sigue el vínculo "Informe" del menú superior de la página Web.	2. Se presenta el formulario en el cual se muestran dos botones: "Generar" y "Cargar"	
3. El actor selecciona el botón "Generar".	4. Se muestra información resumida del cumplimiento de los objetivos. Se muestra un menú de vínculos para ver un informe preliminar de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.	
5. El actor selecciona uno de los vínculos para ver un informe preliminar del Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad. Los vínculos son "Seguimiento", "Adaptabilidad", "Tiempo", "Recursos" y "Entender Comprender".	6. Se muestra un formulario con la pregunta, el valor dado a la pregunta, los comentarios hechos y las recomendaciones para mejorar.	

Tabla 60. Caso de uso en formato extendido: generar informe.

Caso de uso:	Cargar Informe	
Referencia	R 5	
Actores:	Evaluador	
Propósito:	Permitir cargar un informe que ha sido generado.	
Descripción:	Mediante este caso de uso se le permite al actor cargar el informe preliminar que ha sido generado por la aplicación web.	
Tipo	Primario	
Curso normal de los eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. El caso de uso es activado cuando el usuario sigue el vínculo "Informe" del menú superior de la página Web.	2. Se presenta el formulario en el cual se muestran dos botones: "Generar" y "Cargar"	
3. El actor selecciona el botón "Cargar".	4. Se muestra información en resumen del cumplimiento de los objetivos. Se muestra un menú de vínculos para ver un informe preliminar de cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.	
5. El actor selecciona uno de los vínculos para ver un informe preliminar del Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad. Los vínculos son "Seguimiento", "Adaptabilidad", "Tiempo", "Recursos" y "Entender Comprender".	6. Se muestra un formulario con la pregunta, el valor dado a la pregunta, los comentarios hechos y las recomendaciones para mejorar.	

Tabla 61. Caso de uso en formato extendido: cargar informe.

6.8. Diagrama de Clases para la Aplicación Web

Un diagrama de clases permite describir de manera gráfica las especificaciones de las clases de software en una aplicación [73]. El diagrama de clases que se presenta a continuación se enfoca en el modelado de la aplicación web. Para realizar el modelo se ha utilizado la extensión para UML WAE (Web Application Extensión) [67] que permite modelar elementos de la arquitectura específicos de la Web. El diagrama de la Figura 10 ilustra todos los elementos que están relacionados con la evaluación de uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad (Seguimiento)

con el fin de hacer más comprensible el diagrama. En el Anexo F se presenta el diagrama completo.

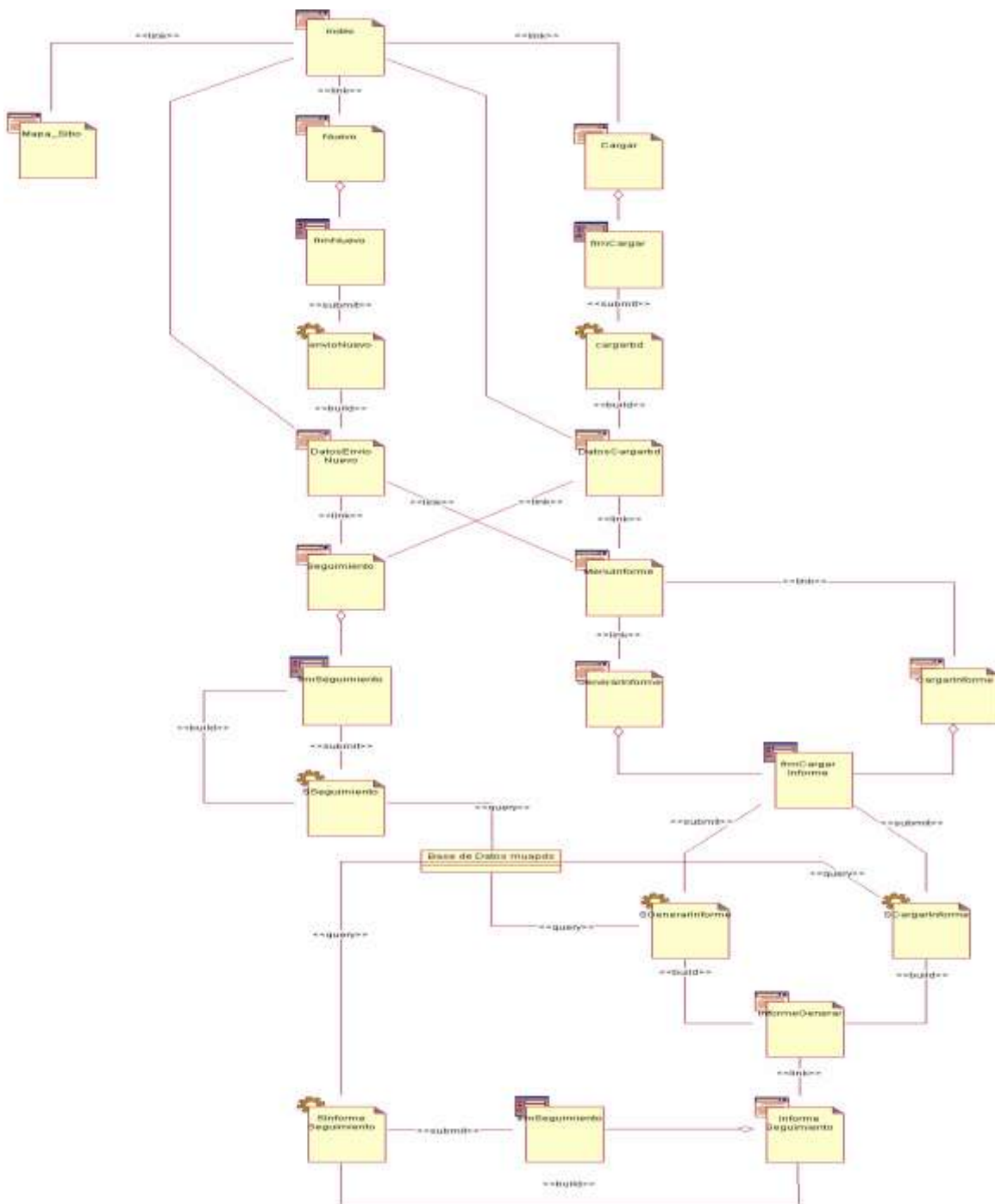


Figura 10. Diagrama de clases para la aplicación web.

6.9. Diagramas de Secuencia

Los diagramas de secuencia explican el trayecto de los eventos de un caso de uso, los demás actores que interactúan con el sistema y los eventos que originan los actores en esa interacción

[67]. A continuación se presentan los diagramas de secuencia de los casos de uso Crear Evaluación, Cargar Empresa, Llenar Evaluación y Generar Informe (Figura 11 – Figura 14).

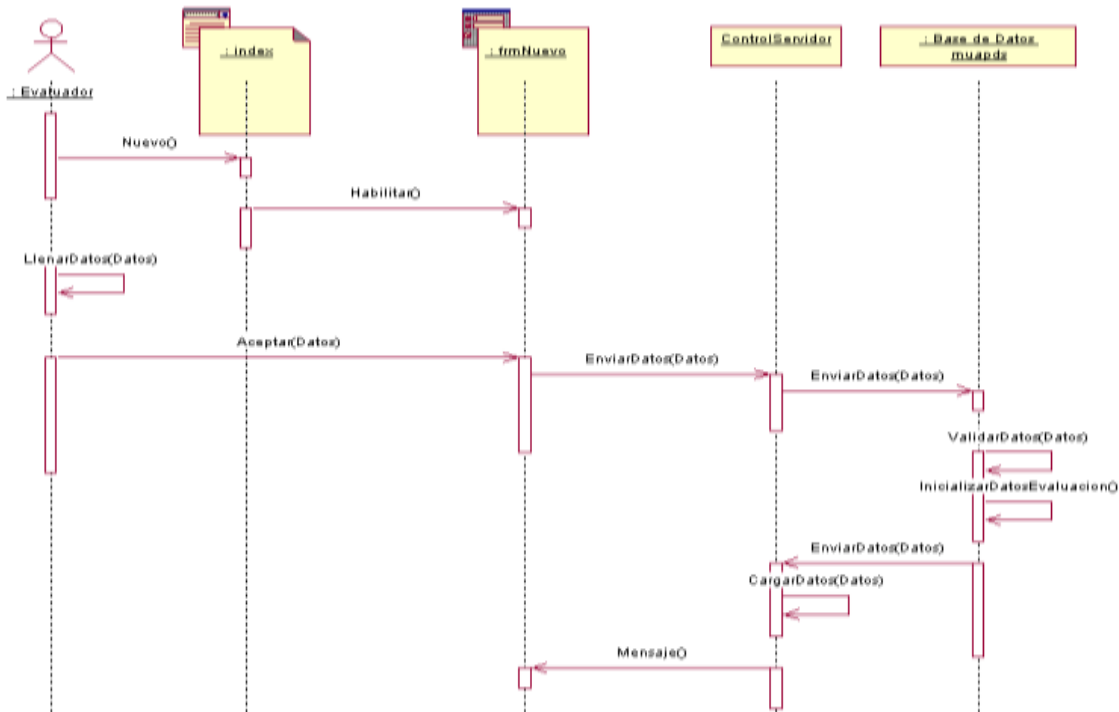


Figura 11. Diagrama de secuencia: crear evaluación.

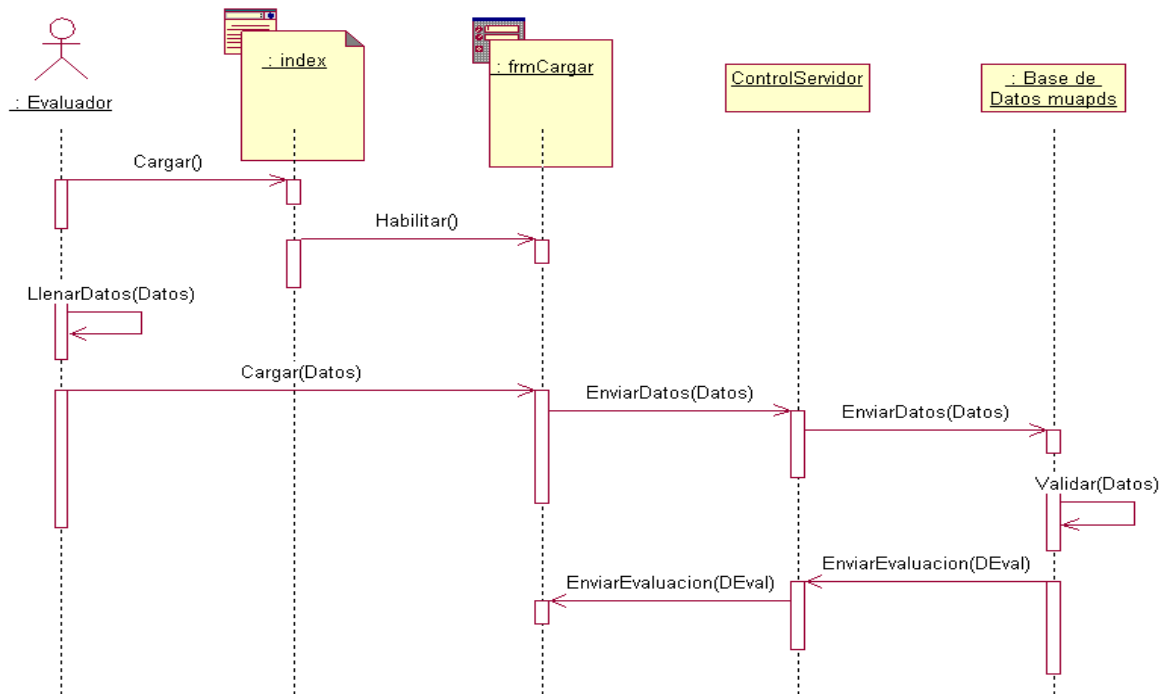


Figura 12. Diagrama de secuencia: cargar empresa.

El siguiente diagrama de secuencia se ilustra para el caso de llenar la evaluación con un solo Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad (Seguimiento). Se ha tomado este diagrama como ejemplo debido a que el proceso es similar para cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad.

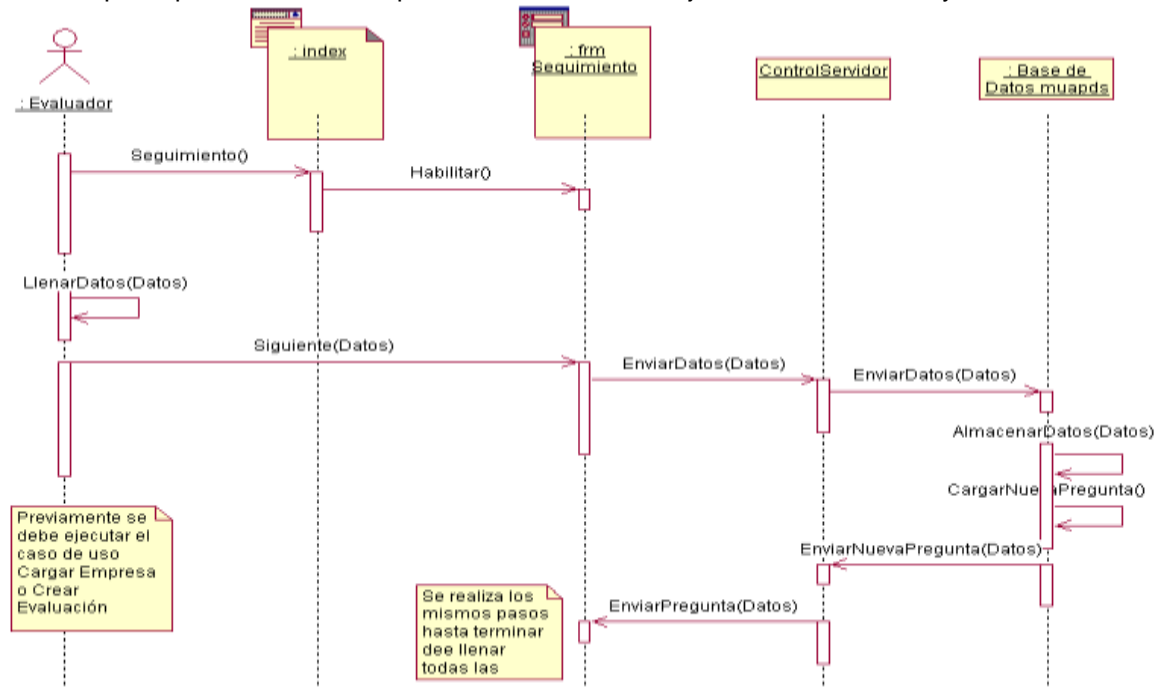


Figura 13. Diagrama de secuencia: llenar evaluación.

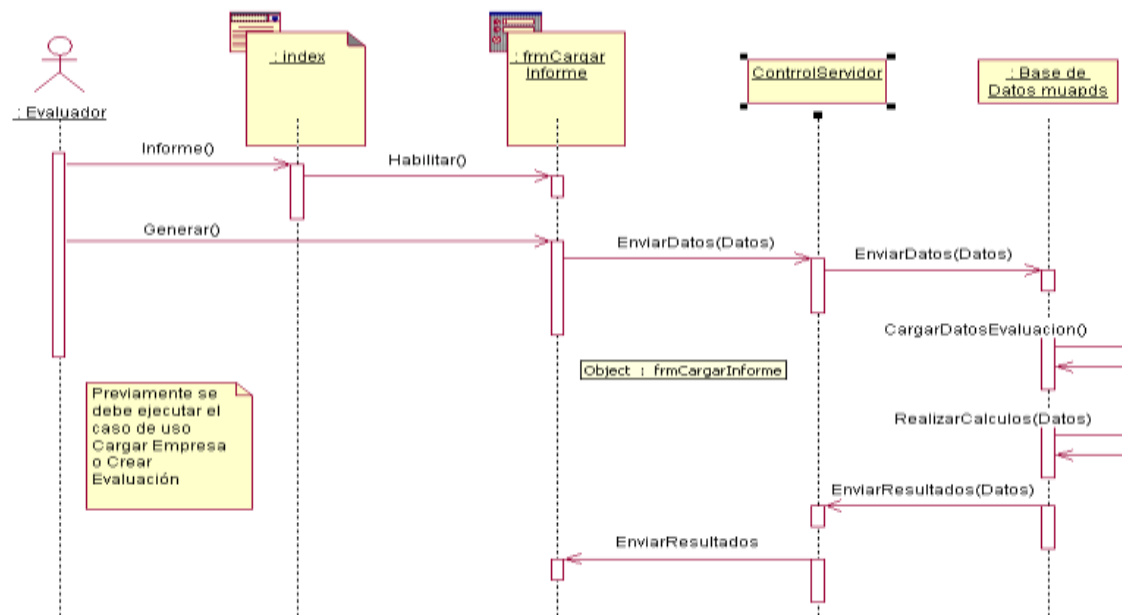


Figura 14. Diagrama de secuencia: generar informe.

6.10. Modelo de Persistencia

El propósito de la siguiente figura es representar el modelo Entidad-Relación (MER), en donde se detallan los objetos de datos y sus relaciones, para el almacenamiento de los datos y valores manejados en la aplicación web (Figura 14).

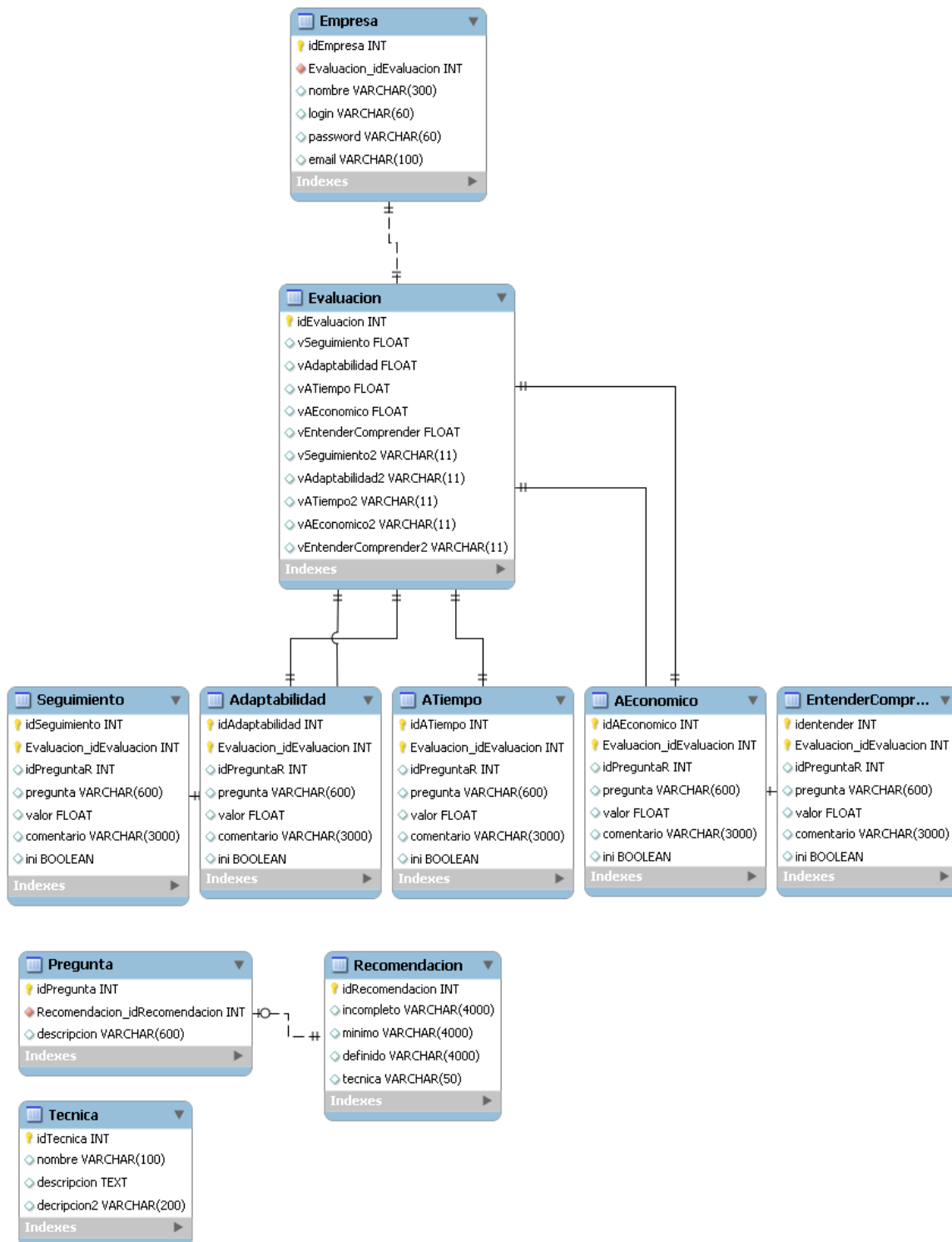


Figura 15. Modelo de persistencia.

CAPITULO VII. CASOS DE ESTUDIO

Este capítulo refleja el proceso llevado a cabo en la realización de los casos de estudio, con el fin de valorar y evaluar la aplicación del método de evaluación de la Usabilidad y la Accesibilidad de los PDS. Inicialmente se describe la empresa seleccionada para el caso de estudio y los resultados de su estado en la valoración con respecto a los objetivos de Usabilidad y Accesibilidad propuestos. A partir de este punto detalla las sugerencias dadas a la empresa para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad de su PDS y por último se realiza una evaluación para determinar el estado posterior de acuerdo a las sugerencias.

7.1. Unisoft Colombia Ltda.

UNISOFT COLOMBIA LTDA [68] es una empresa colombiana que nace del fruto del trabajo de varios años de desarrollo de aplicaciones creadas para satisfacer las necesidades sentidas en diferentes sectores. Se constituye en el año 2001 como una empresa unipersonal bajo el nombre UNISOFT, prestadora de servicios en el área de la informática, y en el año 2002 integra su portafolio de productos ofreciéndolos al mercado; en este mismo año comercializa "ACADÉMICO", un producto para establecimientos educativos, ganando imagen y confianza por parte de sus clientes. En el año 2003 sale al mercado "NÓMINA", un producto que se constituye como uno de los mayores logros por cuanto aplica diversos conceptos de ingeniería y procesos, y utiliza herramientas de desarrollo y motores de bases de datos de última generación. Después de cuatro años de un continuo y arduo trabajo UNISOFT logra posicionarse con "ACADÉMICO" tanto en la comercialización del producto como en el servicio de procesamiento de datos. El servicio postventa personalizado y oportuno ofrecido a los clientes se constituye en uno de los factores claves de éxito de la empresa.

Hacia el año 2005 UNISOFT se transforma en UNISOFT COLOMBIA LTDA, asumiendo la responsabilidad adquirida y continuando con la labor en cumplimiento de su misión. En Julio de 2006 UNISOFT COLOMBIA solicita el registro de la marca "ACADÉMICO" a la Superintendencia de Industria y Comercio, encontrándose actualmente en trámite. Una vez sea obtenido el certificado respectivo el propósito es hacer la correspondiente solicitud de reconocimiento de marca ante la Comunidad Andina de Naciones (CAN).

Desde su constitución como sociedad limitada la empresa ha hecho todo el esfuerzo posible para ajustarse a normas internacionales, trabajando en una primera fase con estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, quienes realizaron su trabajo de grado desde finales del año 2005 y durante todo el año 2006, con el propósito de implementar procesos de calidad con base en el modelo de referencia CMMI, y haciendo uso de los modelos de evaluación y de mejora SCAMPI y AGILE SPI respectivamente.

Actualmente sigue mejorando y desarrollando nuevos productos para el sector educativo haciendo uso de los conocimientos adquiridos, bajo un modelo de desarrollo continuo e iterativo, con especial interés en la prestación de un buen servicio post-venta.

UNISOFT COLOMBIA cuenta con un equipo humano calificado, comprometido, dispuesto a ofrecer sus capacidades y conocimientos en pro del bienestar de la empresa y del cliente. Además cuenta con la última tecnología en equipos de cómputo y en productos software, los cuales son vitales para el óptimo cumplimiento de sus objetivos. UNISOFT COLOMBIA sigue trabajando día a día para hacer de sí misma una empresa reconocida por la calidad de sus productos y servicios y lograr así un posicionamiento en el mercado local, regional y nacional; estará siempre a la vanguardia de la tecnología necesaria para el desarrollo y actualización de sus productos y servicios, los que le permitirán brindar siempre a sus clientes soluciones reales y óptimas a las necesidades que conlleva el procesamiento de su información.

7.2. Valoración en el Caso de Estudio

Antes de pensar en un PDS Usable y Accesible es necesario realizar una valoración del estado en el que se encuentra la empresa antes de conocer las recomendaciones para el logro de este objetivo.

Inicialmente se suministró una documentación de soporte para que la empresa consultará en cualquier momento la información del método de evaluación a realizar y de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad orientadas a PDS teniendo en cuenta que previamente tenían conocimiento de las técnicas pero en su forma original (orientadas a productos software). La documentación se derivó en dos aspectos: la realización de una página Web con información relacionada con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad definidos y el conjunto de técnicas que se han tomado en cuenta para la evaluación, al igual que un documento que describe cada una de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad en el caso de no poder acceder a la página Web.

A partir de la entrega de la documentación de soporte, se realizó en la empresa una capacitación acerca del proceso de redefinición de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad y el método de evaluación que se llevaría a cabo.

7.3. Evaluación en el Caso de Estudio

Para conocer el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS existente es pertinente realizar una evaluación de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad definidos para establecer una valoración preliminar. Esto se consiguió a partir de la implementación y posterior utilización de la aplicación Web descrita en el capítulo anterior.

A través de la aplicación Web se evaluaron cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad planteados mediante las preguntas asignadas a cada objetivo. Una vez obtenido el resultado de la evaluación y por consiguiente el estado del proceso según cada uno de los objetivos, se realizaron las recomendaciones adecuadas para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS con respecto a cada pregunta y por consiguiente a cada objetivo.

Adicionalmente se recomienda una técnica que pueda mejorar o incrementar la Usabilidad y Accesibilidad para cada una de las preguntas que la requieran.

A continuación se describe los resultados obtenidos en la empresa. Para una mejor comprensión, primero se muestra la valoración del estado de la empresa con respecto al grado de Usabilidad y Accesibilidad existente según cada uno de los objetivos, segundo, las recomendaciones realizadas por cada una de las preguntas, finalmente las técnicas sugeridas para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad existente en el PDS.

7.4. Caso de Estudio: Unisoft Colombia Ltda.

7.4.1. Valoración

La evaluación realizada en Unisoft Colombia Ltda. contó con la colaboración del director del departamento de desarrollo Martin Lara y la desarrolladora Victoria Sánchez, quien entró a formar parte de la empresa actualmente. Victoria Sánchez estará a cargo de gestionar la comunicación entre los integrantes del presente trabajo y el director y estará encargada de las mejoras realizadas.

Los resultados obtenidos para este caso de estudio muestran que el PDS cumple mínimamente con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad evaluados (valoración promedio 1,84). Requiere de cambios y ajustes para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del proceso, pero están cerca de una valoración dos (2), lo cual indicaría que están cerca de tener un PDS que cumple en

gran medida con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad evaluados. El PDS estaría a puertas de ser un PDS Usable y Accesible (Figura 16).

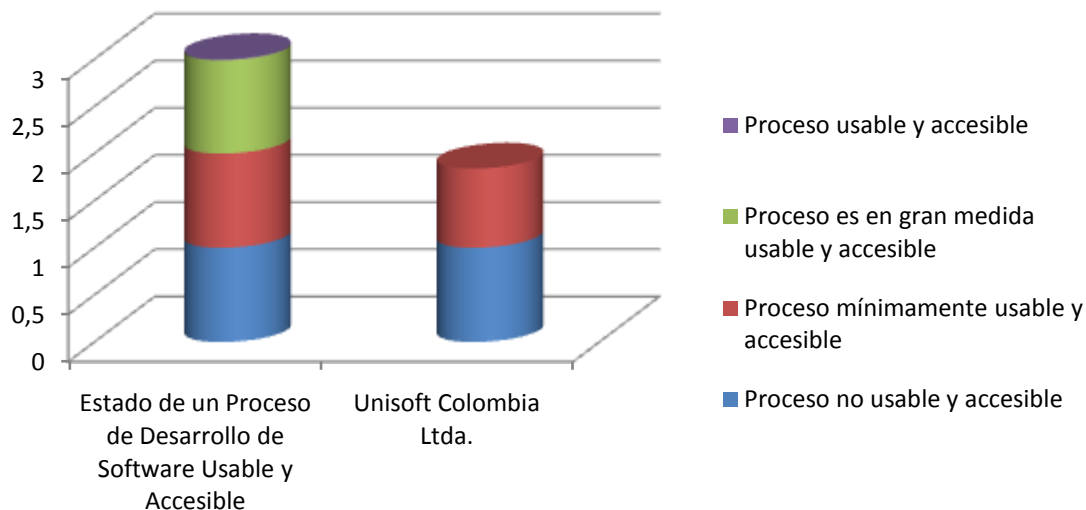


Figura 16. Estado del PDS de la empresa Unisoft Colombia Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.

En el Anexo G se ilustra con mayor detalle el resultado obtenido en la valoración inicial de la empresa Unisoft Colombia Ltda. con respecto a cada uno de los objetivos y las preguntas realizadas para cada uno.

Unisoft Colombia Ltda. Se destaca por ser una empresa preocupada por el constante cambio a favor de la empresa y de sus clientes.

- Tiene una constante preocupación en la forma como el usuario utiliza sus productos.
- Mejora constante en las funcionalidades de sus productos para obtener tareas de usuarios rápidas y sencillas que incremente la aceptación de los mismos en el mercado académico.
- Interés en la conexión con la academia como medio para mejorar continuamente su empresa.
- Cuenta con un proceso definido, más no totalmente documentado.
- Cuenta con una herramienta propia para la gestión de requisitos.
- Realiza una adecuada gestión de las sugerencias de los usuarios para categorizar aquellas que pueden mejorar sus productos.

7.4.1.1. Recomendaciones y Técnicas Recomendadas

Las recomendaciones realizadas para el cumplimiento de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad están dirigidas a cada una de las preguntas que no satisfacen el mayor nivel de valoración con respecto al objetivo evaluado. En el Anexo G se encuentran cada uno de los objetivos, las preguntas asociadas y las recomendaciones según el valor que tomó cada una de las preguntas en la evaluación realizada a la empresa Unisoft Colombia Ltda.

La empresa Unisoft Colombia Ltda. en su afán de mejorar ha implementado un conjunto de técnicas que han permitido obtener el resultado de la valoración inicial presentado en la sección anterior. Aunque no tienen conocimientos formales de las técnicas, la aplicación de estas se ha realizado con éxito. Algunas de las técnicas implementadas son imprescindibles para incrementar

el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS debido a que son requeridas en algunas de las preguntas que tuvieron valores inferiores a (3) tres.

Unisoft Colombia Ltda. ha implementado (3) tres técnicas totalmente y (3) tres técnicas han sido implementadas parcialmente para cumplir con (3) tres de las preguntas realizadas a lo largo de la evaluación (Tabla 62).

Totalmente Implementadas	Parcialmente Implementadas
Análisis Competitivo	Arboles de Menús
Pensar en Voz Alta	Investigación Contextual
Retroalimentación de Usuario	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso

Tabla 62. Técnicas implementadas en la empresa Unisoft Colombia Ltda.

Las técnicas que se requieren para lograr que el PDS de la empresa Unisoft Colombia Ltda. sea Usable y Accesible se muestran en la Tabla 63.

Objetivo	Técnica
Seguimiento	Arboles de Menús
	Card Sorting
	Inspecciones Colaborativas
	Inspecciones de Consistencia
	Modelo del Contenido
Adaptabilidad	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Diagramas de Afinidad
	Entrevistas
	Mapa de Roles
	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Ahorro de tiempo	Perfiles de Usuario
	Card Sorting
	Diagrama de Afinidad
	Entrevistas
	Mapa de Roles
Ahorro de recursos	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Card Sorting
	Entrevistas
	Escenarios de Tarea
	Modelo del Contenido
Entender y Comprender	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Árboles de Menú
	Diagramas de Afinidad
	Entrevistas
	Escenarios de Tareas
	Investigación Contextual
	Mapa de Roles
	Modelo del Contenido
	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Perfiles de Usuario

Tabla 63. Técnicas recomendadas para la empresa Unisoft Colombia Ltda.

7.4.2. Evaluación

Después de realizar la reunión con Unisoft Colombia Ltda. para discutir las técnicas recomendadas, la empresa decidió implementar las técnicas recomendadas que obedecen a las preguntas que se muestran en la Tabla 64, teniendo en cuenta las capacidades y necesidades de la empresa. El personal y el tiempo con que se contó fue determinante en este proceso.

Pregunta	Técnica
¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados en el PDS?	Card Sorting
Después de la realización de cada proyecto. ¿Existe algún espacio para la discusión de los problemas presentados a lo largo de la realización del proyecto?	Diagrama de Afinidad
¿Existe un documento que describa las habilidades, aptitudes y demás características que se requieren de un implicado para formar parte de una etapa, actividad o tarea?	Perfiles de Usuario
¿La asignación de los roles dentro del diagrama está basada en los cuestionarios realizados para establecer la afinidad de cada integrante con cada actividad del PDS?	Mapa de Roles
¿Existe algún documento que contenga la representación grafica de los roles y responsabilidades de cada uno junto con la relación existente entre ellos?	Mapa de Roles

Tabla 64. Técnicas recomendadas e implementadas.

Después de que la empresa implementó las técnicas que se muestran en la Tabla 64, se realizó la evaluación para determinar si se ha mejorado en cuanto a los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad. En la Figura 17 se muestra los valores de la evaluación previa y los valores obtenidos en la evaluación final. Los resultados obtenidos para el caso de estudio muestran que el PDS cumple en gran medida con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad pero aún requiere de cambios y ajustes para ser un PDS Usable y Accesible (valoración promedio 2,11).

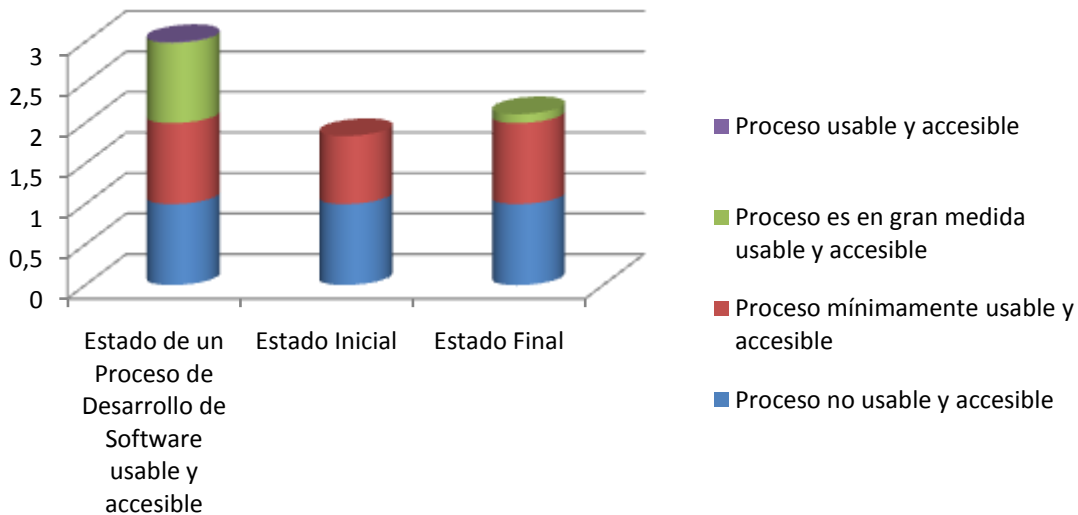


Figura 17. Estado final del PDS de la empresa Unisoft Colombia Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.

El resultado detallado de la valoración final se encuentra en el Anexo G.

Unisoft Colombia Ltda. en este momento no puede ocuparse en la mejora de objetivos como ahorro en recursos o entender y comprender debido que se encuentra atravesando una situación de cambios y de ajustes que no le permiten trabajar profundamente en estos objetivos. La empresa busca una estabilización para pensar en mejorar en los objetivos anteriormente mencionados, pero el compromiso de mejora sigue vigente desde el director de la empresa hasta la secretaria.

En este caso de estudio se ha evidenciado la mejora realizada por la empresa con respecto a la valoración inicial pero existe el deseo por parte de la empresa de continuar mejorando cada día para posicionarse como una de las mejores empresas en su área haciendo un claro énfasis en el mayor de sus objetivos, un cliente satisfecho.

7.5. Seratic Ltda.

Seratic Ltda. es una compañía que ofrece soluciones móviles en el ámbito empresarial y del entretenimiento. Desde la perspectiva empresarial, Seratic Ltda. le permite llevar su compañía en las manos, garantizándole tener su información de forma confiable, segura y confidencial en el lugar donde usted o su compañía lo requieran. Seratic Ltda. con su línea de entretenimiento ofrece aplicaciones innovadoras, con capacidades de personalización y atractivo contenido multimedia para una amplia gama de dispositivos móviles. Las soluciones tecnológicas que Seratic Ltda. ofrece se respaldan por el trabajo, conocimiento e idoneidad de un equipo de profesionales comprometidos con la generación de conocimiento aplicado, como resultado de la investigación continua en el estado y proyección de las tecnologías móviles.

7.6. Valoración en el Caso de Estudio

Al igual que en el caso de estudio anterior, antes de pensar en un PDS usable y accesible es necesario realizar una valoración del estado en el que se encuentra la empresa.

En la primera reunión se hizo la respectiva socialización del proyecto mediante un dialogo informal, una presentación de la forma en que se realizó el proyecto y una documentación de soporte para que la empresa consultará en cualquier momento la información del método de evaluación a realizar y de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad orientadas a PDS teniendo en cuenta que a diferencia de la empresa Seratic Ltda. no tenían conocimiento de las técnicas.

En la siguiente reunión se llevo a cabo el proceso de valoración inicial de la empresa.

7.7. Evaluación en el Caso de Estudio

De igual forma, a través de la aplicación Web se evaluaron cada uno de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad planteados mediante las preguntas asignadas a cada objetivo. Una vez obtenido el resultado de la evaluación y por consiguiente el estado del proceso según cada uno de los objetivos, se realizaron las recomendaciones adecuadas para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS con respecto a cada pregunta y objetivo.

Adicionalmente se recomendó una técnica que puede mejorar o incrementar la Usabilidad y Accesibilidad para cada una de las preguntas que la requieran.

A continuación se describe los resultados obtenidos en la empresa. Para una mejor comprensión, primero se muestra la valoración del estado de la empresa con respecto al grado de Usabilidad y Accesibilidad existente según cada uno de los objetivos, segundo, las recomendaciones realizadas por cada una de las preguntas, finalmente las técnicas sugeridas para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad existente en el PDS.

7.8. Caso de Estudio: Seratic Ltda.

7.8.1. Valoración

La evaluación realizada en Seratic Ltda. contó con la colaboración de una de las personas fundadoras y socia de la empresa, Claudia Patricia Acevedo Domínguez.

Los resultados obtenidos para este caso de estudio muestran que el PDS cumple mínimamente con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad evaluados (valoración promedio 1,95). Requiere de cambios y ajustes para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del proceso, pero están cerca de una valoración dos (2), lo cual indicaría que están cerca de tener un PDS que cumple en gran medida con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad evaluados. El PDS estaría a puertas de ser un PDS usable y accesible al igual que lo sucedido con Seratic Ltda (Figura 18).

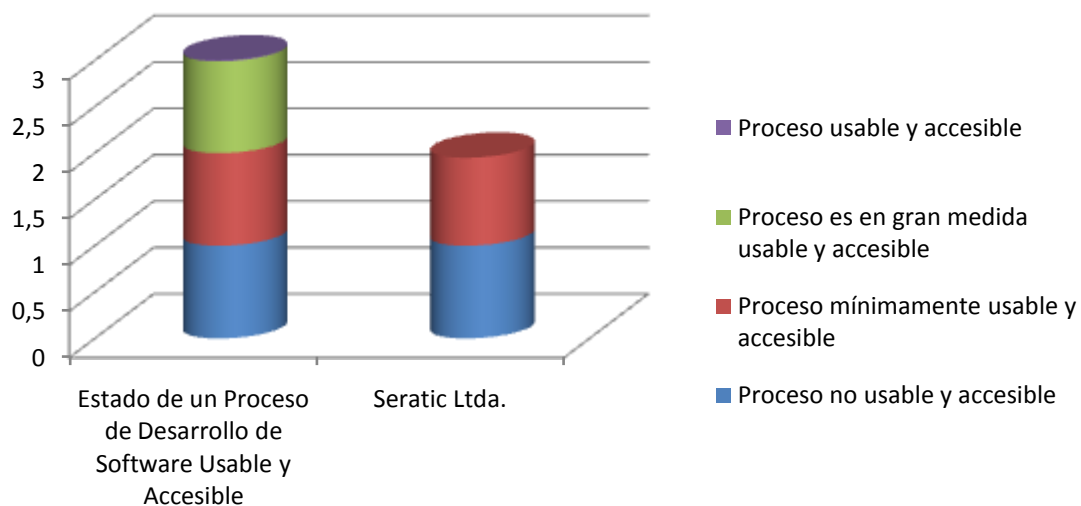


Figura 18. Estado del PDS de la empresa Seratic Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.

Al igual que en el caso de estudio anterior, en el Anexo H se ilustra con mayor detalle el resultado obtenido en la valoración inicial de la empresa Seratic Ltda. con respecto a cada uno de los objetivos y las preguntas realizadas para cada uno.

Seratic Ltda. se destaca por ser una empresa preocupada por el constante cambio a favor de la empresa y de sus clientes, por tal razón han adoptado una metodología de PDS ágil denominada “Metodología de Referencia para el Desarrollo de Soluciones Móviles” la cual fue desarrollado por dos de sus fundadores y socios que les permite ser adaptada a las necesidades de la empresa.

- Cuenta con un proceso definido, totalmente documentado.
- Su preocupación por mejorar los ha llevado a la implementación de dos ciclos de mejora y con base a sus necesidades están adaptando su PDS.

7.8.1.1. Recomendaciones y Técnicas Recomendadas

Las recomendaciones realizadas para el cumplimiento de los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad están dirigidas a cada una de las preguntas que no cumplen con el objetivo evaluado. En el Anexo H se encuentran cada uno de los objetivos, las preguntas asociadas y las

recomendaciones según el valor que tomó cada una de las preguntas en la evaluación realizada a la empresa Seratic Ltda.

La empresa Seratic Ltda. gracias a su empeño en desarrollar una metodología de PDS ágil ha logrado implementar un conjunto amplio de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad sin tener conocimiento de estas. Aunque no tienen conocimientos formales de las técnicas, la aplicación de estas se ha realizado con éxito. Algunas de las técnicas implementadas son imprescindibles para incrementar el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS debido a que son requeridas en algunas de las preguntas que tuvieron valores inferiores a (3) tres.

La metodología de PDS utilizada ha permitido obtener valores mucho mayores a los presentados en el caso de estudio anterior, debido a que está basada en metodologías ágiles y en su desarrollo se buscó obtener los mayores beneficios de cada una de las metodologías conocidas.

Seratic Ltda. ha implementado (7) siete técnicas totalmente y (3) tres técnicas han sido implementadas parcialmente para cumplir con (4) cuatro de las preguntas realizadas a lo largo de la evaluación (Tabla 65).

Totalmente Implementadas	Parcialmente Implementadas
Análisis Competitivo	Diagramas de Afinidad
Árboles de Menú	Entrevistas
Inspecciones Colaborativas	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Investigación Contextual	
Pensar en voz alta	
Retroalimentación de Usuario	
Tormenta de Ideas Visual	

Tabla 65. Técnicas implementadas en la empresa Seratic Ltda.

Las técnicas que se requieren para lograr que el PDS de la empresa Seratic Ltda. sea Usable y Accesible se muestran en la Tabla 66.

Objetivo	Técnica
Seguimiento	Análisis de Impacto
	Card Sorting
	Modelo del Contenido
	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Adaptabilidad	Card Sorting
	Diagramas de Afinidad
	Entrevistas
	Mapa de Roles
	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Ahorro de tiempo	Perfiles de Usuario
	Card Sorting
	Diagrama de Afinidad
	Mapa de roles
Ahorro de recursos	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Card Sorting
	Escenarios de Tarea
	Modelo del contenido
Entender y Comprender	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
	Entrevistas
	Escenarios de tareas
	Mapa de Roles
	Modelo del Contenido

Organización de la Ayuda Según Casos de Uso
Perfiles de Usuario

Tabla 66. Técnicas recomendadas para la empresa Seratic Ltda.

7.8.2. Evaluación

Después de realizar la reunión con Seratic Ltda. para discutir las técnicas recomendadas, la empresa decidió implementar las técnicas recomendadas que obedecen a las preguntas que se muestran en la Tabla 67, teniendo en cuenta las capacidades y necesidades de la empresa. El personal y el tiempo con que se contó fue determinante en este proceso.

Pregunta	Técnica
¿Se realiza una revisión del PDS por parte de los implicados al finalizar un proyecto sobre la consistencia del desarrollo según la metodología que propone el proceso implementado?	Análisis de Impacto
¿Se realizan entrevistas periódicas con cada uno de los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes de los miembros con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas?	Entrevistas
¿Se realizan entrevistas grupales periódicas con los miembros del grupo de desarrollo para identificar problemas o inquietudes de los miembros con respecto al proceso de desarrollo, a las etapas, actividades o tareas asignadas?	Entrevistas
¿Es difícil entender el paso de una etapa a otra o de una actividad a otra según los entregables de cada etapa o actividad?	No hay un técnica asociada
¿Se crea un documento con la terminología común obtenida, para que sirva de referencia para todo los implicados en el PDS?	Card Sorting
¿Existe un documento similar a una bitácora de errores en donde se describan los problemas encontrados distintos a los problemas de usabilidad a lo largo de la aplicación del PDS junto con la solución propuesta?	Organización de la Ayuda Según Casos de Uso

Tabla 67. Técnicas recomendadas e implementadas.

Después de que la empresa implementó las técnicas que se muestran en la Tabla 67, se realizó la evaluación para determinar si se ha mejorado en cuanto a los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad. En la Figura 19 se muestra los valores de la evaluación previa y los valores obtenidos en la evaluación final. Los resultados obtenidos para el caso de estudio muestran que el PDS cumple en gran medida con los Objetivos de Usabilidad y Accesibilidad pero aún requiere de cambios y ajustes para ser un PDS Usable y Accesible (valoración promedio 2,23).

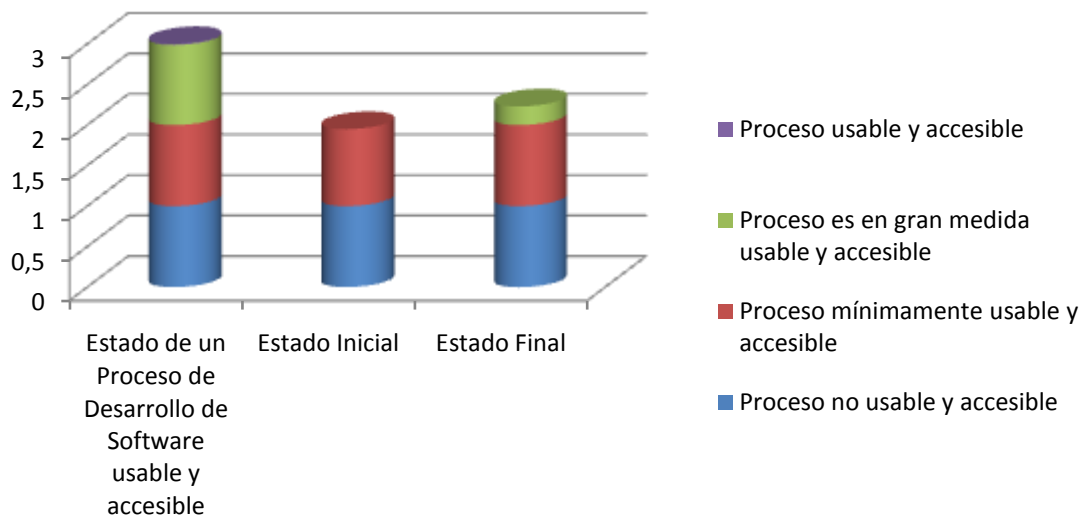


Figura 19. Estado final del PDS de la empresa Seratic Ltda. con respecto a la Usabilidad y la Accesibilidad.

Seratic Ltda. en este momento se encuentra desarrollando proyectos en paralelo, por lo cual el tiempo disponible para realizar las acciones de acuerdo a las recomendaciones es mínimo. Al igual que lo sucedido con el caso de estudio anterior, la empresa busca una mayor estabilización para pensar en mejorar en aspectos más puntuales, pero el compromiso de mejora existe dentro de los socios de la empresa y por consiguiente los implicados en un determinado momento realizarán las mejoras propuestas.

CAPITULO VIII. CONCLUSIONES, LECCIONES APRENDIDAS Y TRABAJO FUTURO

Este capítulo presenta las conclusiones obtenidas en la experiencia de la creación del conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad adaptadas y orientadas a PDS, desde la creación de los criterios de selección, la redefinición de las técnicas, la elección de las técnicas, la creación del método de evaluación, desde la creación de las preguntas para cada Objetivo de Usabilidad y Accesibilidad, las creación del proceso de medición, la creación de las métricas obtenidas y la experiencia obtenida durante la evaluación en la empresa. También se mostrará las lecciones aprendidas durante el desarrollo del presente trabajo de grado y los trabajos que se podrían realizar en esta misma línea de investigación.

8.1. Conclusiones

A continuación se puntualiza en las conclusiones que se derivaron del presente trabajo de grado. Se recapitulará sobre los resultados más importantes de una forma clara, precisa y se comentarán brevemente. Se presentarán conclusiones relacionadas con la creación del conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad adaptadas y orientadas a PDS, sobre el método de evaluación y sobre el caso de estudio.

- Las MiPyMEs se benefician con la integración de técnicas de usabilidad y accesibilidad al PDS para la creación de productos software exitosos pero de igual forma se benefician al evaluar la usabilidad y la accesibilidad de su proceso debido a que cumple con objetivos de usabilidad y accesibilidad que son de vital importancia para toda empresa independientemente de que sea MiPyME o una gran empresa, objetivos que fueron mencionados a lo largo del presente trabajo. La evaluación realizada en las empresas que fueron caso de estudio permitió identificar puntos críticos dentro del PDS como problemas de comunicación, falta de documentación o documentación excesiva, la estandarización de procesos de capacitación y de las reuniones en las cuales se presentaron oportunidades de mejora.
- Aunque actualmente no se ha tomado en cuenta la usabilidad y la accesibilidad como pilar para la utilización de un PDS más adecuado, se demostró a lo largo de la realización del presente trabajo que existe un conjunto de técnicas de usabilidad y accesibilidad que aplicado correctamente beneficiaría al PDS y a la empresa. Cabe destacar que en el proceso de evaluación de las empresas se hizo notorio que existen tres (3) técnicas que se aplican de manera empírica por parte de los integrantes de la empresa, análisis competitivo, pensar en voz alta y retroalimentación del usuario.
- Existen técnicas de usabilidad y accesibilidad que podrían ser de un gran aporte para la usabilidad y la accesibilidad de un PDS pero que no pueden ser tomadas en cuenta debido a las características propias de las empresas que han sido encuestadas, características como la escases de recursos de todo tipo (humanos, monetarios, materiales, tecnológicos y de tiempo) que limitan la aplicación de algunas técnicas en las MiPyMEs. Técnicas como por ejemplo, evaluación heurística no pueden ser aplicadas mientras no existan expertos en usabilidad y accesibilidad de los PDS, los recorridos cognitivos, pluralísticos y la observación directa implican tiempos prolongados de aplicación y disponibilidad de personal que puede ser necesario en alguna de las etapas del PDS.
- La adaptación de un conjunto de técnicas de Usabilidad y Accesibilidad a PDS requiere grandes ajustes a las técnicas, lo que implica un enfoque totalmente diferente al propuesto por los autores de las técnicas conocidas. Cuando se presentan técnicas como perfiles de usuario la definición propuesta desde el punto de vista del producto menciona a los

posibles usuarios del sistema y los diferentes tipos de estos. Mientras que esta técnica desde el punto de vista del proceso se enfoca en los integrantes del grupo de desarrollo, sus características, habilidades y aptitudes para ser ubicados en la etapa, actividad o tarea en la cual podrían alcanzar su mejor desempeño y puede ser aplicada en el momento de elegir un nuevo integrante para el grupo o con las personas que ya forman parte de este.

- La colaboración de expertos en Ingeniería del Software e Ingeniería de la Usabilidad fue determinante para la creación de criterios de selección realmente adaptados a las necesidades de las MiPyMEs lo cual permitió elegir un conjunto de técnicas adecuado para realizar la posterior evaluación de la Usabilidad y la Accesibilidad de los PDS.
- La documentación es uno de los pilares propuestos para lograr un PDS Usable y Accesible. Es evidente que la documentación excesiva implica retrasos en el desarrollo de un proyecto, pero la documentación “adecuada” también puede determinar el éxito o fracaso en el desarrollo y en la elección del personal que forma parte de la empresa.
- Existen algunos datos importantes que pueden ser medidos mediante las métricas propuestas y controlados a través del tiempo para evidenciar de manera más efectiva el grado de Usabilidad y Accesibilidad del PDS. Llevar un control del grado de éxito en la asignación de recursos por proyecto puede ayudar a mejorar esta tarea y por lo tanto se puede ver reflejado en el Ahorro de recursos y en el ahorro de tiempo, es crítico en un Proceso de Desarrollo de Software tener claro cual o cuales actividades o tareas son conflictivas por distintos problemas, por ejemplo, por recursos requeridos, por tiempo requerido o porque pueden llegar a ser innecesarias y en el caso de la asignación de roles debería basarse en cuestionarios realizados a cada uno de los implicados para determinar el lugar en el que van a alcanzar su mejor desempeño.
- Existen técnicas de Usabilidad y Accesibilidad adaptadas y orientadas a PDS que son un factor determinante en la elección del PDS para una empresa en etapa de creación, lo que indica que no necesariamente una evaluación como la propuesta en el presente trabajo debe realizarse con un proceso ya establecido, por el contrario, los beneficios de su aplicación se pueden vislumbrar desde las etapas iniciales de creación de la empresa y la elección de su proceso. Técnicas como análisis competitivo pueden colaborar en el análisis de los diferentes tipos de PDS para realizar una selección adecuada ya sea a través de comparaciones o a la adaptación de un tipo de PDS siempre teniendo en cuenta las características que debe cumplir para ser seleccionado como por ejemplo que este dentro de los recursos con los que cuenta la empresa y la técnica perfiles de usuario permite realizar la selección del personal de acuerdo a las responsabilidades algo que al ser efectuado desde el momento de creación de la empresa puede identificar las fortalezas, debilidades del personal y el rol que deberían cumplir de acuerdo sus características, habilidades y aptitudes.

8.1. Lecciones Aprendidas

En esta sección se describen las lecciones aprendidas a lo largo del desarrollo del presente trabajo, con respecto a las circunstancias adversas presentadas y los correctivos tomados, al proceso de creación de las métricas y al método de evaluación propuesto.

- Para lograr un método de evaluación exitoso es pertinente tener claro el objetivo que se va a medir. Es por esto que una encuesta como la realizada a las empresas es vital en la selección adecuada de los objetivos.
- La redefinición o adaptación de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad es un proceso que requiere de tiempo y de experiencia en el área. Por tal razón es importante el aporte

que pueda generar un grupo de expertos en el área para una buena redefinición y por tanto un buen proceso de selección y de evaluación de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad existentes.

- La creación de criterios de selección de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad debe ser acorde al tipo de empresas que se evaluarán. Se debe tener claras las características de las empresas para elegir los criterios de forma certera que permitan seleccionar las técnicas más acordes.
- La redefinición o adaptación de las técnicas de Usabilidad y Accesibilidad estableció un parentesco entre diferentes técnicas, lo que conllevó a la selección de la más adecuada o a la unificación de las técnicas en una sola.
- El proceso de evaluación por parte de los expertos debe ser planeado cuidadosamente, ya que la continuación y el progreso del proyecto se encuentra sujeto a las condiciones de tiempo de estas.
- La socialización del proceso que se llevara a cabo en la empresa y la forma en que fue creado es importante para una adecuada apropiación de los conceptos por parte de los miembros de la empresa.
- La socialización de las técnicas redefinidas o adaptadas es importante en cada una de las empresas en que se realizará la evaluación, debido a que pueden conocer el tema o las técnicas pero no la definición propuesta para cada una de ellas y de esta forma una vez realizada la evaluación el proceso de implementación de las técnicas sugeridas será un poco más ágil.
- Es importante para realizar una evaluación continua de la Usabilidad y la Accesibilidad de los PDS llevar el control en los datos sugeridos en las métricas de usabilidad y accesibilidad creadas a partir de la experiencia.
- Para aplicar el método de evaluación en una empresa es recomendable realizar la evaluación en sesiones, en cada sesión se puede evaluar uno de los objetivos de usabilidad y accesibilidad y de esta forma obtener los mejores comentarios y respuestas de las personas evaluadas.

8.2. Trabajo Futuro

Finalmente, se presentan las posibles líneas de investigación a seguir para fortalecer el presente trabajo.

- El método de evaluación propuesto evalúa la Usabilidad y la Accesibilidad del PDS de una empresa, recomienda acciones y técnicas pero aunque en la definición de la técnica se explica la forma en que se podría aplicar, sería importante explicar el cómo, es decir, definir unos pasos detallados para la aplicación de cada una de las técnicas recomendadas y en general del conjunto de técnicas obtenido.
- Para obtener mayor información que retroalimiente la importancia del presente trabajo de grado, sería conveniente realizar una valoración de la aplicación de las técnicas. De esta forma obtener información empírica que permita continuar mejorándolas y adecuándolas a los entornos de los PDS en pequeñas organizaciones.
- Con base en el método de evaluación propuesto se podría crear un modelo de referencia en cuanto a los aspectos de Usabilidad y Accesibilidad de los PDS, de tal forma que

permita a cada una de las empresas paso a paso elevar los niveles de Usabilidad y Accesibilidad de sus PDS.

- Ampliar el rango de empresas que podrían ser evaluadas a través de la adaptación del método de evaluación propuesto, de tal forma que las grandes empresas se beneficien del aporte generado en el presente trabajo.
- Continuar mejorando el método de evaluación y soportarlo a través de la aplicación web presentada, difundir el método y realizar aportes y cambios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] R. H. Hartson, "Human-computer interaction: Interdisciplinary roots and trends," *The Journal of Systems and Software*, vol. 43, pp. 103-118, Noviembre 1998.
- [2] R. Zuleta, "Estándares ISO y Usabilidad en el desarrollo de software," Febrero 2009. [En línea]. Disponible: <http://www.metodus.com/articulos/iso/index.jsp>.
- [3] G. A. Cuevas, *Una guía del CMM. Para comprender el Modelo de Madurez de Capacidad del Software*. Mexico: Kenneth M. Dymond, 1998.
- [4] M. B. Chrissis, M. Konrad y S. Shrum, *CMMI: Guidelines for process integration and product improvement*, 2nd. ed. Pittsburgh: Addison Wesley Professional, 2006.
- [5] M. S. Sánchez, R. M. Dueñas, L. I. Ilzarbe, *Teoría y práctica de la calidad*. Madrid: Thomson Learning Ibero, 2006.
- [6] V. Julián y I. Bruera, Fundación Observatorio PYME, "Situación actual y desafíos futuros de las PYME de software y servicios informáticos," Febrero 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.observatoriopyme.org.ar/es/sitio.php?seccion=spi>.
- [7] H. Oktaba, M. Piattini, F. J. Pino, M. Orozco y C. Alquicira, *Competisoft - Mejora de procesos software para pequeñas y medianas empresas y proyectos*. Mexico: RA-MA Editorial, 2009.
- [8] K. C. Weber *et al.*, "Modelo de referência para melhoria de processo de software: uma abordagem brasileira" en *Anais do Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, 2004, pp. 100-114.
- [9] H. Oktaba, C. Alquicira, A. S. Ramos, et al., "Modelo de procesos para la industria de software, MoProSoft. Versión 1.1", *Op. Comm.* 2003, pp. 1-54.
- [10] V. Dehaes, "Breve reseña del Diseño Centrado en el Usuario (DCU)," Diciembre 2007. [En Línea]. Disponible: <http://www.interacciones.com.ar/breve-resena-del-diseno-centrado-en-el-usuario-dcu/>.
- [11] L. Guerrero, "Mejoramiento de procesos," Enero 2008. [En Línea]. Disponible: <http://www.geocities.com/SiliconValley/Lab/3629/mejoramiento.htm>.
- [12] B. W. Boehm, "Software engineering," *IEEE Transactions on Computers*, vol.25, no.12, pp. 1226-1241, Junio 1976.
- [13] F. Bauer, "Software Crisis," en Primera conferencia sobre desarrollo de software, Garmisch, Alemania, 1968.
- [14] I. Sommerville, *Ingeniería del Software*, 7th Ed. Madrid: Pearson Addison Wesley, 2005.
- [15] R. S. Pressman, *Ingeniería del Software: Un enfoque practico*, adaptado por Darrel Ince. 6th Ed. Madrid: McGraw-Hill, 2005.
- [16] IEEE Standards Collection. "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology/IEEE Std 610.12-1990," IEEE, 1993.
- [17] L. Martinez *et al.*, *Introduccion a la Ingenieria del Software : Modelo de Desarrollo de Programas*. Madrid: Delta Publicaciones, 2005.

- [18] D. J. Bodas, Centro de Estudios Superiores Felipe II (UCM), Ingeniería Técnica Informática de Sistemas, “El CMM y la mejora continua del proceso de software,” Noviembre 2007. [En línea]. Disponible: <http://www.technet.com.co/hpajaro/Archivos/Calidad/>.
- [19] ISO/IEC 9000-3:1991, “Quality management and quality assurance standards -- Part 3: Guidelines for the application of ISO 9001 to the development, supply and maintenance of software,” Noviembre 2007. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=16532.
- [20] L. J. Osterweil, C. Ghezzi, J. Kramer y A. L. Wolf. “Determining the Impact of Software Engineering Research on Practice,” *IEEE Transactions on Computers*, vol.41, no.1, pp. 39-49.
- [21] P. Feiler y W. Humphrey, “Software process development and enactment: concepts and definitions”, Tech. Rep. CMU/SEI-92-TR-004, Pittsburgh, USA, 1992.
- [22] S. L. Pfleeger, *Software Engineering: the production of quality software*. New York:Macmillan Publishing Company, 1991.
- [23] R. V. Solingen, E. Berghout, *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*. Berkshire: McGraw-Hill Publishing Company, 1999.
- [24] C. Cachero, E. Insfran, S. Abrahão y G. Poels, “Una aproximación de Metamodelado para la Evaluación de Calidad en Procesos de Desarrollo Web” en XII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, 2007, pp 201-210.
- [25] L. A. Olsina, “Modelo de Proceso Flexible para el soporte sistemático al desarrollo de Aplicaciones de Hipermedia,” Tesis M.S., Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina, 1997.
- [26] W. S. Humphrey, *Managing the Software Process. SEI Series in Software Engineering*. New York:Addison Wesley, 1989.
- [27] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy y W. Lorensen, “Object-Oriented Modelling and Design”. Englewood Cliffs:Prentice Hall, 1991.
- [28] H. V. Loon, *Process Assessment and Improvement: A Practical Guide for Managers, Quality Professionals and Assessors*. Londres:Springer Verlag Inc., 2004.
- [29] ISO 8402:1994, “Quality management and quality assurance – Vocabulary,” Agosto 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=20115.
- [30] P. B. Crosby, “La Organización permanece Exitosa”. México: Editorial McGraw-Hill, 1988.
- [31] J. M. Minguet y J. F. Hernández, *La calidad del software y su medida*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 2003.
- [32] A. Rodríguez, “Estrategias de calidad para PyMEs de desarrollo de software,” Enero 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos16/calidad-sw-pymes/calidad-sw-pymes.shtml>.
- [33] O. M. Fernández, D. Garcia y A.Beltrán, “Un enfoque actual sobre la calidad del software,” *ACIMED*, vol. 3, no. 3, pp. 40-42, Septiembre 1995.

[34] A. Mon, M. Estayno, A. Arancio, “Madurez del Proceso de Software en Pequeñas y Medianas Empresas de desarrollo de Software”, en *IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2007)*, 2007, pp. 420-424.

[35] W. E. Woodson, "Human Factors Design Handbook". New York: McGraw-Hill, 1981.

[36] ISO 13407:1999. “Human-centred design processes for interactive systems. International Standard Organism,” Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=21197.

[37] A. Lacalle, “Diseño centrado en el usuario,” Febrero 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.albertolacalle.com/disenio-usuarios.htm>.

[38] Hurtado, Nuria. Ruiz, Mercedes. Torres, Jesús. “Aplicación del Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos al Proceso de Diseño Centrado en el Usuario,” *CEUR Workshop Proceedings (Online)*, vol. 120, pp. 11-24, Junio 2004.

[39] MPIu+a., “Modelo de Proceso de la Ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad”. Enero 2008. [En línea]. Disponible: <http://griho.udl.es/mpiu/a/index.htm>.

[40] J. Nielsen, “Usability Engineering”. Boston: AP Professional, 1993.

[41] J. Preece *et al.*, “Human- Computer Interaction”. Harlow: Addison Wesley, 1994.

[42] ISO/IEC 9126-1:2001, “Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model,” Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=22749.

[43] ISO 9241-171:2008, “Ergonomics of human-system interaction -- Part 171: Guidance on software accessibility,” Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39080.

[44] X. Ferré, “Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software,” en *V Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos 2000*, 2000, pp. 39-46.

[45] Y. Hassan y F. J. Martín, “Propuesta de adaptación de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario para el desarrollo de sitios web accesibles,” *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 27, no. 3, pp. 330-345, Julio 2004.

[46] ISO/TS 16071, “Ergonomics of human-system interaction-Guidance on accessibility for human-computer interfaces,” Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=30858.

[47] Luiz A. Laranjeira: Software Size Estimation of Object-Oriented Systems. *IEEE Transactions on Software Engineering*. Vol. 16, no. 5, pp. 510-522, octubre 1990.

[48] N. E. Fenton, *Software Metrics: A Rigorous Approach*. London: Chapman & Hall, Ltd. 1995

[49] L. Olsina, “Métricas e Indicadores: Dos Conceptos Claves para Medición y Evaluación”, presentado en el Seminario Métricas e Indicadores: Dos Conceptos Claves para Medición y Evaluación, La Pampa, Argentina, 2003.

- [50] ISO/IEC 15939:2007, "Systems and software engineering -- Measurement process," Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44344.
- [51] ISO/IEC 14598-1:1999, "Information technology -- Software product evaluation -- Part 1: General overview," Febrero 2008. [En línea]. Disponible: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=24902.
- [52] L. C. Briand, S. Morasca V. R. y Basili, "Property-based software engineering measurement", *IEEE Transactions on software engineering*, vol. 22, no. 1, 1996, pp. 68-85.
- [53] N. E. Fenton y S. L. Pfleeger, *Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach*. London: Cengage Learning, 1998.
- [54] J. M. Cuevas, "Métricas de usabilidad en la web". Asignatura Doctorado. Universidad del Oviedo. Asturias. España. 2004.
- [55] O. Pérez, Métricas, "Estimación y Planificación en Proyectos de Software," Marzo 2008. [En línea]. Disponible: www.willydev.net/InsiteCreation/v1.0/.
- [56] M. González, "Ingeniería del Software e Ingeniería de la Usabilidad: dos enfoques distintos con un objetivo común. Análisis de la situación y enfoque futuro," Tesis Doctoral. Universitat del Lleida, Lleida, España, 2008.
- [57] V. Basili, C. Caldera, H. Rombach, *Goal Question Metric Paradigm. Encyclopedia of Software Engineering*, vol. 1, Ed. John Wiley & Sons, 1994, pp. 528-532.
- [58] E. Kooiman, "Feedback of Software Measurement Results. Experience at Schlumberger Retail Petroleum Systems," Marzo 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.iteva.rug.nl/gqm/literature/>.
- [59] L. Olsina, "Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web," Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina, 1999.
- [60] D.M. van Solingen, "Goal-oriented software measurement in practice Introducing Software Measurement in Schlumberger Retail Petroleum Systems," Marzo 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.tm.tue.nl/vakgr/it/mwerkers/rso/>.
- [61] Portal de Micro, Pequeña y Mediana Empresa - MIPYMES - Mincomercio Colombia – Definición, "Pyme, definición," Agosto 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.mipymes.gov.co/pyme/home.asp>.
- [62] X. Ferré, "Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software," Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2005.
- [63] X. Ferré, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, "Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software," Marzo 2008. [En línea]. Disponible: <http://is.ls.fi.upm.es/xavier/usabilityframework/index.html>.
- [64] H. F. Alarcón y A. M. Hurtado, "Integración de Técnicas de Usabilidad y Accesibilidad al Proceso de Desarrollo de Software en MiPyMEs," Tesis pregrado, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2007.

[65] M. P. González, T. Granollers y J. Lorés, “Métricas Predictivas de la Usabilidad: Un Nuevo Enfoque para su Ponderación Cualitativa”, presentado en CEDI-Interacción 2005, Lleida, España, 2005.

[66] C. Larman, *UML Y PATRONES: Introducción al Análisis y Diseño Orientado a Objetos*. Mexico: Prentice Hall, 1999.

[67] A. Rendón. “Modelado de aplicaciones en Internet”, presentado en el Primer Congreso de Electrónica y Telecomunicaciones, Armenia, Colombia, 2001.

[68] UNISOFT COLOMBIA LTDA Software en Movimiento. Marzo 2009. [En línea]. Disponible: <http://www.unisoftcolombia.com/unisoftcolombia/index.php>.